

**Volume 1**



# **KEBIDANAN**

## **Teori dan Asuhan**

Disusun oleh:

**Bidan dan Dosen Kebidanan Indonesia**

BUKU ASLI BERTIKER HOLOGRAM 3 DIMENSI

**PENERBIT BUKU KEDOKTERAN**



**EGC**



Memfotokopi/membajak buku ini melanggar UU No. 28 Th 2014



**Henny Fitriani, M.Keb**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian  
Kesehatan Pontianak



**Ni Wayan Dian Ekayanthi, M.Keb**

Program Studi Kebidanan Bogor  
Politeknik Kesehatan Kementerian  
Kesehatan Bandung



**Ika Oktaviani, S.Si.T., M.Keb**

Program Studi Kebidanan Metro  
Politeknik Kesehatan Kementerian  
Kesehatan Tanjungkarang



**Novi Indarwati, M.Kes**

Akademi Kebidanan Permata  
Husada Samarinda



**Irfana Triwijayanti, M.Kes**

Akademi Kebidanan Bakti Utama  
Pati



**Novita Rina Antarsih, S.ST,  
M.Biomed**

Program Studi DIV Kebidanan  
Politeknik Kesehatan Kementerian  
Kesehatan Jakarta III



**Nancy Losu, SST, M.Kes**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Manado



**Puspa Sari, SST., M.Keb**

Program Diploma Kebidanan  
Fakultas Kedokteran Universitas  
Padjajaran Bandung



**Naomy Marie Tando, S.Si.T.,  
MMKes**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Manado



**Romhana Alifah, S.Si.T**

Dinas Kesehatan Kabupaten  
Sumenep



**Ni Nengah Arini Murni, SST,  
M.Keb**

Program Studi Kebidanan  
Politeknik Kesehatan Kementerian  
Kesehatan Mataram



**Runjati, M.Mid**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Semarang

## KONTRIBUTOR

---



**Anita Veronica Barus, S.Si.T, MKM**

Program Studi Kebidanan Sekolah  
Tinggi Ilmu Kesehatan Santa  
Elizabeth Medan



**Bayu Irianti, M. Keb**

Program Studi Kebidanan Sekolah  
Tinggi Ilmu Kesehatan Widya  
Dharma Husada Tangerang



**Astuti Dyah Bestari, SST, M.Keb**

Program Studi Kebidanan Sekolah  
Tinggi Ilmu Kesehatan Aisyiyah  
Bandung



**Dwi Mirawati, S.SiT**



**Atik Purwandari, SKM, M.Kes**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Manado



**Elita Vasa, SST**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Palembang



**Atik Setyaningsih, SST**

Dinas Kesehatan Kabupaten  
Magetan



**Erna Juliana Simatupang, SST,  
MKM**

Program Studi Kebidanan Sekolah  
Tinggi Ilmu Kesehatan Bina  
Permata Medika Tangerang



**Suhartika, M.Keb**

Program Studi Kebidanan  
Bogor Politeknik Kesehatan  
Kementerian Kesehatan Bandung

**Tut Barkinah, S.SiT., M.Pd**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Banjarmasin

**Sumiaty, SST, MPH**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Palu

**Umaroh, SKM, STr.Keb., M.Kes.**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Semarang

**Suryaningsih, S.SiT., M.Keb**

Program Studi Kebidanan  
Bangkalan Politeknik Kesehatan  
Kementerian Kesehatan Surabaya

**Yuseva Sariati, SST., SE, M.Keb**

Program Studi S1 Kebidanan  
Fakultas Kedokteran Universitas  
Brawijaya Malang

**Susana Ramandey, S.Sos., M.Kes**

Jurusan Kebidanan Politeknik  
Kesehatan Kementerian Kesehatan  
Jayapura

# DAFTAR ISI

---

Kata Pengantar vii  
Kontributor ix  
Ucapan Terima Kasih xiii  
*Sambutan Ketua Ikatan Bidan Indonesia*  
*Sambutan Ketua Asosiasi Institusi Pendidikan*  
*Kebidanan Indonesia*

## **BAGIAN I KEBIDANAN 1**

BAB 1 Konsep dan Sejarah Kebidanan 2  
BAB 2 Etikolegal Kebidanan 36  
BAB 3 Kesehatan Masyarakat 40  
BAB 4 Komunikasi dalam Praktik  
Kebidanan 54

## **BAGIAN II BIOLOGI DASAR DAN PERKEMBANGAN 85**

BAB 5 Sel dan Homeostasis 86  
BAB 6 Anatomi dan Fisiologi Kebidanan 106  
BAB 7 Metabolisme 161  
BAB 8 Mekanika Tubuh 176

## **BAGIAN III KETERAMPILAN DASAR KEBIDANAN 191**

BAB 9 Kebutuhan Dasar Manusia 192  
BAB 10 Keterampilan Kebidanan 222

## **BAGIAN IV ASUHAN KEBIDANAN KEHAMILAN 273**

BAB 11 Konsep Dasar Kebidanan  
Kehamilan 274  
BAB 12 Asuhan Kebidanan Antenatal 307  
BAB 13 Latihan Fisik Selama Hamil, Persalinan,  
Nifas 334

Glosarium G1  
Indeks I1

## BAB 5 SEL DAN HOMEOSTASIS

Sel adalah unit terkecil dan paling sederhana pada organisme. Sel memiliki kemampuan untuk melakukan aktivitas kehidupan dan berbagai reaksi kimia. Di dalam tubuh terdapat sekitar 100 triliun sel.<sup>1</sup> Sel-sel dalam tubuh dapat berbeda satu dengan lainnya, namun memiliki karakteristik dasar tertentu yang sama.<sup>1</sup>

Organisme terbagi atas organisme tersusun dari sel tunggal (uniseluler) dan organisme tersusun dari banyak sel (multiseluler). Organisme tersusun dari sel tunggal (uniseluler) seperti bakteri, sianobakteri dan amoeba. Organisme tersusun dari banyak tipe sel (multiseluler) yang telah berdiferensiasi dan mengalami spesialisasi yaitu tumbuhan, hewan dan manusia.<sup>2</sup>

Sel-sel yang berkelompok dan bersatu memberikan fungsi umum yang sama dari sejumlah interseluler untuk membentuk jaringan dasar tubuh, seperti darah, tulang, otot, jaringan saraf, jaringan ikat dan sebagainya. Jaringan di bagi 4 macam yaitu jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan saraf dan jaringan otot. Gabungan dua atau lebih jaringan memberikan fungsi yang lebih besar yang disebut organ, seperti kulit, jantung, pembuluh darah, kelenjar dan sebagainya. Beberapa organ yang memiliki fungsi saling berkaitan membentuk sistem organ, seperti sistem pernafasan (terdiri hidung, laring, trakea, dan jantung), sistem perkemihan (terdiri dari ginjal, saluran kemih, kandung kemih, uretra).<sup>3,4</sup>

### 5. 1 Struktur dan Fungsi Sel

#### 1. Struktur sel

Sel merupakan unit fungsional terkecil dari makhluk hidup. Sel dibagi menjadi dua kelompok yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik.<sup>3,4</sup> Sel prokariotik memiliki struktur yang sederhana, seperti bakteri dan cyanophyta. Sel eukariotik memiliki struktur yang lebih kompleks, seperti sel manusia, tumbuhan, hewan dan tumbuhan.<sup>2</sup> Sel dibagi menjadi dua kompartemen utama yaitu nukleus dan sitoplasma, serta membran plasma.<sup>3</sup>

Tabel: Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik

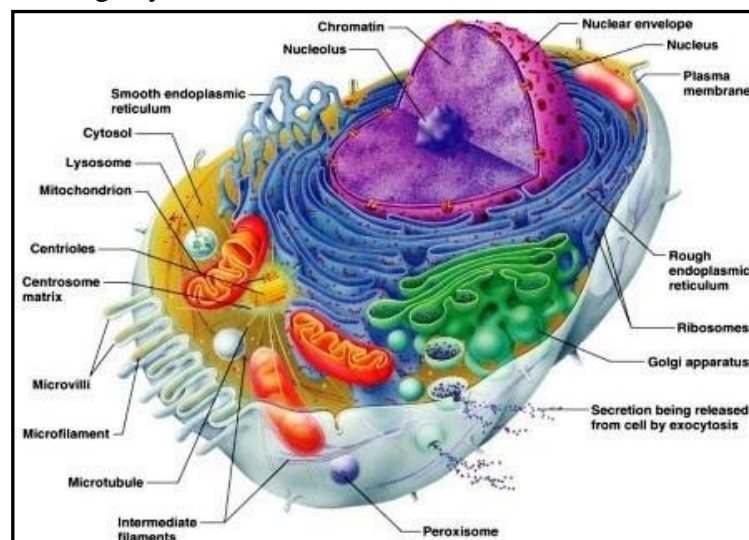
<b>Karakteristik sel prokariotik</b>	<b>Karakteristik sel eukariotik</b>
Ukurannya relatif kecil (diameter 0,5 – 1 $\mu\text{m}$ )	Ukuran relatif besar (diameter 10 – 100 $\mu\text{m}$ )
Tidak memiliki membran inti (nukleus)	Memiliki membran inti (nukleus)
Tidak memiliki organel sel kecuali ribosom	Memiliki organel sel

DNA tersebar di sitoplasma	DNA terlindung dan terpusat di dalam inti sel (nukleus)
----------------------------	---

2. Fungsi sel bagi kehidupan:<sup>3</sup>

- a. Replikasi (sel berasal dari sel-sel yang sudah ada sebelumnya)
- b. Regulasi lingkungan intraselular
- c. Sintesis protein dan molekul-molekul lainnya
- d. Pemanfaatan dan transportasi energi
- e. Interaksi membentuk unit yang lebih besar

5.1.1 Organel sel dan fungsinya



Gambar 1. Sel

Sel memiliki organ-organ yang dinamakan organel sel. Organel sel memiliki fungsi spesifik untuk menunjang kehidupan sel. Ada dua bagian utama sel yaitu nukleus dan sitoplasma. Nukleus dan sitoplasma dipisahkan oleh membran inti. Sedangkan sitoplasma dipisahkan oleh cairan disekitarnya oleh membran sel. Substansi berbeda yang membentuk sel disebut protoplasma.<sup>1</sup> Protoplasma disusun dari 5 substansi dasar yaitu air, elektrolit, protein, lemak dan karbohidrat:

1) Air

Medium utama sel adalah air. Sebagian besar sel memiliki konsentrasi air sebesar 70 – 85%

2) Elektrolit

Elektrolit terbanyak dalam sel adalah potasium, magnesium, fosfat, sulfat, bikarbonat dan elektrolit dalam jumlah kecil yaitu sodium, klorida dan kalsium. Elektrolit bekerja di dalam membran sel sebagai transmisi impuls elektrokimia pada serabut saraf dan otot.

### 3) Protein

Masa sel berisi 10 – 20% protein. Protein dalam masa sel terbagi dalam 2 jenis, yaitu protein struktural dan protein globular. Protein struktural yang ada dalam sel berbentuk filamen tipis panjang yang merupakan molekul protein dasar. Protein globular adalah tipe protein yang berbeda sama sekali. Protein globular terutama merupakan enzim dari sel.

### 4) Lemak

lemak yang paling banyak dalam sel adalah fosfolipid dan kolesterol., kedua lemak tersebut terdapat sebesar 2% dalam masa sel, dan tidak larut dalam air.

### 5) Karbohidrat

Karbohidrat memiliki sedikit fungsi struktural dalam sel kecuali sebagai bagian dari molekul glikoprotein, yang memberikan nutrisi sel. Karbohidrat hanya sebanyak 1% dalam sel, tetapi dapat meningkat sebanyak 3% dalam sel otot, dan 6% pada sel hati.

Sel prokariotik memiliki organel yaitu dinding sel, membran sel, mesosom, sitoplasma, ribosom dan materi inti (DNA dan RNA). Sel eukariotik biasanya sebagai penyusun makhluk hidup multiseluler. Sel eukariotik disusun mulai dari membran sel, sitoplasma, nukleus, sentriol, retikulum endoplasma, ribosom, aparatus golgi, lisosom, badan mikro, mitokondria, mikrotubulus dan mikro filamen.<sup>2</sup>

Struktur sel terdiri dari nukleus, sitoplasma dan membran sel.<sup>5</sup>

#### a. Nukleus

Nukleus berasal dari bahasa latin *nuclei* atau *nucleus* atau *nuculeus* yang artinya inti.<sup>2</sup> Pada awalnya Antonie Van Leeuwenhoek (1632-1723) mengamati sebuah lumen, inti dalam sel-sel darah merah ikan salmon. Nucleus juga digambarkan oleh Franz Bauer (1804). Robert Brown dari Scotlandia (1831) seorang ahli botani menggambarkan inti lebih rinci. Matthias Schleiden (1838) mengusulkan bahwa nukleus berperan dalam menghasilkan sel baru yang dikenal dengan *cytoblast* (sel pembangun). Eduard Strasburger (1884) menghasilkan hasil yang sama untuk tanaman dan inti berperan penting dalam keturunan.



