BIOLOGI DASAR MANUSIA

Penulis	:	dr. Marliana Nurprilinda, Sp.PA., M.H. | Rita Maliza, S.Si., M.Si., Ph.D. | dr. Alief Dhuha, Ph.D. | dr. Melya Susanti, M.Biomed. | Ni Nyoman Murti, M.Pd. | dr. Reyhan Julio Azwan, S.Ked. | Aldina Ayunda Insani, S.Keb., Bd., M.Keb. | Imelda Fitri, S.ST., M.Keb. | dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D. | Ni Putu Senshi Septiasari, S.Si., M.Si. | Tria Prasetya Hadi, S.Kep., Ns., M.Kep.
Editor	:	Dr. Nurhayu Malik, S.Si., M.Sc. dr. Mutia Lailani, M.Sc.
Desain Sampul	:	Eri Setiawan
Tata Letak	:	Amini Nur Ihwati
ISBN	:	978-623-120-742-5
Diterbitkan oleh	:	**EUREKA MEDIA AKSARA, MEI 2024** **ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH** **NO. 225/JTE/2021**

Redaksi:
Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

BAB 1 KONSEP DASAR ANATOMI TUBUH DAN STRUKTUR FUNGSI SEL

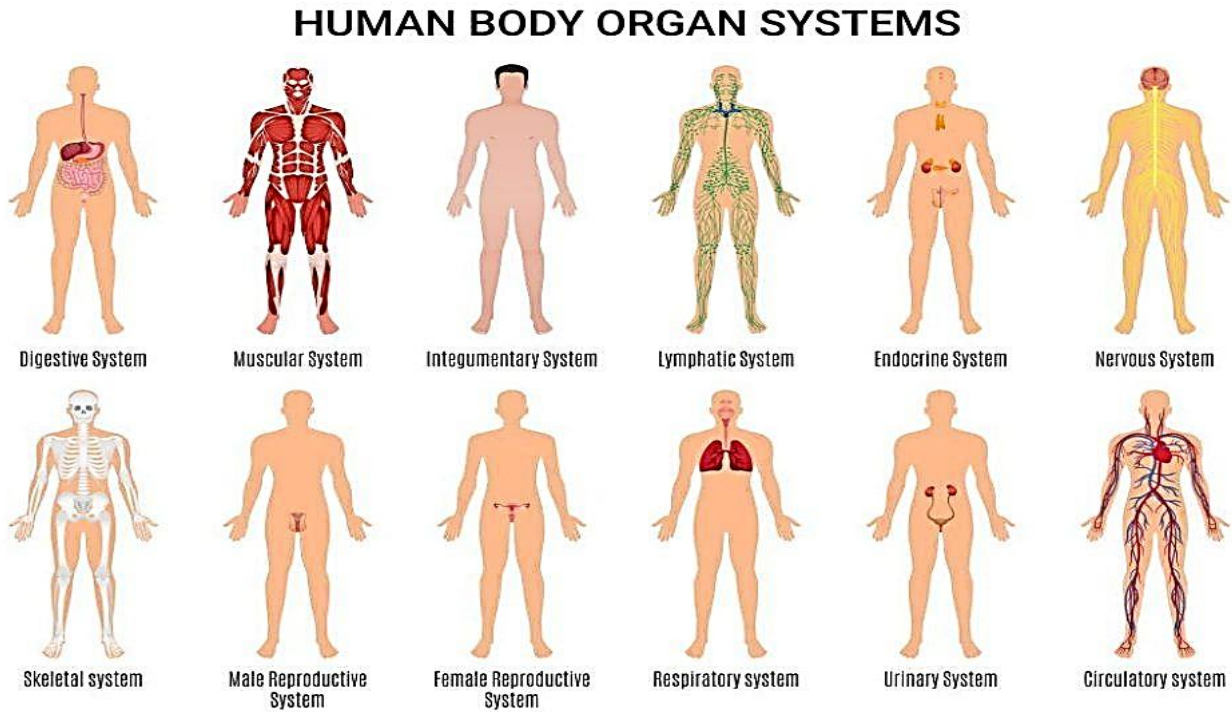
dr. Marliana Nurprilinda, Sp.PA., M.H.

A. Konsep Dasar Anatomi Tubuh

Kata anatomi berasal dari bahasa Yunani (Greek) yang secara makna harfiah diartikan sebagai "membuka suatu potongan". Anatomi adalah suatu ilmu yang mempelajari bagian dalam (internal) dan luar (external) dari struktur tubuh manusia dan hubungan fisiknya dengan bagian tubuh lainnya. Anatomi secara harfiah juga diterjemahkan pada Bahasa Latin, dari susunan kata "Ana" adalah bagian atau memisahkan, dan "Tomi" adalah irisan atau potongan. Sehingga anatomi dapat juga dimaknai sebagai ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh baik secara keseluruhan maupun bagian-bagian serta hubungan alat tubuh yang satu dengan lainnya. Dari sudut medis, anatomi terdiri dari berbagai pengetahuan tentang bentuk, letak, ukuran, dan hubungan berbagai struktur dari tubuh manusia sehat sehingga sering disebut sebagai anatomi deskriptif atau topografis (Anderson, 1999).

Tubuh manusia memiliki cara yang unik untuk mempertahankan kondisi stabilnya. Berbagai perubahan yang terjadi pada lingkungan internal dan eksternal tubuh dapat mempengaruhi kondisi homeostasis. Gangguan terhadap kondisi homeostatis dapat mempengaruhi semua sistem organ. Berdasarkan aspek yang dipelajari, anatomi terbagi atas 2 bagian:

1. Anatomi Mikroskopik adalah mempelajari suatu struktur yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang. Bentuk pemeriksaan mikroskopis adalah pemeriksaan sitologi dan histologi. Sitologi mempelajari suatu sel secara individual sedangkan histologi mempelajari jaringan (Junqeira, 1980).
2. Anatomi Makroskopik adalah mempelajari suatu struktur yang besar dan bisa dilihat dengan mata telanjang, antara lain yaitu anatomi permukaan (ciri-ciri permukaanya), anatomi regional (fokus pada area tertentu), anatomi sistemik (mempelajari organ secara sistem pencernaan, sistem reproduksi, sistem kardiovaskular, dll), serta anatomi perkembangan (mempelajari perubahan tubuh dari sudut pandang struktur). Anatomi secara sistemik, yaitu mempelajari konsep anatomi mengikuti pendekatan sistem tubuh, dengan harapan lebih memudahkan untuk mempelajari, mengidentifikasi, menunjukkan dan menerapkan anatomi dalam konteks sistemik tubuh diintegrasikan dalam ruang lingkup biologi. Anatomi regional yaitu anatomi dipelajari berdasarkan organ pada regio/bagian daerah tertentu (Sherwood, 2001).

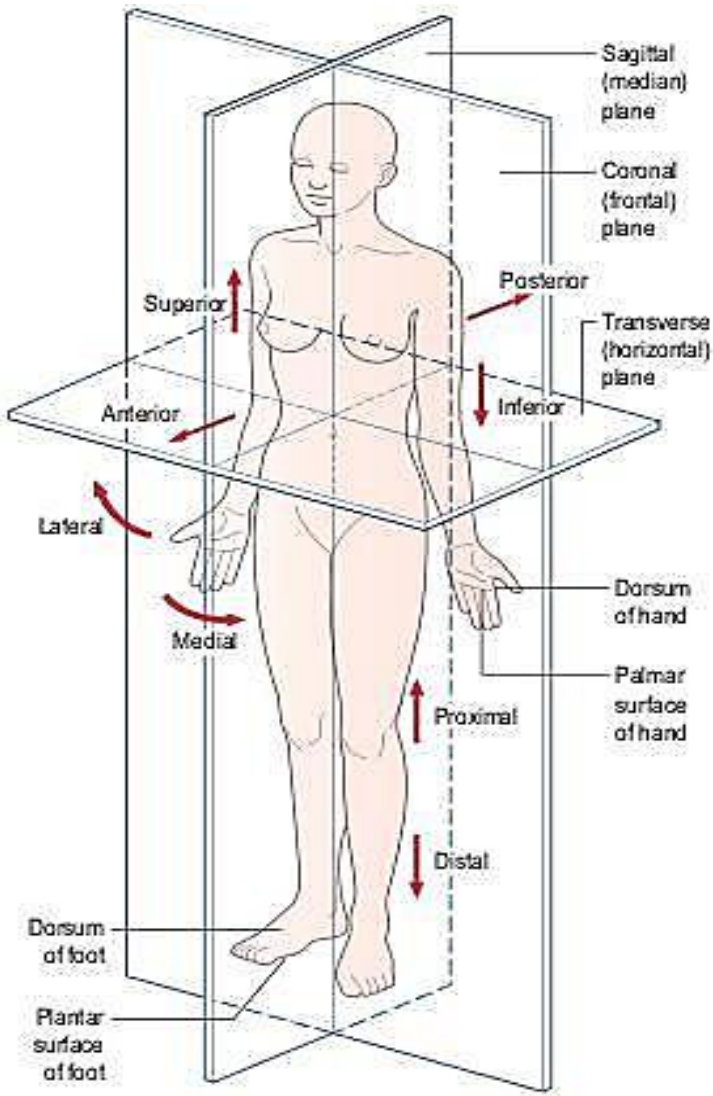


Gambar 1. 1. Anatomi Sistem Organ Tubuh Manusia (Brum, 1994)

1. Istilah dan Posisi Anatomi

Untuk memudahkan mempelajari anatomi dalam rangka mencapai keseragaman deskripsi, telah ditetapkan suatu posisi anatomi yaitu tubuh dalam posisi tegak, menghadap ke depan, kepala tegak lurus, dengan lengan di sisi dan kedua tangan berada di samping dengan ibu jari berada di samping atau luar. Untuk memudahkan dalam mendeskripsikan anatomi, maka juga ditetapkan garis dan bidang khayal *(imajiner)* berikut ini (Graaff, 2010):

a. Garis tengah atau sagittal merupakan garis imajiner yang melintas secara vertikal menembus garis tengah tubuh dari bagian atas kepala sampai ke bawah, diantara kaki yang membagi sisi menjadi dua kanan dan kiri.
b. Pembelahan horizontal membagi tubuh menjadi bagian superior dan inferior.
c. Pembelahan sagital membagi tubuh menjadi bagian kanan dan kiri, sejajar dengan garis tengah.
d. Pembelahan koronal membagi tubuh menjadi bagian anterior dan posterior.