Nukleus merupakan organel yang hanya ada pada sel eukariotik. Fungsi nukleus adalah menjaga integritas gen dan mengontrol aktivitas sel dengan mengatur ekspresi gen.<sup>2</sup> Nukleus berisi materi genetik yaitu DNA (Deoxyribonucleic acid) dan dilapisi membran ganda yang berhubungan dengan retikulum endoplasma kasar.<sup>2, 6</sup> DNA berada pada kumparan inti, dengan bentuk lebih pendek, dan mengental menjadi kromosom sebelum pembelahan sel. Membran ganda ini terpisah sekitar 10 – 50 nm. Membran ini berfungsi menghambat permeabilitas selektif melalui pori-pori yang memungkinkan pertukaran molekul antara inti dan sitoplasma, dan melakukan berbagai transportasi penting dalam proses sintesis protein. Transportasi nukleus sangat penting untuk fungsi sel sebagai gerakan melalui pori-pori diperlukan untuk kedua ekspresi gen dan pemeliharaan kromosom.

Nukleolus atau anak inti adalah struktur padat yang ditemukan dalam nukleus, yang berperan dalam pembentukan ribosom. Didalam nukleus terdapat kromatin yang merupakan materi genetik sel. Selama pembelahan sel, kromatin dapat dilihat untuk membentuk kromosom. Ada 2 jenis kromatin yaitu heterokromatin dan eukromatin. Heterokromatin adalah kromatin yang terkondensasi, berbentuk padat dan gen-gen heterokromatin tidak ditranskripsikan. Eukromatin berbentuk lebih longgar dan gennya ditranskripsikan.<sup>2</sup>

## b. Sitoplasma

Sitoplasma berisi sebagian cairan (sitosol), organel-organel, dan elemen sitoskeletal. Pada sel erobik, mitokondria merupakan tempat utama mensintesis *adenosine triphosphate* (ATP).

### 1) Lisosom

Lisosom ditemukan oleh Christian De Duve (1950). Lisosom ada pada semua sel eukariotik. Fungsi lisosom sebagai sistem pencernaan sel. Lisosom merupakan kantong (vesikel) yang berbentuk agak bulat dikelilingi membran tunggal yang digunakan sel untuk mencerna makromolekul. Lisosom berisi enzim yang dapat mencerna polisakarida, lipid, fosfolipid, asam nukleat dan protein. Enzim pada lisosom dinamakan lisozim dan aktif pada pH tertentu.

Enzim lisozim adalah suatu protein yang diproduksi oleh ribosom dan kemudian masuk kedalam retikulum endoplasma. Dari retikulum endoplasma enzim dimasukkan ke dalam membran kemudian dikeluarkan ke sitoplasma menjadi lisosom. Selain ini ada juga enzim yang dimasukkan terlebih dahulu ke

dalam aparatus golgi, enzim itu dilepaskan di dalam sitoplasma. Jadi pembentukan lisosom ada dua macam, pertama dibentuk langsung oleh retikulum endoplasma dan oleh aparatus golgi.

Fungsi utama lisosom yaitu endositosis, fagositosis dan autofagi. Endositosis adalah proses memasukkan makromolekul dari luar sel ke dalam sel, seperti pada amoeba makan dengan menelan makromolekul dengan cara endositosis. Fagositosis adalah proses memasukkan partikel berukuran besar dan mikroorganisme seperti bakteri dan virus ke dalam sel. Sebagian sel manusia juga melakukan fagositosis, diantaranya makrofag. Sel makrofag membantu mempertahankan tubuh dengan merusak bakteri dan penyerang lainnya. Autofagi adalah proses pembuangan dan degradasi bagian sel sendiri, seperti organel yang tidak berfungsi lagi.

## 2) Peroxisom

Peroxisom merupakan membran yang mengikat organel yang berfungsi dalam  $\beta$ -oksidasi dari rantai panjang asam lemak dan katabolisme dari metabolit toksik. Peroxisom menggunakan oksigen ( $O_2$ ) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) untuk melakukan reaksi oksidatif. Enzim-enzim dalam peroxisom menggunakan molekul oksigen untuk melepaskan atom hidrogen dari substrat organik tertentu dalam suatu reaksi oksidatif yang menghasilkan hidrogen peroksida. Hidrogen peroksida merupakan produk metabolisme sel yang membahayakan sel. Enzim katalase diperlukan untuk mengkatalis perombakan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) menjadi  $H_2O$  dan  $O_2$ .

Peroxisom tidak memiliki DNA dan ribosom sehingga tidak dapat mensintesis protein sendiri, sehingga peroxisom melakukan impor protein melalui membran. Protein reseptor impor peroxisom yang terlibat dalam transpor protein ke dalam peroxisom adalah peroxisin.

## 3) Ribosom

Ribosom terdapat di semua sel prokariotik dan eukariotik. Ribosom ada yang tersebar secara bebas di sitoplasma dan ada yang melekat pada permukaan membran retikulum endoplasma. Ribosom terdiri dari 65% RNA ribosom (rRNA) dan 35% protein ribosom (ribonukleoprotein). Tiap ribosom terdiri dari 2 sub unit yang berbeda ukuran yaitu sub unit kecil dan sub unit besar.

Ribosom memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi. Pada prokariotik, panjang ribosom adalah 29 nm dan besar 21 nm. Pada eukariotik, memiliki panjang 32 nm dan besar 22 nm. Ribosom berperan dalam proses translasi yaitu penerjemahan mRNA menjadi asam amino dalam mekanisme sintesis protein. Sel yang memiliki laju sintesis protein yang tinggi memiliki jumlah ribosom yang sangat banyak. Sebagian besar protein dibuat oleh ribosom bebas, akan berfungsi di dalam sitosol. Sedangkan ribosom terikat umumnya membuat protein yang dimasukkan ke dalam membran, untuk pembungkusan dalam organel tertentu seperti lisosom atau dikirim ke luar sel.

#### 4) Retikulum endoplasma

Retikulum endoplasma merupakan suatu organel berbentuk seperti kantung pipih, lumen dan bercabang yang tersebar di seluruh sitoplasma. Retikulum endoplasma berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pengangkutan berbagai senyawa biokimia yang digunakan di dalam dan di luar sel. Retikulum endoplasma berhubungan dengan membran nukleus, sehingga retikulum endoplasma dapat mengirimkan sinyal ke nukleus dan nukleus akan merespon.

Terdapat dua jenis retikulum endoplasma yaitu retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus. Pada retikulum endoplasma kasar terdapat ribosom, yang jika dilihat dengan mikroskop memberikan penampilan bergelombang. Retikulum endoplasma kasar berperan dalam produksi dan transportasi protein sel, dimana ribosom yang menempel akan merakit asam amino menjadi protein yang akan ditranspor oleh retikulum endoplasma kasar untuk diproses lebih lanjut. Retikulum endoplasma halus tidak terdapat ribosom pada permukaannya. Retikulum endoplasma halus membawa karbohidrat dan lipid. Retikulum endoplasma halus berperan dalam berbagai kegiatan seluler seperti penyimpanan kalsium dan terlibat dalam metabolisme kalsium. Retikulum endoplasma halus melepaskan kalsium untuk merangsang kalsium untuk merangsang kontraksi otot. Selain sebagai transportasi, retikulum endoplasma juga berperan dalam proses glikosilasi, pembentukan dan menstabilkan struktur tersier dan kuartener protein.

#### 5) Aparatus golgi

Aparatus golgi ditemukan oleh ahli histologi dan patologi berkebangsaan Italia yang bernama Camillo Golgi pada tahun 1898. Camillo Golgi menjumpai struktur-

struktur internal di dalam sel, yang diberi nama Apparato Reticular Interno atau struktur retikular internal. Tahun 1906, Camillo Golgi mendapatkan nobel atas penemuannya dalam bidang sitologi. Aparatus golgi memiliki nama lain diantaranya diktiosom, golgisom, lipokondria, idiosom, badan golgi, zat golgi, kompleks golgi dan vesikula golgi.

Aparatus golgi merupakan organel berupa kantung pipih berbentuk kantung pipih berbentuk cakram yang bercabang yang dibangun oleh membran. Kantung pipih dimeri nama sakula atau lamela atau sisterna. Setiap sakula berbatas membran dengan tebal lebih kurang 7,5 nm dan didalamnya terdapat ruang dengan lebar sekitar 15 nm yang diberi nama lumen.

Aparatus golgi berperan dalam proses sekresi sel. Selama berlangsungnya sekresi, terjadi aliran materi dari retikulum endoplasmakearah aparatus golgi. Permukaan cekung badan golgi yang terorientasi ke arah retikulum endoplasma disebut permukaan pembentukan, sedangkan permukaan cembung kearah permukaan sel disebut permukaan matang. Pada permukaan matang badan golgi, dibentuk vesikula-vesikula sekresi, sedangkan pada permukaan pembentukan terdapat vesikula-vesikula transpor yang dibentuk dari membran retikulum endoplasma. Selama berlangsungnya proses sekresi terjadi aliran materi yang dibentuk dalam retikulum endoplasma dan bergerak melalui permukaan badan golgi dari permukaan pembentukan ke permukaan matang. Selanjutnya bergerak sebagai granula-granula sekresi pada daerah apikal sel dan pada akhirnya menuju ke membran plasma, dimana bahan-bahan tersebut dikeluarkan.

## 6) Sitoskeleton

Sitoskeleton atau jaring berkas-berkas protein yang rangka sel di dalam sitoplasma sel. Sitoskeleton terdapat dalam sel prokariotik dan sel eukariotik. Sitoskeleton berfungsi memberikan dukungan mekanis pada sel dalam mempertahankan bentuknya dan membantu gerakan substansi dari satu bagian sel ke bagian yang lain. Interaksi sitoskeleton dengan protein dibutuhkan dalam motilitas sel. Motilitas sel mencakup perubahan tempat sel dan pergerakan sel yang lebih terbatas.

Sitoskeleton pada eukariotik terdiri dari tiga tipe dasar yaitu mikrotubulus, filamen intermediet dan filamen aktin. Ketiga filamen terhubung satu sama lain

dan terkoordinasi. Efektivitas kerja sitoskeleton bergantung pada jumlah protein yang menghubungkan filamen ke komponen sel lainnya.

## 7) Mitokondria

Mitokondria merupakan organel berbentuk elips dengan diameter 0,5  $\mu$ m dan panjang 0,5 – 1,0  $\mu$ m. Mitokondria mempunyai sifat plastis, bentuknya mudah berubah. Mitokondria ditemukan dalam jumlah banyak pada sel dengan aktivitas metabolismenya tinggi yaitu sel-sel kontraktile, seperti pada sperma bagian ekornya, sel otot jantung dan sel yang aktif membelah seperti epitelium, akar rambut dan epidermis kulit. Sel inang menyediakan nutrisi kaya energi bagi mitokondria, sedangkan mitokondria mengubah nutrisi menjadi energi menggunakan oksigen. Mitokondria memiliki perangkat genetik sendiri yang disebut DNA mitokondria (mtDNA), terletak pada matriks semi cair di bagian paling dalam mitokondria. Satu mitokondria dapat mengandung puluhan mtDNA. DNA mitokondria hanya diwariskan secara maternal atau dari ibu.

Mitokondria berfungsi sebagai tempat penghasil energi dalam bentuk ATP (adenosine triphosphate). Metabolisme karbohidrat akan berakhir di mitokondria ketika piruvat di transportasi dan di oksidasi oleh  $O_2$  menjadi  $CO_2$  dan air. Energi yang dihasilkan sangat efisien sekitar 36 molekul ATP yang diproduksi untuk setiap molekul glukosa yang di oksidasi, sedangkan pada proses glikolisis hanya dihasilkan 2 molekul ATP. Proses pembentukan energi (fosforilasi oksidatif) terdiri dari 5 tahapan reaksi enzimatik yang melibatkan kompleks enzim yang terdapat pada membran bagian dalam mitokondria.

Struktur mitokondria terdiri dari empat bagian utama yaitu membran luar, membran dalam, ruang antar membran dan matriks yang terletak di bagian dalam membran. Membran luar terdiri dari protein dan lipid, dengan perbandingan sama serta mengandung protein porin yang menyebabkan membran ini bersifat permeabel terhadap molekul-molekul kecil yang berukuran 6000 dalton. Membran luar mengandung enzim yang terlibat dalam biosintesis lipid dan proses transportasi lipid ke matriks untuk menjalani  $\beta$  – oksidasi menghasilkan Asetil KoA.

Membran dalam kurang permeabel dibandingkan dengan membran luar, dengan kandungan 20% lipid dan 80% protein. Membran merupakan tempat utama pembentukan ATP. Luas permukaan membran meningkat sangat tinggi diakibatkan banyaknya lipatan yang menonjol ke dalam matriks, yang disebut



krista. Struktur krista memperluas permukaan membran dalam sehingga meningkatkan produksi ATP. Membran dalam mengandung protein yang terlibat dalam reaksi fosforilasi oksidatif. ATP sintase berfungsi membentuk ATP pada matriks mitokondria, serta protein transpor yang mengatur keluar masuknya metabolit dari matriks melewati membran dalam. Diantara membran luar dan membran dalam terdapat ruang tempat berlangsungnya reaksi-reaksi yang penting bagi sel, seperti siklus krebs, reaksi oksidasi asam amino dan reaksi  $\beta$  – oksidasi asam lemak. Di dalam matriks mitokondria juga terdapat materi genetik, yaitu DNA mitokondria, ribosom, ATP, ADP, fosfat inorganik serta ion-ion seperti magnesium, kalsium dan kalium.