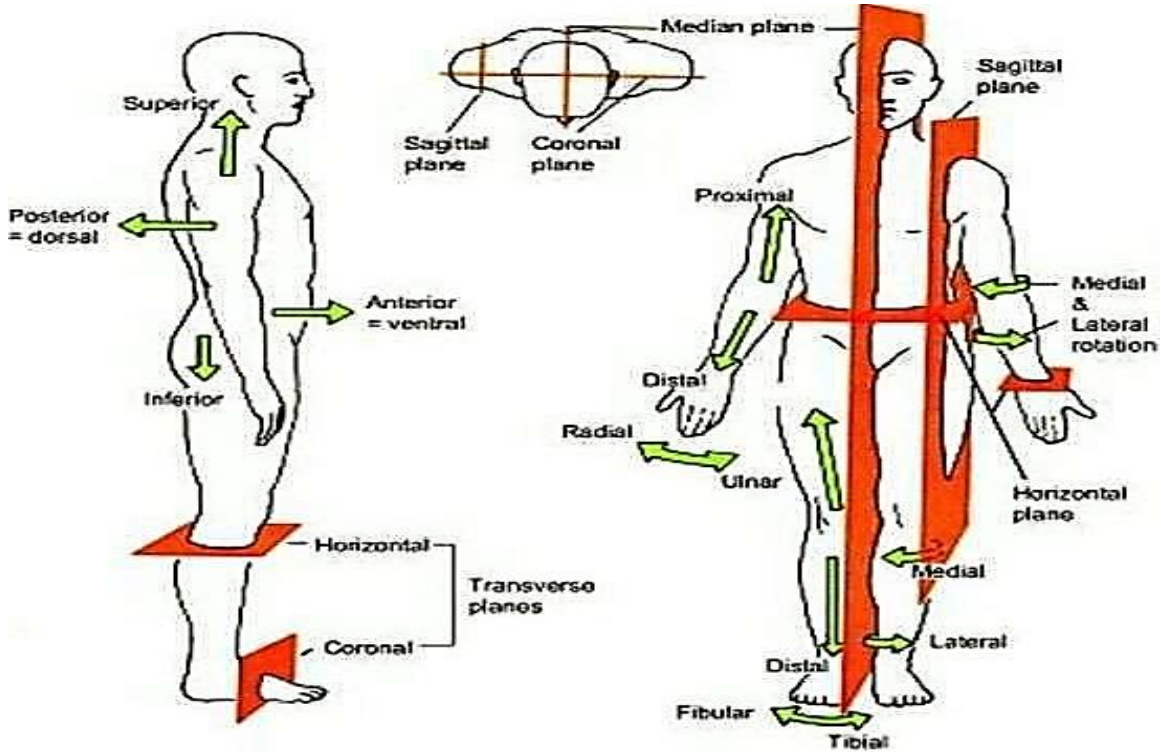


Gambar 1. 2. Ilustrasi Posisi Anatomi (Graaff, 2010)

Istilah anatomi berdasarkan posisi anatomi serta memperhatikan garis arah maupun bidang imajiner, antara lain sebagai berikut (Silvertho C., 2001):

a. Anterior : lebih dekat ke depan, contoh lambung terletak anterior terhadap limpa.
b. Medial : bagian tengah atau lebih dekat ke bidang median, contoh jari manis terletak medial terhadap jari jempol.
c. Superior : bagian atas, contoh mulut terletak superior terhadap dagu.
d. Dextra : bagian kanan
e. Ventral : bagian depan ruas tulang belakang
f. Internal : bagian dalam
g. Proximal : lebih dekat dengan pangkal tubuh atau mendekati batang tubuh, contohnya siku terletak proximal terhadap telapak tangan.
h. Parietal : lapisan luar
i. Superficial : dangkal atau lebih dekat ke atau di permukaan, contohnya otot kaki terletak superfisial dari tulangnya.
j. Horizontal : bidang datar
k. Transversal : potongan melintang
l. Posterior : lebih dekat ke belakang, contohnya jantung terletak posterior terhadap tulang rusuk.
m. Lateral : bagian samping, menjauhi bidang median, contohnya telinga terletak lateral terhadap mata.
n. Inferior : bagian bawah, contoh pusar terletak inferior terhadap payudara.
o. Sinistra : bagian kiri
p. Dorsal : bagian belakang ruas tulang belakang
q. External : bagian luar
r. Distal : ujung atau menjauhi batang tubuh, contoh pergelangan tangan terletak distal terhadap siku.
s. Perifer : bagian pinggir (tepi)
t. Visceral : lapisan dalam

u. Profunda : dalam atau lebih jauh dari permukaan, contoh tulang hasta dan pengumpil terletak lebih profunda dari otot lengan bawah.
v. Vertikal : bidang tegak
w. Longitudinal : potongan memanjang
x. Sentral : bagian tengah
y. Asenden : bagian naik
z. Desenden : bagian turun
aa. Cranial : bagian kepala
bb. Caudal : bagian ekor
cc. Palmar : ke arah palmaris manus (anggota gerak atas)
dd. Plantar : ke arah plantar pedis (anggota gerak bawah)
ee. Ulnar : ke arah ulnar (tulang hasta)
ff. Radial : ke arah radius (tulang pengumpil)
gg. Tibial : ke arah tibia (tulang kering)
hh. Fibular : kearah fibula (tulang betis).