Mitokondria dapat melakukan replikasi secara mandiri seperti sel bakteri, jika mitokondria terlalu besar sehingga melakukan pembelahan. Sebelum mitokondria bereplikasi, terlebih dahulu mitokondria melakukan replikasi DNA mitokondria. Proses ini dimulai dari pembelahan pada bagian dalam lalu diikuti pembelahan bagian luar. Proses ini melibatkan pengkerutan bagian dalam dan kemudian bagian luar membran seperti ada yang menjempit mitokondria. Kemudian akan terjadi pemisahan dua bagian mitokondria.

Keseluruhan mitokondria anak diturunkan dari ibu karena hanya sel telur yang membawa mitokondria saat melebur dengan sperma. Sel telur memiliki 100.000 mitokondria, sedangkan sperma hanya 50 – 100 di ekor sperma. Ekor sperma merupakan alat gerak yang memerlukan energi ringgi dari mitokondria. Pada proses masuknya sel sperma ke sel telur, ekor sperma akan terlepas sehingga mitokondria tidak ikut masuk. Beberapa mitokondria dari sperma yang mungkin masuk dalam sel telur akan diencerkan selama proses mitosis sehingga sangat tidak berarti jumlahnya atau dianggap sebagai benda asing sehingga dihancurkan sistem sel.

### c. Membran sel

Membran sel melapisi organel-organel pada sitoplasma seperti retikulum endoplasma, apparatus golgi, mitokondria dan organel-organel lainnya. Struktur membran sel terdiri dari protein dan fosfolipid.<sup>2, 6</sup> Struktur membran sel berbentuk mozaik fluid, Mozaik fluid merupakan lapisan yang terdiri atas dua lapisan lipid (lipid bilayer) dalam bentuk fluida yang dapat berpindah disepanjang lapisan membran dan lapisan protein yang tersusun secara tidak beraturan.<sup>2</sup> Semua membran sel mempunyai

struktur dasar non polar (hidrofobik) pada bagian tengah dan polar (hidrofilik) di bagian tepi.

Fungsi membran sel yaitu:<sup>7</sup>

- 1) Membran sel merupakan batas luar sel dan menutupi isi seluler. Membran sel melapisi sel untuk menjaga konsentrasi antara sitosol dan lingkungan ekstraseluler. Membran sel melapisi organel-organel seperti retikulum endoplasma, apparatus golgi, mitokondria dan organel-organel lainnya.
- 2) Membran memungkinkan terjadinya transpor molekul-molekul tertentu baik dari luar ke dalam sel, maupun dari dalam ke luar sel, serta dari kompartemen ke kompartemen lainnya di dalam sel.<sup>7</sup> Banyaknya molekul yang masuk dan keluar membran menyebabkan teriptanya lalu lintas membran.
- 3) Membran sebagai media penghantar sinyal kimia atau energi dari satu bagian ke bagian lain. Membran berperan membentuk komunikasi antar sel. Contohnya, pada mitokondria dapat mempertahankan gradien proton yang berperan untuk sintesis ATP.
- 4) Membran mempersiapkan lingkungan optimal untuk berlangsungnya proses biokimia di dalam sel. Seperti inti sel dapat melaksanakan proses pengaturan ekspresi gen, lisosom dapat mempertahankan pH asam dibandingkan dengan sitoplasma.

Semua sel eukariot mempunyai komponen biomembran yang sama. Struktur membran sel berupa lapisan tipis yang terdiri atas lipid dan protein yang saling melekat dengan ikatan non-kovalen. Struktur membran sel yang pertama kali ditemukan oleh Singer dan Nicholson pada tahun 1972 dengan teorinya tentang mozaik fluid. Mozaik fluid merupakan lapisan yang terdiri atas dua lapisan lipid (lipid bilayer) dalam bentuk fluida yang dapat berpindah di sepanjang lapisan membran dan lapisan protein yang tersusun secara tidak beraturan. Membran sel memiliki struktur yang dinamis yang mana komponen-komponennya bebas bergerak dan dapat terikat bersama dalam berbagai bentuk interaksi semi permanen.

Transpor molekul berperan dalam menjaga kestabilan pH, menjaga konsentrasi zat dalam sel untuk kegiatan enzim, memperoleh zat makanan sebagai bahan energi, membuang sisa metabolisme yang bersifat racun, serta mensuplai ion-ion yang penting untuk aktivitas sel. Terdapat 2 cara transportasi melalui membran yaitu transpor pasif dan transpor aktif.

### 1) Transpor pasif

Transpor pasif tidak memerlukan mekanisme khusus dan tidak memerlukan ATP dalam proses transportasi molekul-molekul melalui membran. Contoh transpor pasif pada difusi dan osmosis. Difusi adalah proses perpindahan molekul dari larutan berkonsentrasi tinggi ke larutan berkonsentrasi rendah. Osmosis adalah perpindahan molekul air dari larutan berkonsentrasi rendah ke larutan berkonsentrasi tinggi. Osmosis akan membuat perubahan volume cairan di dalam sel, yaitu isotonik, hipertonik dan hipotonik.

- Isotonik, merupakan larutan dengan konsentrasi pelarut sama seperti sitosol.
- Hipertonik, merupakan larutan yang memiliki konsentrasi pelarut lebih tinggi daripada sitosol.
- Hipotonik, larutan yang memiliki konsentrasi pelarut lebih rendah daripada sitosol.

### 2) Transpor aktif

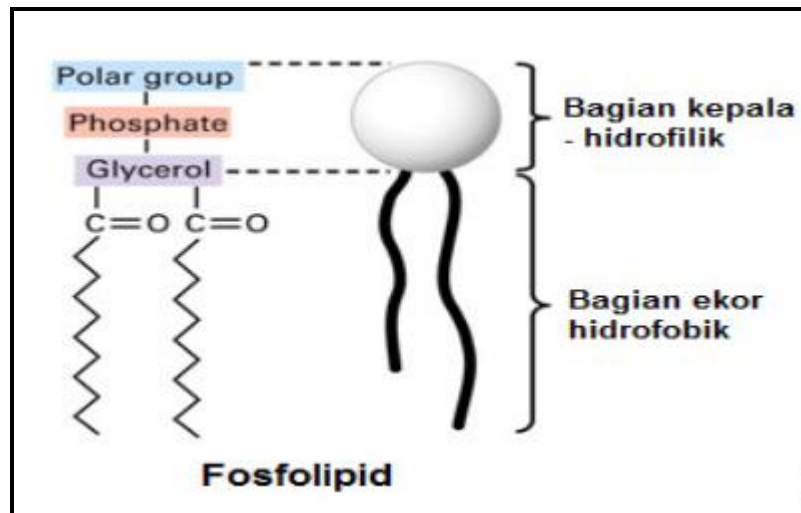
Transpor aktif adalah transportasi untuk molekul yang membutuhkan mekanisme khusus melalui hidrolisis ATP.

Komponen penyusun membran sel yaitu lipid, protein dan karbohidrat.<sup>2</sup>

#### 1) Lipid bilayer

Membran lipid sangat permeable terhadap gas dan molekul-molekul kecil yang larut dalam lipid seperti CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Lipid impermeable terhadap molekul ion seperti Ca<sub>2</sub>.

Struktur lipid bilayer merupakan struktur dasar dari semua membran sel, molekul-molekul lipid berkumpul secara spontan membentuk bilayer, yang berperan sebagai penghalang zat-zat yang larut dalam air. Jenis molekul lipid terdapat membran sel adalah fosfolipid sekitar 75%, 20% kolesterol dan 5% glikolipid. Molekul fosfolipid memiliki kepala yang bersifat hidrofilik dan dua ekor yang hidrofobik. Bagian kepala menghadap ke cairan ekstraseluler dan sitoplasma, sedangkan bagian ekor berada di dalam membran dan bagian ini tidak kontak dengan ekstraseluler dan sitoplasma.



Gambar . Struktur umum fosfolipid

Pada gambar terlihat bagian kepala mengandung etanol yang hidrofilik, dan bagian ekor yang yang hidrofobik. Bagian ekor terdiri atas rangkaian asam lemak sangat berpengaruh terhadap sifat fisik membran, terutama dalam menentukan fluiditas membran. Dalam mengatur fluiditas membran dipengaruhi kolesterol. Selain berfungsi mengatur fluiditas membran, kolesterol juga berfungsi mengatur stabilitas membran. Kolesterol mencegah asam lemak saling merapat dan berkristalisasi dengan cara meningkatkan pre transisi.

Membran sel eukariotik memiliki molekul lipid yang bervariasi, selain banyak mengandung kolesterol, juga mengandung campuran fosfolipid yang berbeda. Empat fosfolipid utama yang mendominasi membran sel mamalia yaitu phosphatidylserin, phosphatidylethanolamine, phosphatidylchoine dan sphingomyein.

Pergerakan fosfolipid pada membran dapat berupa difusi lateral, fleksi, rotasi dan flip flop. Pergerakan fosfolipid sangat membantu dalam proses fisiologis suatu sel seperti mengubah bentuk, transpor biomembran, eksositosis dan endositosis, dan sinyal transduksi terutama yang melibatkan peran fosfolipid dan patofisiologis aterosklerosis yang melibatkan kolesterol sebagai stabilitas membran.<sup>7</sup>

Bentuk fosfolipid terdiri dari cair (*liquid*) dan kaku (*rigid*), tergantung dari macam asam lemak. Bila asam lemak banyak mengandung ikatan rangkap maka membran menjadi lebih cair. Bila mengandung asam lemak jenuh maka membran akan menjadi kaku. Kolesterol berperan mengatur kestabilan membran.

## 2) Protein

### a. Struktur protein

Asam amino yang bersifat hidrofobik akan menghindari kontak dengan air, sehingga molekul protein bagian luar bersifat polar dan bagian dalam bersifat nonpolar. Selain itu asam amino dapat juga dikelompokkan berdasarkan sifat asam, basa maupun netral. Protein membran sel merupakan protein struktural.

Jenis dan jumlah protein pada membran sel sangat bervariasi. Jumlah protein pada membran secara umum sebesar 50%, tetapi jumlah protein dapat bervariasi tergantung dari jenis sel dan fungsi membran, misalnya pada membran sel myelin yang berfungsi pada isolasi listrik untuk akson sel saraf terdapat sekitar 25% protein, pada membran yang berperan dalam transduksi energi seperti membran mitokondria dan kloroplas terdapat 75% protein pada membrannya.

Asam amino asidat dan asam amino basa sering pada rantai peptida sering mengalami disosiasi atau terprotonasi, sehingga menyebabkan adanya lokasi yang bermuatan negatif dan positif sepanjang molekul polipeptida. Lokasi yang bermuatan ini dapat distabilkan oleh molekul air atau oleh ion-ion yang terlarut.

Berdasarkan letak protein membran dibagi menjadi 2 kelompok yaitu protein integral dan protein perifer.

#### a) Protein integral.

Protein integral dapat menembus membran lipid bilayer, sehingga disebut protein transmembran. Protein transmembran memiliki daerah hidrofobik dibagian tengah dan hidrofilik dibagian dekat matriks ekstraseluler dan sitosol. Protein integral dapat bergerak dalam bentuk rotasi dan lateral.

#### b) Protein perifer

Protein perifer tidak dapat menembus lapisan lipid bilayer, terikat pada satu bagian lipid. Protein perifer berfungsi sebagai penghubung antar sel dan menyokong permukaan intraseluler.

Membran protein berperan dalam transfer zat terlarut melintasi membran. Membran protein terbagi dalam dua bagian utama dalam proses transportasi, yaitu protein saluran (*channel*) dan protein carrier. Protein channel adalah protein yang tidak perlu mengikat zat terlarut, dengan membentuk pori atau



saluran hidrofilik sepanjang lapisan lipid bilayer, ketika pori terbuka zat terlarut akan masuk. Protein carrier adalah protein yang memiliki “binding site” untuk mengikat zat terlarut yang spesifik untuk diangkut dan menjalani serangkaian perubahan konformasi protein pada saat mentransfer zat terlarut melintasi membran.

### 3) Karbohidrat

Karbohidrat pada membran sel berfungsi meningkatkan sifat hidrofilik dan menstabilkan konformasi protein membran. Molekul karbohidrat merupakan molekul terikat dengan lipid dan protein. Sehingga terbagi dalam bentuk glikolipid dan glikoprotein. Proses penambahan molekul oligosakarida disebut dengan glikosilasi. Glikosilasi terjadi di lumen retikulum endoplasma dan aparatus golgi. Karbohidrat dapat berupa galaktosa, manosa, glukosa, fukosa, N-asetilneuraminic acid (NANA), N-asetil glukosamin dan N-asetil galaktosamin. Glikolipid terdapat pada semua membran hewan, umumnya sekitar 5% dari molekul lipid bagian matriks ekstraseluler berikatan dengan oligosakarida. Selain di ekstraseluler, glikolipid juga dapat ditemukan di intraseluler. Glikolipid yang paling kompleks adalah gangliosida yang paling melimpah di membran sel-sel saraf sekitar. Oligosakarida terikat oleh ikatan kovalen pada protein, ditemukan terutama di luar sel sebagai bagian matriks ekstraseluler.

Fungsi karbohidrat adalah:

- Menentukan tipe-tipe golongan darah ABO dan golongan darah sistem MN
- Mengenal sel asing (bakteri, jaringan transplantasi) karena perbedaan glikoprotein
- Kontak inhibisi, suatu sel berhenti tumbuh membelah diri karena adanya interaksi antar karbohidrat pada permukaan sel yang berdekatan
- Sinyal transduksi yang melibatkan matriks sel diperantai oleh glikoprotein.

#### 5.1.2 Reproduksi dan pembelahan sel

Reproduksi sel adalah suatu proses memperbanyak diri dengan membentuk sel-sel baru melalui proses yang disebut pembelahan sel atau reproduksi sel. Pada organisme bersel satu (uniseluler berkembang biak dengan membelah diri), seperti protozoa dan bakteri. Pada organisme bersel banyak (multiseluler) membelah sel

dapat berperan dalam pertumbuhan, perkembangan, perkembangbiakan dan perbaikan sel-sel yang rusak. Tujuan utama dari reproduksi sel adalah untuk memindahkan salinan informasi genetiknya (DNA) dari sel induk ke sel anak.

Pembelahan sel dibedakan menjadi dua, yaitu pembelahan secara langsung (amitosis) dan pembelahan secara tidak langsung (mitosis dan meiosis). Amitosis adalah pembelahan sel secara langsung, tanpa melalui tahap-tahap pembelahan sel. Amitosis banyak terjadi pada sel-sel prokariotik, seperti bakteri, amoeba atau ganggang biru.

Mitosis dan meiosis adalah pembelahan sel melalui fase-fase. Pada eukariotik secara garis besar baik mitosis dan meiosis terbagi menjadi dua tahap yaitu interfase dan fase Mitosis. Interfase merupakan tahapan paling aktif, dimana sel dalam kondisi tidak membelah, sel mempersiapkan diri untuk pembelahan. Didalam inti, DNA tidak terkondensasi menjadi kromosom tetapi membentang sepanjang inti. Semua DNA disalin sama atau direplikasi, sehingga sel anak menerima informasi genetik yang sama. Interfase terbagi menjadi 3 fase utama yaitu fase G1, S dan G2.

#### 1) Fase Growth 1 / Pertumbuhan 1 (G1)

Fase G1 merupakan fase paling aktif. Berlangsung selama 9 jam. Pada fase ini sel mulai berkembang dan tumbuh membesar. Fase G1 terjadi penambahan ukuran dan volume sel.

#### 2) Fase Sintesis (S)

Fase sintesis merupakan sintesis DNA atau duplikasi kromosom, berlangsung selama 10 jam. Pada fase ini sel aktif melakukan metabolisme, tumbuh dan berkembang.

#### 3) Fase Growth 2 / pertumbuhan 2 (G2)

Fase G2 merupakan fase yang didalamnya terjadi proses sintesis protein. Pada fase ini sel siap untuk mengadakan pembelahan.

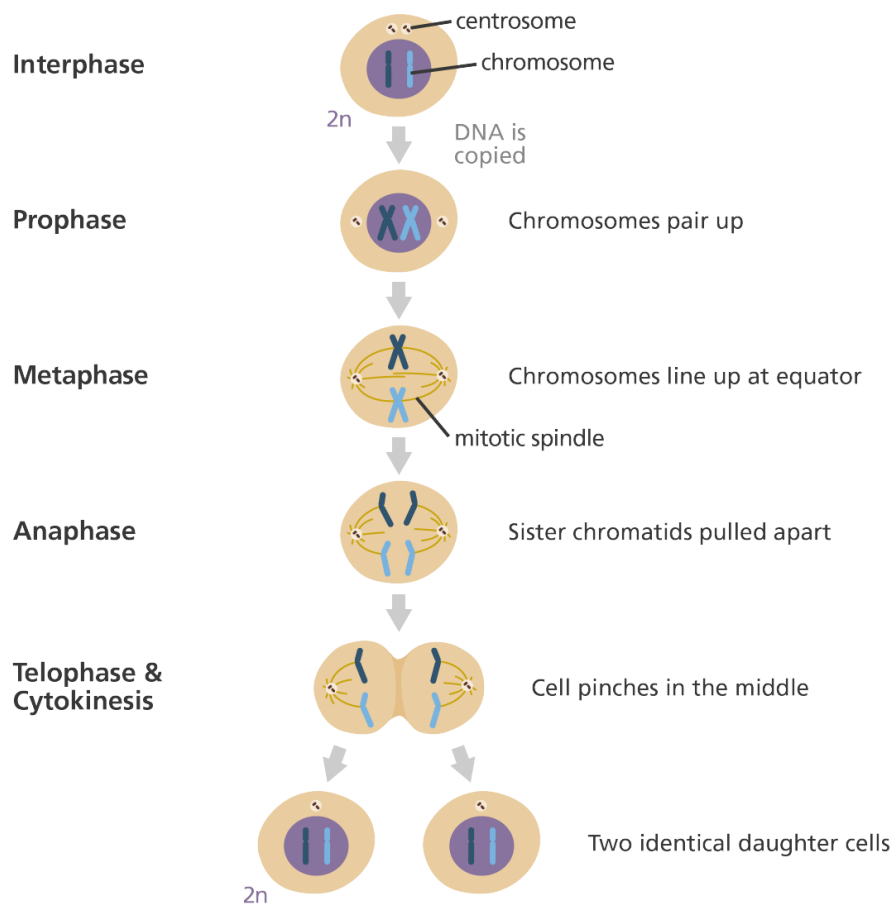
### 1. Pembelahan Mitosis

Pembelahan mitosis bertujuan untuk (1) mengganti atau memperbaiki jaringan tubuh yang rusak, (2) pertumbuhan sel, (3) membentuk jaringan karena produk pembelahan ini kromosom atau sifat induk sama dengan sifat anaknya. Ciri-ciri pembelahan mitosis:

a. Terjadi pada pembelahan sel tubuh (somatis)

- b. Menghasilkan dua sel anak yang identik dengan sel induk semula (diploid menjadi diploid/haploid menjadi haploid)
- c. Fase pembelahan satu kali
- d. Pembelahan pertama dengan pembelahan kedua diselingi dengan fase interfase (istirahat tidak membelah).
- e. Jumlah dan sifat sel anak sama dengan sel induk, mempunyai kemampuan membelah lagi.
- f. Pembelahan mitosis dapat terjadi pada organisme usia muda, dewasa atau tua. Sedangkan pada meiosis pembelahan hanya terjadi pada usia dewasa.

Tahapan pembelahan mitosis :



$2n$  - diploid

Gambar .Pembelahan Mitosis  
(Sumber: <http://www.yourgenome.org/facts/what-is-mitosis>)

## 1. Profase

Tahap ini merupakan fase pembelahan mitosis yang paling lama dan paling banyak memerlukan energi.

Ciri-ciri tahap profase:

- Pada permulaan profase, di dalam nukleus mulai terbentuk kromosom, yaitu benang-benang rapat dan padat yang terbentuk akibat menggulungnya kromatin
- Benang kromatin memendek dan menebal membentuk kromosom, kemudian kromosom mengganda (kromosom membelah dan memanjang) membentuk dua kromatid tetapi masih melekat dalam satu sentromer. Kedua kromatid tersebut bersifat identik.
- Sentromer merupakan bagian kromosom yang menyempit, tampak lebih terang dan membagi kromosom menjadi 2 lengan menjadi dua sentriole, dan diantaranya terbentang benang spindel.
- Benang spindel terbentuk di dalam sitoplasma yang berasal dari mikrotubulus. Mikrotubulus memanjang, seolah-olah mendorong dua sentrosom di sepanjang permukaan inti sel (nukleus)
- Membran nukleus dan nukleolus (anak inti) menghilang.
- Sentriol memisah diri menuju kutub yang berlawanan

## 2. Metafase

Pada tahap ini kromosom terletak berjajar pada bidang equator. Metafase adalah tahap yang memerlukan energi paling sedikit dan waktu yang paling singkat. Pada fase ini kromosom tampak paling jelas terlihat sehingga jumlahnya mudah diidentifikasi.

Ciri-ciri tahap profase:

- Kromatid / kromosom mengatur diri pada bidang equator berhadapan.
- Bagian sentromer kromosom berikatan dengan kinetokor yang berhubungan dengan benang spindel. Setiap sentromer memiliki dua kinetokor. Kinetokor memiliki fungsi sebagai tempat bergantung bagi kromosom.
- Pada tahap metafase, sentrosom telah berada pada kutub sel. Dinding inti sel menghilang. Sementara itu, kromosom menempatkan diri pada bidang

pembelahan yang disebut bidang metafase. Bidang ini merupakan bidang khayal yang terletak tepat di tengah sel, seperti garis khatulistiwa bumi sehingga disebut juga bidang equator

- Pada bidang equator, sentromer dari seluruh kromosom terletak pada satu baris yang tegak lurus dengan gelendong pembelahan. Kinetokor pada setiap kromatid menghadap pada kutub yang berlainan. Dengan letak kromosom berada di bidang pembelahan, maka pembagian jumlah informasi DNA yang akan diberikan kepada sel anakan yang baru, benar-benar rata dan sama jumlahnya. Tahapan ini merupakan akhir dari metafase.

### 3. Anafase

Saat anafase sentromer membelah, lalu benang spindel menarik kromosom menuju kutub sel yang berlawanan.

Ciri-ciri tahap profase:

- Kedua kromatid terpisah menuju kutub yang berlawanan, sehingga sentromer berada di depan dan bagian lengan kromatid berada di belakang. Gerak kromatid ini disebabkan tarikan benang mikrotubulus yang berasal dari sentriol pada kutub sel.
- Mikrotubulus non kinetokor semakin memanjang sehingga jarak kedua kutub sel semakin jauh. Selanjutnya, masing-masing kromatid bergerak ke arah kutub yang berlawanan dan berfungsi sebagai kromosom lengkap, dengan sifat keturunan yang sama (identik).
- Pada fase ini set kromosom terjadi pemisahan / pengurangan dari tetrad kromosom ketika berhadapan pada fase metafase menjadi masing-masing  $2n$  (diploid).

### 4. Telofase

Pada tahap telofase ini, inti sel anakan terbentuk kembali dari fragmen-fragmen nukleus.

Ciri-ciri tahap profase:

- Kromosom telah sampai di kutub-kutub yang berlawanan.
- Terbentuk penebalan plasma atau sekat pemisah sehingga sel terlihat terbentuk dua sel dengan masing-masing satu inti.
- Kromosom berubah menjadi benang kromatin



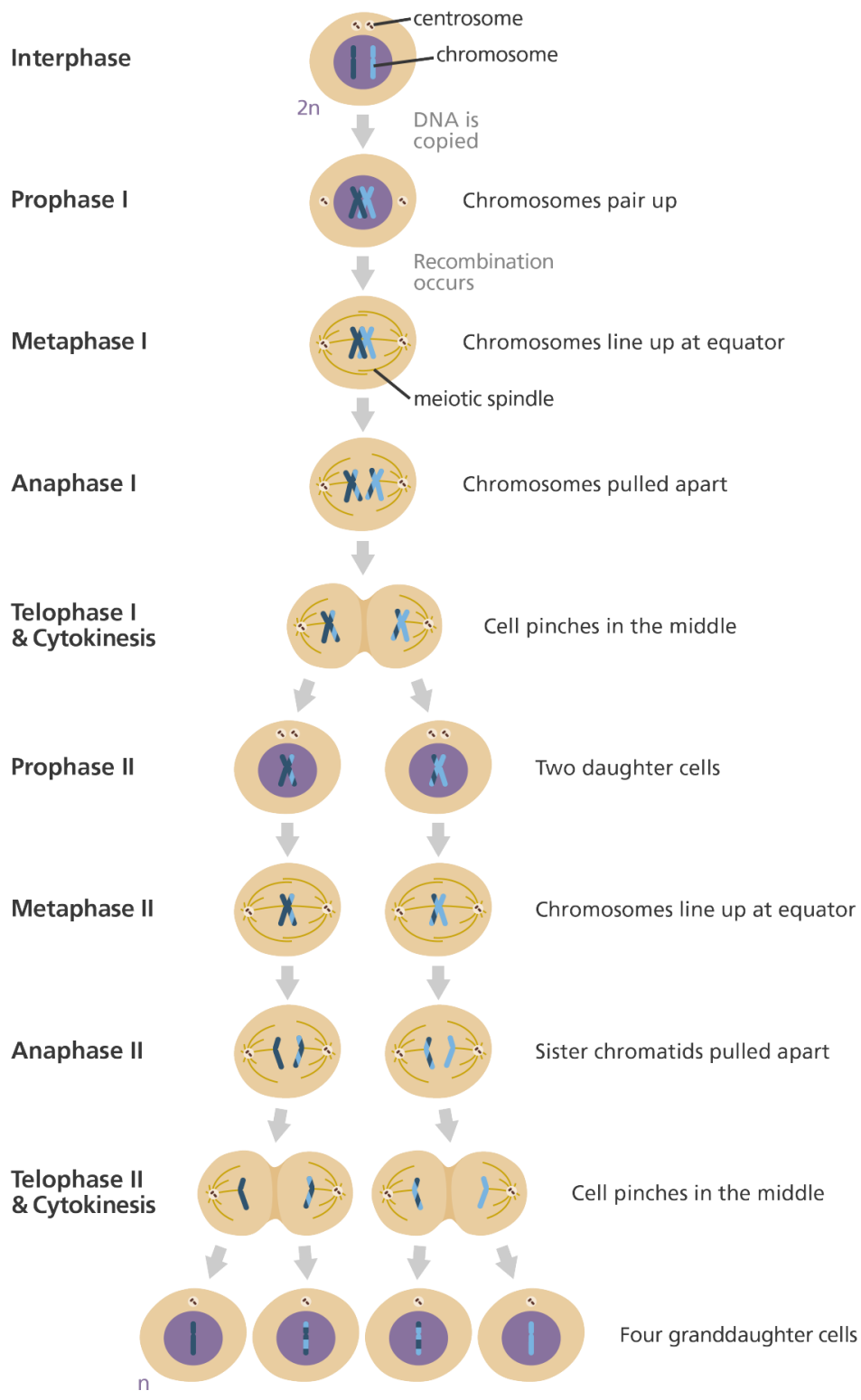
- Terjadi sitokinesis yang didahului oleh kariokinesis dan akhirnya terlihat sel membelah menjadi dua sel yang identik dengan sel semula.
- Membran inti dan nukleolus terbentuk kembali