Gambar 1. 3. Garis arah dan bidang-bidang imajiner (Silvertho C., 2001)

2. Arah Gerakan

Beberapa arah gerakan tubuh manusia sebagai berikut (Silvertho C., 2001):

a. Fleksi dan Ekstensi
   1) Fleksio : membengkokan, melipat sendi atau gerakan menekuk.
   2) Ekstensio : gerakan meluruskan kembali sendi, contoh gerakan ayunan lutut pada kegiatan gerak lain.

b. Adduksi dan Abduksi
   1) Adduksi : gerakan mendekati badan
   2) Abduktio : gerakan menjauhi badan

c. Rotasi dan Sirkumduksi
   1) Rotasio : gerakan memutar sendi
   2) Sirkumduksi : gerakan sirkuler atau pergerakan gabungan fleksi, ekstensi, adduksi dan abduksi, contoh gerakan abduksi (menjauhi tubuh). Bila kaki digerakkan kembali ke posisi siap merupakan gerakan adduksi (mendekati tubuh).

d. Elevasi dan Depresi
   1) Elevasi merupakan gerakan mengangkat, contoh membuka mulut.
   2) Depresi adalah gerakan menurun, contoh menutup mulut.

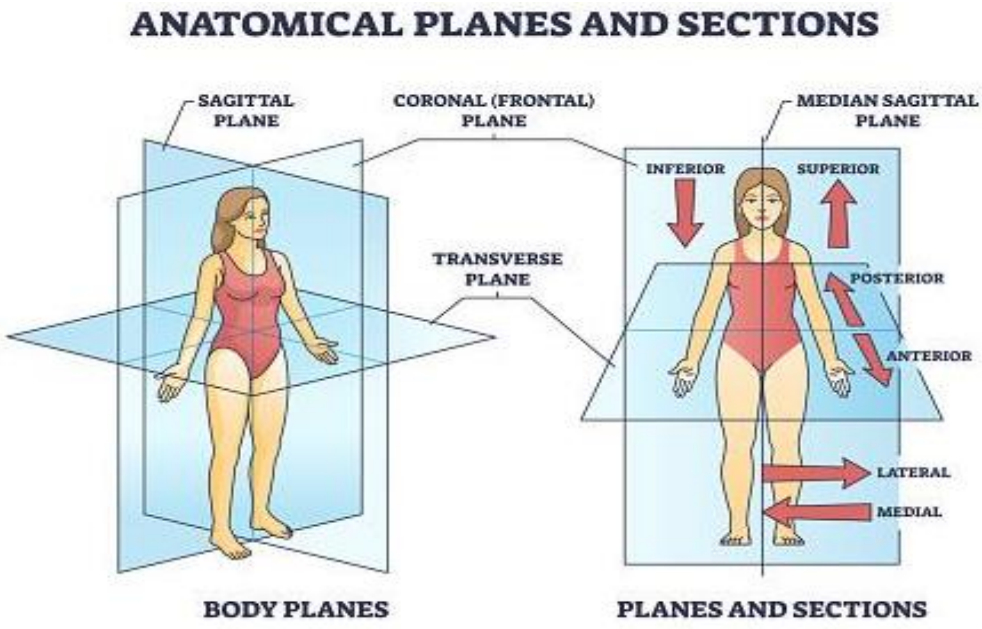
e. Inversi dan Eversi
   1) Inversi adalah gerakan memiringkan telapak kaki ke dalam tubuh.
   2) Eversi adalah gerakan memiringkan telapak kaki keluar.

f. Supinasi dan Pronasi
   1) Supinasi adalah gerakan menengadahkan tangan.
   2) Pronasi adalah gerakan menelungkupkan.

g. Endorotasi dan Eksorotasi
   1) Endorotasi adalah gerakan ke dalam pada sekeliling sumbu panjang tulang yang bersendi (rotasi).
   2) Eksorotasi adalah gerakan rotasi keluar.

h. Sumbu atau Aksis Gerakan
   1) Aksis Sagital adalah garis yang memotong bidang gerak sagital dengan bidang gerak transversal.
   2) Aksis Transversal adalah garis yang memotong bidang gerak frontal dengan bidang gerak transversal.
   3) Aksis Longitudinal adalah garis yang memotong bidang median dan frontal dab berjalan dari atas ke bawah.

i. Bidang Anatomi
   1) Bidang median yaitu bidang yang melalui aksis longitudinal dan aksis sagital dengan demikian dinamakan medio sagital.
   2) Bidang Sagital (bidang paramedian) yaitu setiap bidang yang sejajar dengan bidang medio sagital.
   3) Bidang Koronal atau Frontal yaitu setiap bidang yang mengandung aksis-aksis transversal dan sejajar dengan dahi dan tegak lurus dengan bidang sagital.
   4) Bidang Transversal yaitu letaknya tegak lurus dengan bidang-bidang sagital dan bidang koronal, pada posisi berdiri bidang horizontal.