## 2. Pembelahan Meiosis

Meiosis adalah perbedaan yang dihasilkan dari pembelahan sel yang terjadi selama pembentukan sel gamet (sperma atau sel telur).<sup>8</sup> Pembelahan meiosis terjadi di kelenjar kelamin seperti testis atau ovarium, pembelahan meiosis membentuk kelamin (n) dari sel tubuh (2n/diploid). Meiosis merupakan modifikasi dari mitosis. Pembelahan meiosis bertujuan untuk: (1) membentuk sel-sel kelamin, (2) reduksi jumlah kromosom (mereduksi untuk membentuk hasil zygot dari pertemuan dua sel kelamin yang selalu sama dengan individu sebelumnya. Selama tahap profase, anggota dari masing-masing pasangan homolog bergerak mendekati dan bahkan memutar satu sama lain. Pada saat ini DNA dari salah satu kromosom dapat ditukar dengan yang lain, proses yang disebut penyebrangan. Gen dari keluarga pihak ayah dapat ditukar dengan pihak ibu, dan kromosom individu tidak lagi dari pihak ibu atau ayah.

Ciri-ciri pembelahan meiosis:

1. Berlangsung pada sel kelamin
2. Menghasilkan 4 buah sel anakan
3. Fase pembelahan dua kali
4. Sel anakan mempunyai setengah jumlah kromosom yang sama dengan induknya.



$n$  - haploid       $2n$  - diploid

Gambar .Pembelahan Meiosis  
(Sumber: <http://www.yourgenome.org/facts/what-is-meiosis>)

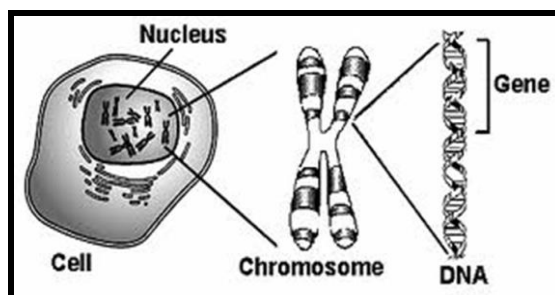
Tabel . Perbedaan mitosis dan meiosis

	Mitosis	Meiosis
Tujuan	Memperbanyak sel pada proses pertumbuhan, mengganti sel yang rusak dan reproduksi pada organisme bersel satu	Membentuk sel-sel kelamin dan mengurangi jumlah kromosom.
Tempat	Sel tubuh (sel somatik)	Sel kelamin (sel gonad): oogenesis dan spermatogenesis
Hasil	Sel induk diploid: menghasilkan 2 sel anak diploid Sel induk haploid: menghasilkan 2 sel anak haploid	Sel induk diploid menghasilkan 4 sel anak haploid
Sifat	Sel anak identik dengan induknya.	Sel anak tidak identik dengan induknya.
Fase	1 kali: Profase Metafase Anafase Telofase	2 kali: Profase 1      Profase 2 Metafase 1    Metafase 2 Anafase 1     Anafase 2 Telofase 1    Telofase 2

### 5.1.3 Genotif dan fenotip

Genotipe dan fenotip adalah istilah yang umum digunakan dalam genetika. Mengambil contoh dari golongan darah, orang dengan gen allele AO akan memiliki golongan darah A. Fenotip adalah sifat yang diamati. Sifat yang diamati adalah golongan darah. Sedangkan genotipe adalah gen yang menghasilkan sifat diamati. Gen yang menghasilkan sifat diamati adalah genotipe AO.<sup>9</sup>

### 5.1.4 Gen, kromosom dan DNA



Gambar . Gen, kromosom dan DNA

## 1. Gen

- Struktur gen

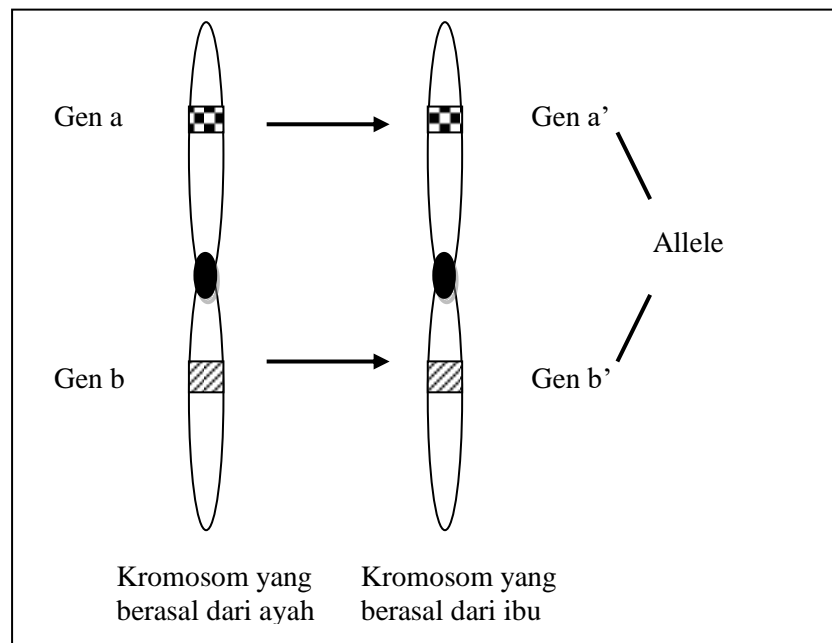
Gen adalah suatu segmen DNA yang mengkode protein RNA fungsional (polipeptida, rRNA atau tRNA). Penulisan rangkaian nukleotida gen ditulis dari kiri ke kanan dari arah 5' ke 3'. Kode genetik merupakan serangkaian huruf yang merepresentasikan nukleotida pada DNA atau RNA, dalam bentuk tiga huruf (triplet) mengkode asam amino.<sup>7</sup> Beberapa gen dapat diaktifkan atau dinonaktifkan, hal ini menyebabkan sel hati berbeda dari sel otot, sel otot berbeda dari sel lemak.

## 2. Kromosom

kromosom adalah gabungan DNA dan protein yang melekat padanya, yang berperan dalam mitosis dan meiosis.<sup>7</sup> Kromosom organisme tinggi adalah molekul linier dengan jumlah keseluruhan lebih kurang 50.000 – 60.000 gen.<sup>7</sup> Manusia mempunyai 23 pasang kromosom berbeda, total kromosom manusia sebanyak 46 kromosom di dalam sel.<sup>7</sup> Pada tubuh wanita terdapat 44 kromosom autosom dan 2 kromosom seks yang yaitu kromosom X. Pada tubuh pria terdapat 44 kromosom autosom dan 2 kromosom seks yaitu kromosom X dan Y.

Kromosom yang menentukan jenis kelamin bayi disebut kromosom seks. Sel telur ibu memberikan kromosom X, sedangkan sperma ayah memberikan kromosom X atau pasangan Y. Sebuah pasangan kromosom XX berarti seorang wanita, sedangkan pasangan kromosom XY berarti seorang laki-laki. Gen yang terletak pada kromosom X lebih banyak dibandingkan yang terletak pada kromosom Y. Selain menentukan jenis kelamin, kromosom ini membawa gen yang mengontrol fungsi tubuh lainnya.<sup>9</sup>

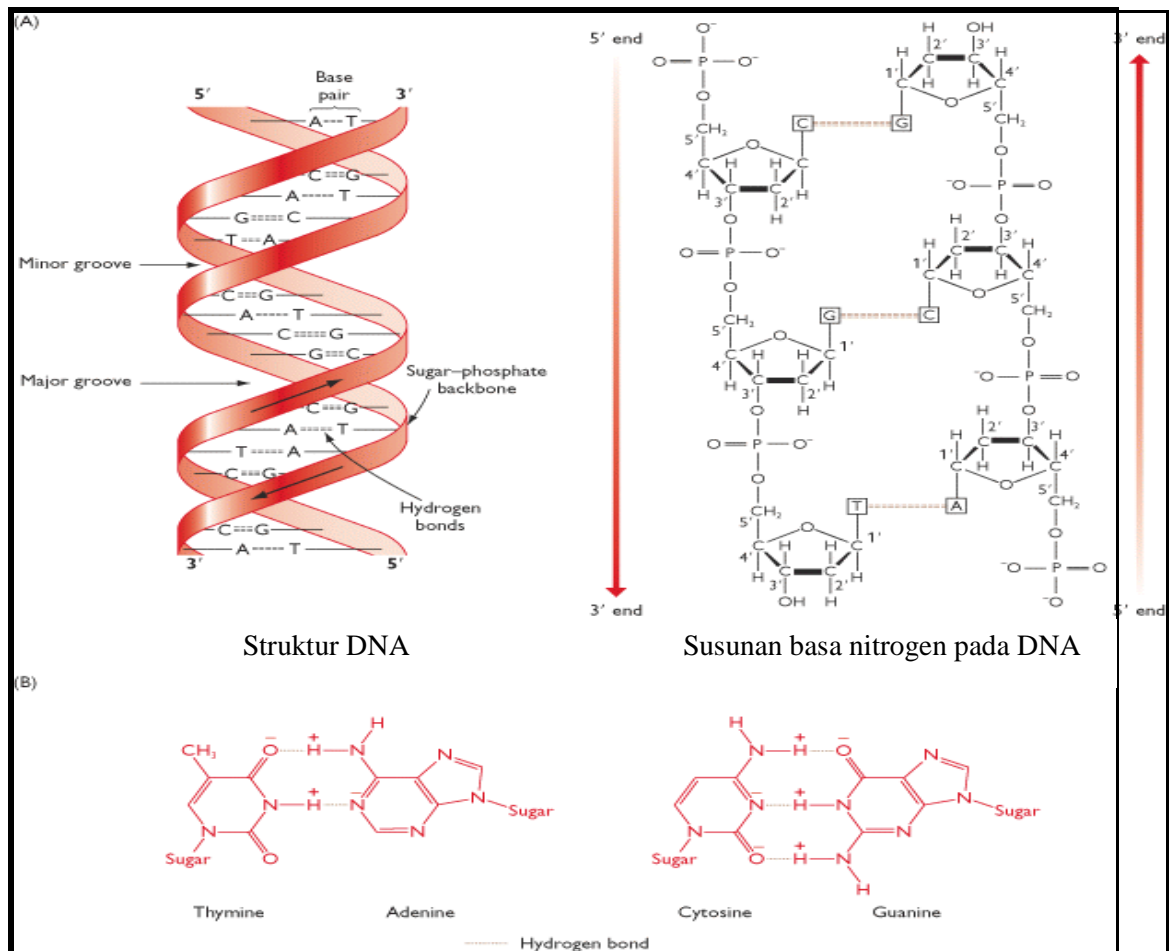
Kromosom sel manusia kebanyakan diploid, kecuali sel telur dan sel spermatozoa adalah haploid. Sel diploid mengandung dua duplikat dari tiap kromosom, satu diturunkan dari ayah dan satu diturunkan dari ibu. Dua duplikat dari kromosom dinamakan homolog. Tiap kromosom mengandung ribuan gen dan gen yang identik pada dua kromosom homolog disebut allele. Allele adalah salah satu dari bentuk suatu gen yang menempati lokus tertentu pada kromosom.



Gambar . Gen diploid mengandung Allele'

### 3. DNA

Semua makhluk hidup memiliki 2 bentuk asam nukleat, yaitu deoksiribonukleat (DNA) dan ribonukleat (RNA).<sup>7</sup> DNA merupakan substansi penurunan sifat. DNA bertanggung jawab menyediakan sel dengan karakteristik yang unik, yang dikendalikan oleh gen.<sup>2</sup> Molekul DNA terdiri atas suatu polimer heliks ganda yang terdiri dari nukleotida, yang berputar ke kanan.<sup>7</sup> Setiap nukleotida terdiri dari 3 komponen: 1 basa nitrogen, 1 gula pentose yang disebut deoksiribosa dan 1 gugus fosfat. Basa nitrogen yaitu adenin (A), timin (T), guanin (G) atau sitosin (S). Basa-basa dari rantai yang satu berpasangan dengan basa-basa rantai lainnya. Basa-basa tersebut berpasangan yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen.<sup>7</sup> Pasangan adenin dengan timin (A dengan T) dan sitosin dengan guanin (C dengan G). Komposisi basa DNA bervariasi menurut spesies. Jumlah adenin selalu sama dengan jumlah timin (A=T) dan jumlah guanin sama dengan sitosin (G=C), sehingga jumlah purin sama dengan jumlah pirimidin (A+G = C+T).<sup>7</sup> Adenin dan guanin adalah purin, basa nitrogen dengan dua cincin. Sitosin dan timin adalah pirimidin, basa nitrogen dengan satu cincin tunggal.



Gambar . Struktur DNA heliks berhanda

- Struktur primer DNA

Unit struktur DNA dan RNA terdiri dari 3 pasang yaitu pentosa, basa nitrogen dan gugus fosfat.<sup>7</sup> Basa nitrogen dihubungkan secara kovalen dengan pentosa disebut nukleosida. Nukleosida terletak antara atom C-1 pentosa dan N-1 pirimidin atau dengan N-9 pada basa purin.<sup>7</sup> Gugus fosfat yang diikatkan pada nukleosida akan terbentuk nukleotida.<sup>7</sup> Penulisan urutan asam nukleat dari arah 5' ke 3', contoh penulisan pada urutan nukleotida dalam asam nukleat (DNA) terdiri atas deoksiadenosin 5' fosfat, deoksisitosin 5' fosfat, deoksitimidin 5' fosfat dan deoksiganosin 5' fosfat, cara penulisan nya adalah 5'-pApCpTpG-3' OH, penulisan sederhana nya yaitu 5'-ACTG-3' atau ACTG.<sup>7</sup>

- Struktur sekunder DNA

Struktur sekunder DNA terdiri dari 2 rantai asam nukleat terpisah yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen membentuk putaran mengelilingi suatu absis, yang disebut  $\alpha$  heliks. Kedua rantai asam nukleat memiliki arah yang berlawanan dan bertaut melalui

pasangan basa, adenin berpasangan dengan timin (A : T) dan guanin berpasangan dengan sitosin (G:C). Menurut Watson dan Crick kedua utas DNA membentuk heliks berganda, gula fosfat menempati bagian luar merentang mengikuti heliks dan basa dari satu utas berpasangan di bagian dalam heliks.

Pada sel manusia terdapat 2 macam bentuk DNA. Bentuk pertama yaitu DNA linear, merupakan DNA inti yang terdapat pada 23 pasang kromosom. Bentuk kedua yaitu mitokondria DNA (mtDNA), merupakan DNA lingkaran tertutup terdapat dalam mitokondria.<sup>7</sup>

- Organisasi DNA eukariot

Manusia memiliki susunan DNA inti berupa double heliks dan linear, sedangkan DNA mitokondria berbentuk melingkar. Sel manusia terdapat  $6,6 \times 10^9$  pasangan basa DNA tiap genom diploid. Genom diploid mengandung banyak gen, yang mengkode protein dan setiap gen terbagi menjadi exon dan intron. Exon (*expressed sequence*) merupakan urutan nukleotida yang mengkode RNA yang menghasilkan produk akhir. Sedangkan intron (*intervening sequence*) merupakan nukleotida yang mengkode RNA yang tidak menghasilkan produk akhir. Panjang 1 kromosom sepanjang 7 cm, sehingga panjang total seluruh rantai DNA pada sel manusia (46 kromosom) sekitar 2 meter, tidak termasuk DNA mitokondria (mtDNA).<sup>7</sup> Struktur DNA seperti tasbih (*bead like structure*), pilinan DNA mengelilingi permukaan ellipsoid.

DNA berinteraksi dengan protein dasar yang dikenal sebagai histon, yaitu protein yang banyak mengandung arginin dan lisin. Tipe protein yang lain (bukan histon) juga dapat berinteraksi dengan DNA.

### 5.1.5 Pewarisan Genetika

Orang tua mewarisi anaknya dengan informasi yang terkode dalam bentuk unit-unit hereditas yang dinamakan gen. Gen merupakan blueprint tubuh kita. Hampir setiap sel tubuh manusia berisi salinan blueprint, yang disimpan dalam nukleus. Konsep Mendel menggambarkan gen sebagai unit penurunan sifat yang mempunyai ciri-ciri tersendiri yang mempengaruhi karakter fenotipik.

Orang tua mewariskan ciri-ciri atau karakteristik seperti mata, warna rambut, serta perilaku seperti kecerdasan dan bakat alami melalui gen yang dimiliki orang tua.<sup>9</sup> Bahkan orang tua dapat mewariskan kondisi kesehatan maupun penyakit yang dimilikinya.<sup>9</sup> Gen adalah bagian dari kromosom, yang merupakan untaian panjang zat

kimia yang disebut asam deoksiribonukleat (DNA).<sup>9</sup> Urutan huruf setiap gen mengandung informasi tentang molekul tertentu (seperti protein atau hormon, keduanya penting untuk pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh manusia).<sup>9</sup> Produk akhir gen bisa suatu polipeptida atau bisa juga suatu molekul asam ribonukleat (RNA). RNA adalah gen yang disalin huruf ke huruf yang sama. Sel membaca RNA untuk membuat protein atau hormon.

Orang tua mewariskan ciri-ciri atau karakteristik yang membedakan seperti warna mata dan rambut untuk anak-anak melalui gen mereka. Banyak kondisi kesehatan dan penyakit juga merupakan genetik. Gen-gen juga dapat mempengaruhi beberapa karakteristik perilaku, seperti kecerdasan dan bakat alami.<sup>9</sup> Salah satu contoh karakteristik golongan darah memiliki variasi golongan darah A, B, AB atau O. Setiap variasi gen disebut allele. Kita dapat mewarisi allele yang berbeda dari pasangan gen (satu dari setiap orang tua).

- Gen dominan dan resesif

Dua salinan gen yang terkandung dalam setiap set kedua kromosom mengirim kode pesan untuk memengaruhi cara kerja sel, yang akan memberikan karakter dominan. Sebagai contoh pesan kode gen sel mata memberi warna mata coklat lebih dominan terhadap warna mata biru. Namun sejumlah gen yang berbeda dapat menentukan warna mata, orang tua dengan warna mata biru dapat melahirkan anak dengan warna mata coklat.<sup>9</sup>

Pewarisan dominan terjadi ketika satu allele dari gen dominan ada dalam pasangan. Untuk golongan darah, allele A dominan terhadap allele O, sehingga orang dengan satu allele A dan satu allele O memiliki golongan darah AO. Golongan darah O adalah resesif, seseorang perlu dua allele O untuk menghasilkan golongan darah O. Jadi seorang anak mungkin memiliki golongan darah A bila ibu mewarisi gen golongan darah A, yang mana golongan darah A dominan terhadap gen golongan darah O yang diwariskan dari ayah mereka. Jika ibu memiliki allele A dan allele O (AO), maka ibu memiliki golongan darah A karena A adalah dominan. Sang ayah memiliki dua allele O (OO), sehingga ia memiliki golongan darah O. Sehingga anak-anak mereka memiliki 50 persen kesempatan golongan darah A (AO) dan 50 persen memiliki golongan darah O (OO), tergantung pada allele yang mereka mewarisi.<sup>9</sup>

Pewarisan gen tidak semua gen bersifat dominan atau resesif. Pada beberapa kasus allele dalam pasangan gen membawa bobot yang sama yang akan muncul karakteristik fisik yang dikombinasi.<sup>9</sup> Misalnya, pada golongan darah dengan allele A



dan allele B sama-sama dominan sehingga seseorang dengan satu salinan A dan satu salinan B memiliki golongan darah AB.<sup>9</sup>

- Mutasi DNA

Sebuah gen dapat mengandung variasi, seperti terjadi kesalahan ejaan yang akan dapat mengganggu pesan berkode gen. Sebuah variasi dapat terjadi secara spontan (tidak diketahui penyebabnya) atau dapat diwariskan. Variasi dalam coding membuat gen bekerja tidak baik (rusak) yang disebut mutasi genetik.<sup>9</sup> Mutasi adalah perubahan permanen pada urutan nukleotida DNA.<sup>7</sup> Mutasi pada DNA tidak selalu berpengaruh pada ekspresi gen yang dinamakan mutasi diam (*silent mutation*), perubahan basa tidak mengubah fenotif atau tanpa mengubah asam amino.<sup>7</sup> Gen dapat bermutasi secara spontan dalam waktu tertentu.<sup>9</sup> Mutagenesis dapat disebabkan oleh kesalahan sewaktu replikasi DNA dan perubahan basa yang spontan. Mutasi genetik spontan dapat disebabkan karena paparan radiasi, bahan kimia dan asap rokok. Sebagai contoh mutasi karena radiasi sinar UV yaitu kanker kulit yang disebabkan oleh penumpukan mutasi spontan pada gen dalam sel-sel kulit.<sup>9</sup>

Tipe-tipe mutasi DNA:<sup>7</sup>

1. Mutasi titik (point mutation)

Mutasi titik merupakan perubahan permanen suatu nukleotida. Perubahan pada basa tunggal, dapat diklasifikasikan sebagai suatu substitusi, delesi dan insersi.<sup>7</sup>

- a. Substitusi basa

Pada umumnya tipe mutasi adalah substitusi basa. Substitusi basa terbagi menjadi 2 tipe:

- 1) Transisi, bila salah satu purin diganti oleh purin lain atau salah satu pirimidin diganti oleh pirimidin yang lain.
- 2) Transversi, bila sebuah purin diganti oleh pirimidin atau sebuah pirimidin diganti oleh purin. Contohnya:  $A \rightarrow T$  atau  $C$ ,  $G \rightarrow T$  atau  $C$ ,  $T \rightarrow A$  atau  $G$ , dan  $C \rightarrow A$  atau  $G$ .

Contoh medik dari mutasi basa ini pada penyakit sel sickle. Adanya mutasi GAG menjadi CTG menyebabkan glutamat diganti valin. Mutasi tersebut adalah  $A \rightarrow T$  yang dinamakan transversi. Transisi dan transversi dapat menyebabkan mutasi missense yang dapat berakibat pada perubahan kodon dan menghasilkan perubahan asam amino pada produk gen protein.

b. Delesi sepasang basa

Delesi sepasang basa yang mengubah rangkaian DNA menyebabkan kesalahan susunan asam amino, keadaan ini dinamakan mutasi frame shift. Bila mutasi tersebut menimbulkan suatu stop signal, translasi akan terhenti, keadaan ini disebut mutasi a *chain termination mutation* (atau *mutasi nonsense*).

c. Insersi satu pasangan basa

Sama seperti delesi, insersi dari pasangan dalam suatu gen sangat berpengaruh pada mutasi *frame shift*. Contoh insersi satu pasangan basa yaitu pada thalasemia.

2. Delesi atau Insersi segmen DNA

Delesi atau Insersi segmen DNA mengubah panjang atau urutan DNA. Besarnya delesi menghasilkan kehilangan seluruh gen atau sebagian kecil kromosom. Insersi segmen DNA ke dalam sel manusia dapat mengubah perilaku sel. Contohnya, sekuen promotor virus ke dalam genom sel inang dapat menimbulkan kanker.

3. DNA translokasi

DNA translokasi yaitu pergerakan segmen DNA atau salah satu bagian kromosom dari posisi satu ke posisi lain, baik pada kromosom yang sama atau pada kromosom berbeda, sehingga terbentuk rekombinan diantara segmen DNA tersebut. Translokasi DNA akan mengubah kondisi DNA tersebut sehingga ekspresi gen dikendalikan oleh regulator gen yang berbeda.

Contoh DNA translokasi pada vhronic myelogenous leukimia, dikaitkan dengan translokasi antara kromosom 22 dan kromosom 9 menjadi kromosom philadelphia. Translokasi juga dapat terjadi pada kromosom yang sama, contohnya pada bagian DNA dari kromosom 14 berpindah ke tempat lain dari kromosom 14.<sup>7</sup>

4. Inversi

Inversi adalah pembalikan segmen DNA pada kromosom yang sama. Gen dapat dirusak pada tempat perpindahan tersebut, atau dibawah regulasi sekuen regulator yang berbeda.

5. 2 Proses Terbentuknya organisme (Sel, Jaringan, Organ, Sistem Organ)

Sel berpindah ke lokasi baru selama berkembang dan membentuk adhesi selektif dengan sel lain sehingga membentuk struktur multiseluler. Tubuh organisme multiseluler (termasuk manusia) tersusun atas tingkatan organisasi struktural, mulai dari organisme terendah sampai teratas. Tingkatan organisasi kehidupan hanya dimiliki oleh organisme multiseluler. Untuk menjalankan berbagai aktivitas dan berbagai proses biokimia, pada organisme multiseluler akan mengkoordinasikan fungsi dari banyak sel yang terorganisasi atau teratur dan saling berhubungan dengan baik sehingga menjadi satu kesatuan fungsional membentuk satu tubuh individu.