Gambar 1. 4. Ilustrasi dan Bidang Anatomi Manusia (Silvertho C., 2001)

3. Istilah Anatomi atau Nomenklatur Anatomi yang lain

Terdapat beberapa istilah atau nomenklatur dalam anatomi, yang relevan serta penting untuk diketahui karena terkait dengan deskripsi anatomi secara lebih detail dan terkait pula dalam mendeskripsikan anatomi sistem organ (Sanders, 2007).

a. Istilah anatomi yang menyatakan bagian tubuh menonjol
   1) Processus : nama umum untuk taju (tonjolan)
   2) Spina : taju yang tajam (seperti duri)
   3) Tuber : benjolan bulat
   4) Tuberculum : benjolan bulat yang kecil
   5) Crista : gerigi, tepi
   6) Pecten : bagian pinggir yang menonjol
   7) Condyles : tonjolan bulat di ujung tulang
   8) Epicondylus : benjolan pada condyles
   9) Cornu : tanduk
   10) Linea : garis

b. Istilah anatomi yang menyatakan bagian tubuh lengkung
   1) Fossa : nama umum
   2) Fossula : fossa yang kecil
   3) Fovea : lengkungan dangkal, lesung
   4) Foveola : fovea yang kecil
   5) Sulcus : lekukan
   6) Incisura : takik

c. Istilah anatomi yang menyatakan lobang, saluran dan ruangan
   1) Foramen : lubang
   2) Fissura : celah
   3) Apertura : pintu
   4) Canalis : saluran
   5) Ductus : pembuluh
   6) Meatus : liang
   7) Cavum : rongga
   8) Cellula : ruang kecil

4. Rongga-Rongga Dalam Tubuh Manusia

Struktur tubuh manusia juga terdiri dari rongga-rongga atau suatu cavum (ruang). Terdapat beberapa rongga dalam struktur anatomi manusia, yaitu yang terdapat pada kepala dan badan (Sloane, 2012).

a. Rongga yang terdapat dalam kepala
   1) Rongga tengkorak (cavum cranialis), isinya meliputi otak besar (cerebrum), otak kecil (cerebellum) dan batang otak (brain stem).
   2) Rongga mata (cavum orbital), isinya yaitu bola mata (orbita).
   3) Rongga hidung (cavum nasi), isinya yaitu tempat lewatnya udara pernapasan.
   4) Rongga mulut (cavum oris), isinya yaitu lidah dan gigi.
   5) Rongga telinga tengah (cavum tympani), isinya berupa tulang-tulang pendengaran (maleus, incus, stapes).

b. Rongga yang terdapat pada badan
   1) Rongga dada (cavum thoracis), isinya meliputi paru-paru (pulmo), jantung (cardio), pembuluh darah aorta, pembuluh dara vena cava, arteri dan vena pulmonalis, trachea, bronchus, dan esophagus.
   2) Rongga perut (cavum abdomen), isinya meliputi lambung (gaster), usus halus (intestinum, duodenum, jejunum), usus besar (colon), kelenjar pankreas, limpa (lien), hati (hepar), dan ginjal (renal).
   3) Rongga panggul (cavum pelvis), isinya meliputi kandung kemih (vesika urinaria), rectum, pada laki-laki kelenjar prostat, perempuan terdapat Rahim (uterus), dan indung telur (ovarium).

B. Tingkatan Organisasi Dalam Tubuh Manusia

Tingkatan organisasi pada tubuh manusia berdasarkan kajian mikroskopik ke mikroskopik anatomi adalah sebagai berikut (Junqeira, 1980) :

1. Tingkat kimia atau molekul, dibentuk oleh atom yang merupakan unit sangat terkecil membentuk molekul-molekul dengan ukuran sangat kompleks. Contoh molekul kompleks protein.
2. Tingkat seluler, interaksi dari molekul-molekul yang membentuk organell tertentu yang akan membentuk sebuah sel.
3. Tingkat jaringan, kumpulan dari sel-sel tersebut akan membentuk suatu jaringan. Contoh jaringan otot.
4. Tingkat organ, merupakan kumpulan dari beberapa jaringan yang menyusun suatu organ. Contoh jantung.
5. Tingkat sistem organ, merupakan interaksi dari satu organ dengan organ lainnya sehingga menyusun sistem organ. Contoh sistem pencernaan.
6. Tingkat organisme, merupakan kesatuan seluruh sistem organ pada manusia yang akan mempertahankan kehidupan dan kesehatan.

C. Sel

Makhluk hidup tersusun atas unit terkecil yang mampu melakukan aktivitas seperti individu utuh. Unit terkecil inilah yang dikenal dengan istilah cella/cell/sel. Sel sebagai unit terkecil memiliki kemampuan untuk menanggapi rangsang, membutuhkan nutrisi, melakukan ekskresi, bereproduksi, metabolisme, bergerak dan akhirnya semua aktivitas yang dilakukan oleh makhluk hidup secara utuh. Sel dipelajari sebagai kajian khusus dalam bidang biologi sel untuk mengkaji lebih spesifik baik secara fisikokimia maupun interaksinya dengan lingkungannya. (Alberts B, 2008)

Biologi sains (*biological science*) memiliki ranah bahasan yang cukup luas mencakup struktur, fungsi, pengelompokan molekuler, pertumbuhan, reproduksi serta material genetik dari suatu jenis makhluk hidup. Sudah bukan rahasia lagi dan banyak hasil penemuan para ahli biologi tentang penyusun makhluk hidup yang kita kenal dengan istilah sel, bahasan spesifik mengenai sel lebih dikenal dengan istilah ***Cytology*** (Gr:

kytos = ruang kosong dari sel dan *logos* = ilmu) atau sekarang lebih dikenal dengan **biologi sel** (*cell biology*). Biologi sel dititik beratkan untuk mempelajari tentang struktur dan fungsi dari berbagai jenis sel sebagai unit terkecil penyusun makhluk hidup. Hasil dari studi dan riset beberapa ahli dalam bidang biologi sel digunakan untuk merumuskan sel secara umum dan mempermudah para pemula untuk memahami kajian dari setiap jenis dan fungsi spesifik dari sel. (P.S, 2015)

Mempelajari biologi sel tentu tidak bisa menghilangkan pokok penting dari unit morfologi dan fungsional sel itu sendiri. Tantangan terbesar mempelajari biologi sel adalah objek dalam kajian ini tidak bisa kita amati atau observasi dengan mata secara langsung, hal ini disebabkan sel memiliki ukuran yang sangat kecil (*microscopic*) mulai dari 100 mikrometer (µm) hingga 1 mikrometer (µm). Dengan ukuran sel yang *microscopic* tersebut, maka untuk mengamati morfologi dari sel dibutuhkan alat bantu atau instrumen, yakni mikroskop. Awal mula munculnya biologi sel sangat terkait dengan ditemukannya berbagai mikroskop hingga ditemukan pula bagian-bagian sel yang disebut organel sel serta fungsi dari masing-masing organel untuk bisa dipahami lebih mendalam. (Sazali, 2017). Sel dikatakan sebagai satu keutuhan yang komplit terbagi menjadi tiga karakteristik dasar: (Alberts B, 2008)

1. Memiliki satu set gen, merupakan cetak biru (informasi genetik) yang mengatur kegiatan metabolisme sel dan membentuk sel-sel baru (*cell cycle*). Setelah disepakati gen terdapat dalam kromosom dan kromosom tersusun DNA berupa asam nukleat. Karakteristik genetik sangat beragam, oleh karena itu informasi genetik harus hadir dalam berbagai macam informasi atau bentuk sifat yang tidak terbatas jumlahnya dan harus dapat menyimpan informasi biologi serta tidak mengalami kerusakan struktur dan fungsinya. Hal lain yang ditemui suatu sifat genetik dapat berubah, oleh karena itu bahan genetik harus mampu memunculkan variasi dengan cara mutasi dan produk yang akan dihasilkan berupa fenotipe dalam istilah ilmu genetika modern dikenal sebagai

"ekspresi gen". Sebagai contoh yang sering diulas dalam buku-buku biologi adalah siklus sel (*cell cycle*) yang ditandai dengan terjadinya pembelahan sel, bahan genetik berupa kromosom yang terdapat di dalam sel mengalami duplikasi selanjutnya sel melakukan pembelahan. Dengan demikian, bahan genetik juga harus dapat dibuat ulang dalam bentuk yang sama (replikasi) sehingga masing-masing sel yang mengalami pembelahan mendapatkan bahan genetik yang sama.

2. Memiliki membran plasma (membran sel), sebagai pembatas antara intraseluler dengan ekstraseluler dan memungkinkan terjadinya pertukaran selektif materi dan energi dari eksternal menuju internal sel dan sebaliknya. Membran plasma atau membran sel memegang peran penting dalam pertahanan dan pergerakan material dan energi. Dengan demikian, kemampuan selektif yang dimiliki oleh membran plasma ini menjadi jalur transportasi yang sangat penting dimiliki oleh setiap sel.
3. Sel memiliki kemampuan metabolisme sendiri (*self metabolic*) untuk mempertahankan dan keberlangsungan kehidupan (pertumbuhan, reproduksi dan perbaikan dari kerusakan).

Sebagai pengecualian teori sel adalah **"virus"**. Virus tidak mudah digolongkan ke dalam parameter dari sel sejati. Virus tidak memiliki membran plasma dan mesin metabolik untuk produksi energi, reproduksi, dan sintesis protein secara mandiri. Namun, seperti organisme seluler lainnya virus memiliki (1) material genetik dalam bentuk gabungan makro-molekul; (2) sebuah material genetik atau hereditas dalam bentuk DNA atau RNA; (3) kapasitas untuk melakukan reproduksi walau harus dengan *host* (inang); dan (4) kapasitas untuk mengalami perubahan substansi genetik (*mutation*). Oleh karena itu, virus hanya dapat melakukan reproduksi di dalam sel inang, baik sel hewan, tanaman, atau bakteri. Material genetik diinjeksikan ke dalam inang untuk keberlangsungan reproduksi. Namun, harus diperhatikan, tidak semua material genetik virus (DNA atau RNA) mampu melakukan *conjugation* (penafsiran) untuk