Tingkatan organisasi struktural pada tubuh manusia terdapat dalam 6 tingkatan, yaitu:

#### 1. Tingkatan kimia

Tingkatan ini menyangkut semua zat kimia yang penting untuk kehidupan. Zat-zat kimia ini terdiri dari atom-atom yang membentuk molekul-molekul organik dan anorganik dengan berbagai jenis ikatan yang membangun unit dasar molekul kehidupan. Tingkatan kimia ini terdiri dari:

##### a. Atom

Atom merupakan unit kimia terkecil, seperti C, H, O. Atom sebagai satuan dasar materi yang terdiri dari inti atom yang dikelilingi oleh awan elektron yang bermuatan negatif. Inti atom mengandung campuran proton yang bermuatan positif dan neutron yang bermuatan netral (kecuali pada Hidrogen – 1 tidak memiliki neutron). Elektron-elektron pada sebuah atom terikat pada inti atom oleh gaya elektromagnetik.

##### b. Molekul

Molekul merupakan sekumpulan atom berikatan dan bekerja sama, contohnya CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O.

##### c. Molekul makro

Molekul makro merupakan kelompok molekul yang bekerja sama, seperti karbohidrat, lemak, protein.

##### d. Organel

Organel merupakan kelompok molekul yang bekerja sama membentuk suatu unit fungsional dalam sel, seperti membran, nukleus, ribosom.

#### 2. Tingkatan sel

Sel merupakan unit fungsional terkecil tubuh manusia. Contoh sel: sel otot berfungsi melakukan kontraksi dan membantu pergerakan; sel saraf berfungsi menghantarkan

impuls dalam bentuk sinyal listrik; se epitel berfungsi untuk filtrasi, absorpsi, proteksi dan sekresi; dll.

### 3. Tingkatan jaringan

Secara umum di dalam tubuh sel-sel akan berhubungan atau berikatan satu sama lain dan tetap berada tempat asalnya dalam arti tidak bersirkulasi bebas dalam tubuh, terkecuali sel-sel darah yang berdiri sendiri dan tersuspensi di dalam plasma darah yang mampu bersirkulasi sesuai dengan fungsinya. Jaringan adalah sekumpulan sel yang mempunyai struktur dan fungsi yang sama. Terdapat empat jaringan yaitu: jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot dan jaringan saraf.

#### a. Jaringan epitel

- Jaringan epitel adalah jaringan yang membungkus permukaan tubuh.
- Jaringan epitel terdiri atas: epitel membran (lining epithelial) dan epitel kelenjar (glandular epithelial). Epitel membran merupakan lapisan paling atas pada permukaan tubuh, antara lain pada permukaan luar kulit, saluran pencernaan dan pernafasan, jantung dan pembuluh darah; pada dinding dan organ tubuh ventral; pada permukaan saluran kelenjar eksokrin.
- Sifat umum jaringan epitel:
  - Jaringan epitel terdiri dari selapis atau berlapis sel dengan batas-batas yang jelas dan terikat satu sama lain. Diantara sel terdapat ruang atau tidak sama sekali.
  - Letak, bentuk dan susunan jaringan ikat menyesuaikan dengan fungsinya. Susunannya rapat satu sama lainnya.
  - Memiliki kecepatan regenerasi tinggi terutama pada jaringan yang berada di permukaan tubuh dan terpapar langsung ke lingkungan, seperti di kulit dan saluran pencernaan.
  - Tidak ada pembuluh darah dalam jaringan.
  - Berdasarkan asal perkembangan jaringan epitel berasal dari: lapisan ektoderm (misalnya, epitel pada kulit), entoderm (misalnya, epitel pada saluran pencernaan), lapisan mesoderm (misalnya, epitel pada kandung kemih).
  - Jaringan epitel memiliki polaritas. Beberapa epitel memiliki permukaan apikal yang menghadap ke eksterior bagian tubuh atau ruang internal dan permukaan basal yang ada di permukaan bawah.
- Fungsi epitel membran:

- Melindungi jaringan dibawahnya terhadap kerusakan
- Mengatur dan memfasilitasi pertukaran zat ke dalam atau keluar jaringan yang ada dibawahnya.
- Epithelia yang terspesialisasi menyusun struktur sensor pada mata, telinga, hidung dan mulut.
- Epitel kelenjar menyusun sebagian besar kelenjar tubuh. Terdapat dua jenis kelenjar yaitu kelenjar eksokrin dan endokrin

b. Jaringan ikat

Jaringan ikat mempunyai ciri-ciri matriks ekstraselularnya sangat banyak dan bentuk selnya sangat beragam. Jenis jaringan ikat:

- Jaringan ikat proper, contohnya: dermis kulit, adiposa dan tendon otot
- Cartilage, contohnya: prekursor sel tulang
- Tulang
- Darah

c. Jaringan otot

Jenis otot yaitu: otot rangka, otot jantung dan otot polos

- Otot rangka

Otot rangka dan otot jantung merupakan otot lurik. Otot rangka biasanya melekat pada tulang kecuali bagian atas esopagus, spincher anus dan diafragma.

- Otot jantung

Otot jantung hanya ditemukan di jantung

- Otot polos

Otot polos terdapat pada saluran pencernaan, pembuluh darah, sistem urinari dan sistem reproduksi. Pada saluran pencernaan otot polos berbentuk sirkuler dan longitudinal yang kontraksi ritmiknya menyebabkan peristaltik.

d. Jaringan saraf

Jaringan saraf terdiri dari sel syaraf (neuron) dan sel pendukung neuron (neuroglia). Neuron terdiri dari *cell body*, dendrit dan akson. Neuroglia sel berjumlah lima kali lebih banyak dari neuron.

4. Tingkatan organ

Organ merupakan dua jenis atau lebih jaringan yang mampu melakukan fungsi tertentu. Organ mempunyai bentuk khas dan masing-masing mempunyai fungsi

tertentu. Contoh organ: jantung berfungsi mensuplai darah dan mengalirkan nutrisi ke seluruh tubuh; ginjal untuk membentuk urin; hidung untuk indera pencium; dll.

## 5. Tingkatan sistem organ

Sistem organ adalah kumpulan organ-organ yang berhubungan secara anatomi maupun secara fisiologis untuk melakukan suatu fungsi tertentu. Contoh sistem organ: sistem pencernaan makanan yang berfungsi mencerna makanan dan absorpsi makanan, terdiri dari mulut, kelenjar ludah, gigi, lidah, oesofagus, lambung, usus kecil dan besar, hati, pankreas, kandung empedu dan anus. Terdapat 11 sistem organ dalam tubuh, yaitu;

### 1) Sistem rangka (skeletal)

Organ yang terdapat pada sistem rangka terdiri dari tengkorak, tulang, tulang rawan, ligamen yang terkait, sumsum tulang

Sistem rangka berfungsi sebagai proteksi terhadap jaringan lain, menyimpan kalsium dan mineral lain, membentuk sel darah, menggerakkan bagian tubuh dan untuk berpindah tempat, menegakkan tubuh, melindungi organ-organ dibawahnya.

### 2) Sistem otot

Organ yang terdapat pada sistem otot terdiri dari otot rangka, otot polos dan otot jantung.

Sistem otot berfungsi sebagai penentu postur tubuh, menyimpan glikogen, dan sebagai alat gerak aktif.

### 3) Sistem saraf

Organ yang terdapat pada sistem saraf terdiri dari otak, sum-sum tulang belakang (medula spinalis) dan saraf perifer, simpul-simpul saraf (ganglion).

Sistem saraf berfungsi menerima dan merespon rangsang dari lingkungannya.

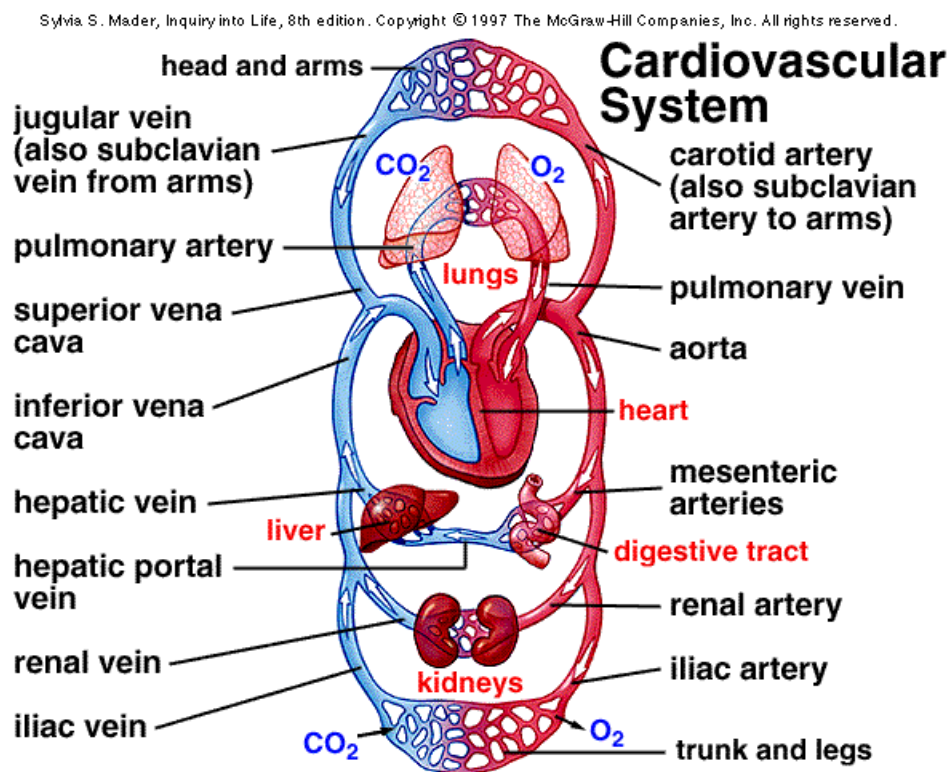
### 4) Sistem endokrin

Organ yang terdapat pada sistem endokrin terdiri dari kelenjar pituitari, kelenjar tiroid, kelenjar paratiroid, kelenjar adrenal, pankreas endokrin, kelenjar pineal, kelenjar timus.

Sistem endokrin berfungsi memproduksi hormon-hormon untuk mengatur metabolisme dalam tubuh, menyesuaikan aktivitas metabolik dengan energi yang dibutuhkan tubuh, mengontrol perubahan struktural dan fungsional selama pertumbuhan.

## 5) Sistem kardiovaskular

- Organ yang terdapat pada sistem kardiovaskular terdiri dari jantung, darah dan pembuluh darah.
- Sistem kardiovaskular manusia tertutup, yang mana darah tidak pernah meninggalkan jaringan pembuluh darah. Sebaliknya, oksigen dan nutrisi dapat berdifusi keluar dari lapisan pembuluh darah dan memasuki cairan interstitial. Cairan tersebut kemudian membawa oksigen dan nutrisi ke sel serta membawa karbon dioksida dan sisa metabolisme keluar dari sel dan masuk ke pembuluh darah.



Gambar. Sistem kardiovaskular (sumber: <https://socratic.org/>)

- Peredaran darah adalah sebuah siklus. Di dalam jantung, darah di vena akan masuk ke serambi kanan (atrium kanan) kemudian menuju bilik kanan (ventrikel kanan) untuk dipompa ke paru-paru melalui arteri pulmonalis. Setelah terjadi difusi dan oksigen sudah masuk ke dalam hemoglobin dan karbon dioksida dikeluarkan dari hemoglobin, darah akan dibawa menuju jantung tepatnya serambi kiri (atrium kiri) melalui vena pulmonalis. Disana darah akan dialirkan ke bilik kiri (ventrikel kiri) untuk dipompa ke seluruh

tubuh. Beberapa darah memasuki usus untuk mengambil sari-sari makanan dan dibawa ke hati (liver) melalui vena porta hepatica. Sebagian darah yang menuju ke ginjal untuk melakukan penyaringan darah. Sisanya menuju ke seluruh sel di dalam tubuh untuk dilakukan metabolisme. Setelah itu, semua darah yang mengandung sisa metabolisme (karbon dioksida) akan kembali ke jantung melalui vena.

- Sistem kardiovaskular berfungsi mengangkut oksigen, karbondioksida dan nutrisi (seperti asam amino dan elektrolit) ke sel-sel tubuh, mengangkut hasil metabolisme yang tidak berguna ke luar tubuh, menstabilkan suhu dan pH, mempertahankan homeostasis.

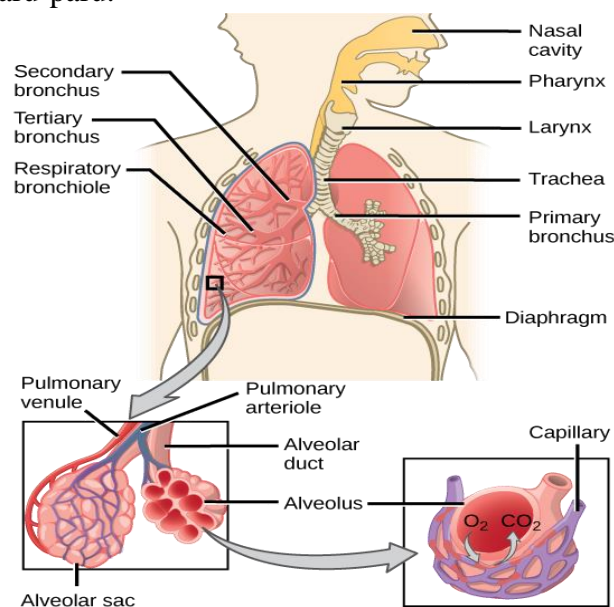
#### 6) Sistem limfatik

Organ yang terdapat pada sistem limfatik yaitu limpa, timus, amandel, getah bening.

Sistem limfatik berfungsi menjaga keseimbangan cairan, mengangkut limfosit, mengembalikan cairan dan protein dari jaringan ke sirkulasi darah, menyaring dan menghancurkan mikroorganisme untuk menghindarkan penyebaran.

#### 7) Sistem pernafasan

- Organ yang terdapat pada sistem pernafasan yaitu hidung, sinus, faring, laring, trakea, bronkus, paru, alveoli. Pada manusia, organ paru-paru memiliki beberapa lobus, yang terdiri dari ratusan alveoli yang berbentuk kantong kecil dan tipis. Setiap alveolus dikelilingi dengan pembuluh darah kecil dan kapiler, yang bersatu membentuk venula yang mengarah ke pembuluh darah paru. Pada sistem pernafasan, udara masuk melalui hidung dan melewati faring, laring, trakea dan bronkus. Udara dari bronkus dibawa ke bronkiolus, hingga ke alveoli paru-paru.





## Gambar. Sistem Pernafasan

(Sumber: <https://opentextbc.ca/biology/chapter/>)

- Sistem pernafasan berfungsi mengantarkan udara ke alveoli, menyediakan oksigen ke aliran darah, mengeluarkan karbon dioksida dari aliran darah, menghasilkan suara untuk komunikasi.
- 8) Sistem pencernaan makanan
- Organ yang terdapat pada sistem pencernaan yaitu kelenjar ludah, gigi, lidah, laring, esofagus, lambung, usus kecil, usus besar, hati, kandung empedu dan pankreas.
- Sistem pencernaan berfungsi mencerna makanan secara fisik dan kimia untuk diabsorpsi darah dan digunakan oleh jaringan tubuh, menyimpan cadangan energi.
- 9) Sistem urinaria
- Organ yang terdapat pada sistem urinaria yaitu ginjal, ureter, kandung kemih, uretra.
- Sistem urinaria berfungsi mengeluarkan hasil ekskresi sisa metabolisme dari darah, mengontrol keseimbangan air dengan regulasi volume urine yang dihasilkan, menyimpan urin sebelum pengeluaran, regulasi konsentrasi ion dan pH darah.
- 10) Sistem reproduksi
- Organ yang terdapat pada sistem urinaria yaitu testis dan ovum.
- Sistem reproduksi berfungsi untuk perkembangbiakan, produksi sperma dan oocyte, produksi hormon.
- 11) Sistem integumen
- Organ yang terdapat pada sistem untegumen yaitu kulit, rambut, kelenjar keringat, kuku.
- Sistem integumen berfungsi sebagai pelindung tubuh, regulasi temperatur tubuh dan menyediakan informasi sensoris
6. Tingkatan organisme
- Sistem organ yang berjumlah 11 di dalam tubuh bersatu membentuk manusia sebagai suatu individu yang hidup.

### 5.3 Homeostasis, kemotaksis, termostasis dan hemostasis

Homeostasis berasal dari bahasa Yunani dari kata *homeo* (sama) dan *stasis* (mempertahankan keadaan). Homeostasis merupakan istilah yang digunakan oleh ahli fisiologi yang artinya mempertahankan kondisi stabil atau konstan dalam lingkungan internal tubuh.<sup>1</sup> Pada dasarnya semua organ dan jaringan tubuh melakukan fungsinya untuk mempertahankan ke kondisi stabil baik secara fisika maupun kimia. Didalam tubuh sebagai karakteristik fisika yaitu suhu dan tekanan, dan karakteristik kimia adalah nutrisi dan oksigen. Sebagai contoh homeostasis, ginjal mempertahankan konsentrasi ion tetap stabil, sistem gastrointestinal menyediakan nutrisi, tekanan darah normal 120/80 mmHg.

Terdapat 4 postulat yang mendasari homeostasis, yaitu:<sup>2</sup>

1. Perananan sistem saraf dalam mempertahankan lingkungan dalam dengan kehidupan.
2. Adanya pengendalian yang bersifat ionik.
3. Adanya pengendalian yang bersifat antagonistic.
4. Suatu signal kimia yang dapat memberi pengaruh berbeda di jaringan tubuh spesifik.

Contoh homeostasis sebagai berikut:

- Pengaturan jumlah air dan mineral di dalam tubuh terjadi di ginjal, yang dikenal dengan istilah osmoregulasi.
- Pembuangan sisa metabolisme yang dilakukan oleh organ ginjal dan paru-paru, dikenal dengan istilah ekskresi.
- Pengaturan suhu tubuh dilakukan oleh kulit.
- Pengaturan kadar glukosa darah terjadi di hati. Sekresi insulin dan glukagon oleh pankreas.

Mekanisme tubuh dalam mempertahankan kondisi homeostatis: negative feed back mechanism & positive feed back mechanism.

#### 5.3.1 Keseimbangan cairan

Sekitar 60% pada tubuh orang dewasa merupakan cairan. Hampir sebagian besar cairan (dua pertiga) terdapat dalam sel yang disebut cairan dalam sel /

intraseluler (*intracellular fluid*). Dan sepertiga cairan berada di luar sel yang disebut cairan diluar sel / ekstraseluler (*extracellular fluid*).

Cairan ekstraseluler terdiri dari:

- Cairan interstitiel (cairan di sekitar sel tubuh), merupakan  $\frac{3}{4}$  cairan ekstraseluler
- Plasma darah (bagian cair dari darah),  $\frac{1}{4}$  cairan ekstra seluler.
- Cairan transseluler (seluruh cairan tubuh yang dipisahkan dari cairan ekstraseluler oleh lapisan sel epitel yang mencakup cairan serebrospinal, cairan sinovial, cairan serosa (cairan pleural, pericardial dan peritoneal), cairan bola mata (aqueous humor), perilymph, endolymph.

Saat kehamilan, volume plasma mulai berkembang sekitar minggu keenam kehamilan dan terus meningkat sampai minggu 28-30, sampai tingkat kenaikan berkurang atau stabil, biasanya total peningkatan sekitar 1250 mL pada. Ekspansi volume plasma bervariasi pada kehamilan normal, meningkat sekitar 25 - 50% pada awal kehamilan, dan berkorelasi positif antara berat badan sebelum ibu hamil dengan berat lahir bayi dan kehamilan multipel.<sup>10</sup>

Massa sel darah merah dapat menurun sedikit selama trimester pertama dan kemudian mulai meningkat hingga kehamilan matur, total masa sel berjumlah sekitar 180 mL pada wanita yang tidak mengonsumsi suplemen besi, dan 350 mL pada wanita yang mengonsumsi suplemen besi. Pada wanita hamil peningkatan masa sel terjadi sebesar 18-30% dibandingkan wanita yang tidak hamil. Ekspansi sel darah merah juga berkorelasi positif dengan berat badan lahir janin dan kelahiran kembar.<sup>10</sup>

### 5.3.2 Termoregulasi tubuh manusia

Kelangsungan makhluk hidup sangat tergantung pada kemampuan mereka untuk mempertahankan suhu tubuh yang stabil terlepas dari suhu lingkungan sekitarnya. Kemampuan menjaga suhu tubuh disebut termoregulasi. Dalam mempertahankan suhu tubuh yang konstan (37°C) maka tubuh menyeimbangkan jumlah panas yang dihasilkan dikurangi panas yang hilang. Jumlah panas yang dihasilkan ditentukan oleh metabolisme energi. Perbedaan suhu sepanjang hari dikontrol oleh hipotalamus. Suhu tubuh harian seseorang memiliki suhu terendah saat seseorang sedang tidur. Pada saat istirahat, sekitar 56% dari total produksi panas

terjadi pada organ internal dan sekitar 18% pada otot dan kulit. Selama latihan fisik dapat meningkatkan produksi panas beberapa kali lipat dan persentase panas yang dihasilkan oleh kerja otot meningkat hingga 90%.

Reseptor suhu ditemukan di kulit, pembuluh darah besar, organ-organ dalam perut dan hipotalamus. Sedangkan yang di kulit memberikan sensasi dingin. Reseptor suhu hipotalamus merupakan hal yang paling penting. Suhu inti tubuh biasanya sekitar  $0,7-1,0^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dari suhu ketiak atau suhu oral. Contoh termoregulasi yaitu:

- Otot-otot skeletal dapat menggigil untuk menghasilkan panas jika suhu tubuh terlalu rendah.
- Thermogenesis yang tidak menunjukkan menggigil melibatkan dekomposisi lemak untuk menghasilkan panas.
- Berkeringat mendinginkan tubuh merupakan evaporasi.
- Bayi yang baru lahir memiliki jaringan yang dikenal dengan lemak coklat, yang dapat menghasilkan panas tambahan.

### 5.3.3 Perpindahan panas, evaporasi, radiasi, konduksi dan konveksi

Panas yang dihasilkan dalam tubuh diserap oleh aliran darah, kemudian disampaikan ke permukaan tubuh. Agar aliran panas internal ini dapat terjadi, suhu permukaan tubuh harus lebih rendah dari suhu dalam tubuh. Panas dapat hilang oleh proses radiasi, konveksi, konduksi dan evaporasi.<sup>11</sup> Besar kehilangan panas tergantung pada gradien antara tubuh dan kondisi luar. Dengan demikian, ketika suhu luar rendah, radiasi merupakan proses kehilangan panas yang tepat. Namun ketika suhu luar tinggi, evaporasi merupakan proses kehilangan panas yang tepat. Keseimbangan antara panas yang dihasilkan dan panas yang hilang dapat mempertahankan suhu tubuh yang konstan.

Ketika suhu tubuh turun karena dingin dari lingkungan luar, terdapat komponen penting sebagai perlindungan yaitu vasokonstriksi dari kulit dan pembuluh darah. Saat penurunan suhu dari permukaan, terdapat lapisan penyekat (seperti lapisan sel lemak) antara suhu inti dengan lingkungan luar. Demikian juga jika suhu naik, aliran darah ke kulit meningkat, yang akan memaksimalkan kemungkinan kehilangan panas oleh radiasi dan evaporasi.

Suhu tubuh wanita mengalami penurunan sebelum siklus ovulasi dan suhu naik sekitar  $1^{\circ}$  C pada saat siklus ovulasi, sebagian besar disebabkan karena peningkatan hormon progesteron mencapai set point. Peningkatan mencapai set point juga terjadi pada hormon tiroid dan hormon pirogen.

a. Radiasi

Jumlah panas yang hilang karena radiasi dari kulit ditentukan oleh suhu radiator. Radiasi panas dari permukaan tubuh ke objek atau individu terjadi ketika objek atau individu lebih dingin dari kulit, dan radiasi ke tubuh dari objek (matahari) dimana objek memiliki suhu lebih hangat daripada kulit. Radiasi panas tidak memerlukan perantara, dan tidak dipengaruhi oleh suhu udara.

b. Konduksi dan konveksi

Proses ini memindahkan panas dari kulit ke udara dingin atau benda dingin (misalnya duduk di atas batu), adanya kontak dengan tubuh, hal ini disebut konduksi. Jumlah panas yang hilang karena konduksi ke udara sangat meningkat ketika udara hangat bergerak menjauh dari tubuh dengan konveksi alami (udara panas naik) atau konveksi paksa (angin).

c. Evaporasi

Penguapan adalah upaya tubuh untuk menurunkan suhu dengan panas tambahan. Air yang hilang oleh penguapan mencapai ke permukaan kulit melalui difusi dan oleh kelenjar keringat. Pada suhu di atas  $36^{\circ}\text{C}$  atau lebih, kehilangan panas terjadi hanya melalui penguapan. Pada suhu lingkungan yang lebih tinggi, panas diserap dengan radiasi dan konduksi / konveksi. Udara di sekitar harus relatif kering agar kehilangan panas oleh evaporasi dapat terjadi. Udara yang lembab menghambat penguapan.

## Reference

1. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 10th, editor. Philadelphia: Elsevier; 2000.
2. Novel SS, Apriyani RK, Setiadi H, Safitri R. Biomedik. Pertama, editor. Jakarta: CV. Trans Info Media; 2012.
3. Robet Burn, Cave D. Rapid review histology and Cell Biology. edition S, editor. United States of America: Mosby Elsevier; 2007.
4. Fawcett, Wayne d. Bloom and Fawcett. A textbook of Histology. edition E, editor. United States of America: Saunders Company; 1986.
5. Chard T. Basic sciences for obstetrics and gynaecology. England: Springer; 1983.
6. Setiawan I, editor. Jawetz, Jawetz & Adelberg. Mikrobiologi Kedokteran. Jakarta: EGC; 1996.
7. Shahib N. Biologi Molekuler Medik. Pertama, editor. Bandung: PT. Alumni; 2012.

8. *Stone CL*. The Basic of Biology United States of America: **Greenwood Press**; 2004.
9. Channel BH. Genes and Genetics 2016. Available from: [www.betterhealth.vic.gov.au](http://www.betterhealth.vic.gov.au).
10. Gronowski AM. Handbook of Clinical Laboratory Testing During Pregnancy. Totowa, New Jersey 2004.
11. Silbernagl S, Despopoulos A. Color Atlas of Physiology. Ludwigsburg, German: Thieme Publishing Group; 2009.