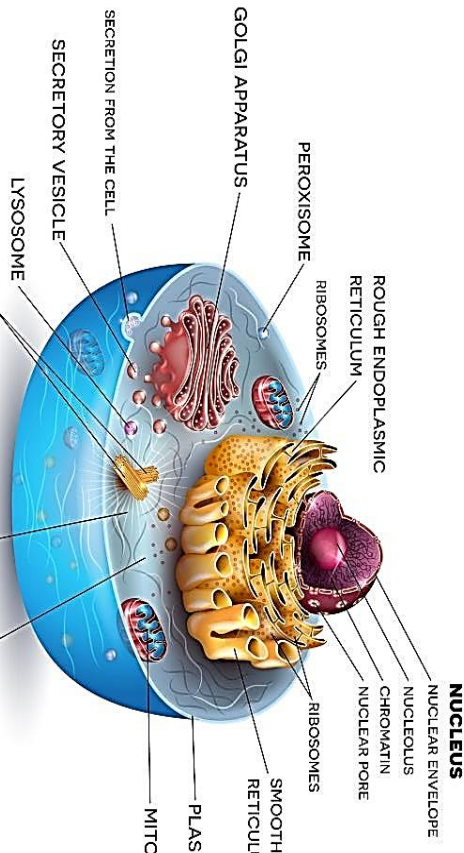
dipasangkan dengan semua jenis material genetik inang, sehingga terbentuk spesifikasi jenis virus dengan inang untuk proses reproduksi virus.

Dengan demikian, virus dapat didefinisikan sebagai partikel, sub-selular (hampir mendekati atau mirip dengan sel) dan *ultra-microscopic* yang merupakan parasit tingkat seluler obligat dan patogen potensial yang reproduksi (replikasi material genetik) terjadi dalam sel inang dan mampu melakukan transmisi infeksi yang menyebabkan reaksi karakteristik tertentu di dalam sel inang. Di luar sel inang, virus hanya seperti partikel atau benda tidak hidup (*non-living*) dan seperti garam atau gula, mereka dapat dimurnikan, dikristalkan dan ditempatkan ke dalam wadah botol di rak selama bertahun-tahun. Selanjutnya, ada beberapa jenis organisme tertentu, seperti protozoa, paramecium, jamur rhizopus dan alga keemasan yang tidak sesuai dengan lingkup teori sel. Semua organisme tersebut memiliki tubuh yang tersusun dari protoplasma yang tidak memiliki pengaturan seperti sel pada umumnya dan memiliki lebih dari satu inti. Sehingga beberapa ahli mempertanyakan, apakah sel masih dikatakan sebagai unit dasar dari struktur di dalam beberapa jenis bahasan di atas. (I, 2008)

D. Struktur dan Fungsi Normal Sel

Terdapat hampir 1,5 juta perbedaan secara karakter dan sifat antara masing-masing spesies yang sudah ditemukan dan diberikan nama dalam biosfer. Hal ini didasari dari kehadiran sejumlah protein sederhana yang merepresentasikan sebagian kecil dari jumlah total keseluruhan spesies yang ada di bumi. Perbedaan ini ditentukan oleh adanya rangkaian penentu yang memiliki keunikan tersendiri dalam memberikan sifat dan karakter pada suatu spesies, seperti contoh terlihat perbedaan yang sangat mencolok pada bunga mawar dengan gorilla, atau lebih dekat kita perhatikan antara jenis spesies yang sama terdapat perbedaan warna mata manusia, ada yang bermata biru, coklat atau hazel. Dari hasil studi panjang para pakar

biologi molekuler menemukan senyawa tertentu yang bertanggung jawab dalam meneruskan karakter dan sifat dari sel satu ke sel berikutnya atau dari generasi ke generasi yang dikenal dengan istilah "gen" yang terdapat di dalam sel. Lebih spesifik para pakar ilmu genetika mengkonfirmasi bahwa keberadaan protein di dalam sel sangat berhubungan dengan kemunculan genotip dan fenotip. (Cristina M. Cardoso, 1999)



Gambar 1. 5. Anatomi Sel (Cristina M. Cardoso, 1999)

1. Struktur Kimia Material Genetis (DNA dan RNA)

Sebagai material genetis, protein spesifik ini dikenal dengan DNA (*deoxyribonucleic acid*) and RNA (*ribonucleic acid*), prinsip dasar dari material genetik pada makhluk hidup adalah secara kimia tersusun atas asam nukleat (nucleic acids) dan molekul kompleks lainnya yang sebagian besar berupa protein dan sebagian berupa karbon, oksigen, hydrogen, nitrogen dan fosfor. Secara keseluruhan molekul kompleks tersebut akan membentuk urutan DNA (*DNA's sequence*) → asam amino → polipeptida (protein) → struktur organisme. (Sazali, 2017)

a. Struktur Biokimia DNA

Pada tahun 1950an DNA secara luas diterima sebagai material genetik (penentu sifat) seluruh makhluk hidup. Muncul pertanyaan mendasar "Seperti apakah struktur yang tepat untuk DNA, dan bagaimana bisa sebuah molekul yang hanya terdiri dari empat nukleotida yang berbeda menghasilkan keanekaragaman makhluk hidup yang sangat tinggi seperti kita saksikan sekarang ini?" (K, 2010).

Untuk menjawab pertanyaan di atas, para pakar Biologi Molekuler melakukan pemurnian DNA secara spesifik dengan mengekstrak dari berbagai jenis tumbuhan, hewan, bakteria dan virus. Hal ini bertujuan untuk menemukan makromolekul kompleks atau komposisi kimia polimer yang terkandung di dalam struktur yang lebih kecil (*monomer*) yang disebut dengan deoxyribo tidak atau deoxyribo- nukleotida. Setiap deoxyribonucleotides terdiri dari tiga gugus molekul:

1) molekul asam fosfat (secara biologi disebut fosfat); 2) gula pentosa atau disebut 2-deoksiribosa; dan 3) basa nukleotida "pirimidin dan purin". Empat jenis utama dari basa nitrogen ini telah ditemukan empat macam deoksiribonukleotida DNA: dua adalah heterosiklik dan dua cincin purin: adenin (A) dan guanin (G); dan satu cincin pirimidin: sitosin (C) dan timin (T).

Pada awal mula para pakar kimia berhipotesis bahwa DNA memiliki komposisi yang unik, yakni setiap unit DNA selalu terdiri dari empat basa nukleotida. Oleh karena itu, mereka memprediksikan DNA pada setiap spesies yang ada terdiri dari 25% setiap jenis basa nukleotida. Masing-masing nukleotida yang tersusun atas basa nitrogen dan deoxyribose disebut dengan deoxyribonucleusida. Keempat jenis dari deoxyronucleusida dan deoxyribonucleutida bisa ditunjukkan pada tabel 1.1 di bawah ini.

Keempat deoxyribonucleotida selain terdapat di dalam molekul DNA, ditemukan juga di dalam nukleoplasma dan sitoplasma, tetapi ditemukan dalam bentuk tripospat seperti halnya deoxy adenosin tripospat (dATP), deoxyguanosin tripospat (dGTP), deoxycytidin tripospat (dCTP) and tymidine tripospat (TTP). Secara significan deoxyribonucleotida ditemukan meningkat dalam bentuk tripospat yakni ketika terjadi replikasi DNA di dalam nucleus, enzim DNA polymerase bisa bereaksi hanya ketika deoxyribonucleotida dalam bentuk tripospat. (K, 2010)

Tabel 1. 1. Molekul DNA berupa empat basa nitrogen, nukleosida dan nukleotida

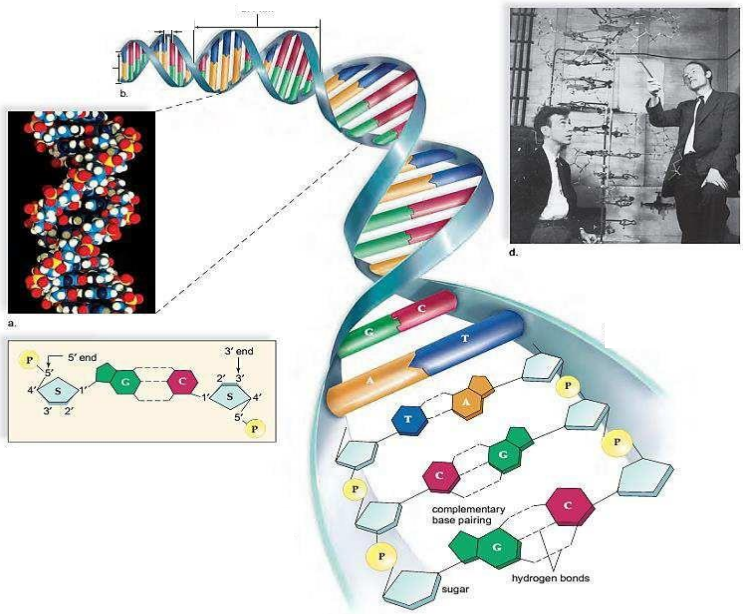
Basa nitrogen	**Basa + deoxiribosa= deoxyronuc-leusida**	**Deoxyronucleusida + asam pospat = deoxyribonucleotide**	**Singkatan nukleutia**
Adenin (A)	Deoxyadenosin	Asam deoxyadenylic (Deoxyadenosin monopospat)	dAMP
Guanin (G)	Deoxyguanosin	Asam deoxyguanylic (Deoxyduanosin monopospat)	dGMP
Cistosin (C)	Deoxycytidin	Asam deoxycytidylic (Deoxycytidin monipospat)	dCMP

Basa nitrogen	Basa + deoxiribosa= deoxyronuc-leusida	Deoxyronucleusida + asam pospat = deoxyribonucleotide	Singkatan nukleutia
Tymin (T)	Tymidin	Asam tymidilic (Tymidin monopospat)	TM

Watson dan Crick mengetahui bahwa DNA merupakan molekul nukleotida polimer, tetapi mereka tidak mengetahui bagaimana susunan molekul nukleotida di dalam DNA. Namun, mereka menyimpulkan bahwa DNA adalah heliks ganda (double-helix) dengan penyangga utama berupa gula-fosfat di bagian luar dan sepasang basa di bagian dalam. Susunan ini sesuai dengan pengukuran secara matematika melalui data foto difraksi X-ray milik Franklin dengan jarak antara pasangan basa (0,34 nm) dan untuk satu putaran penuh dari double-helix (3,4 nm) (Sazali, 2017).

Model yang diajukan oleh Watson dan Crick berupa dua untai DNA dari double-helix bersifat antiparalel, hal ini berarti bahwa kelompok gula-fosfat dari setiap untaian DNA yang berorientasi pada arah yang berlawanan. Oleh karena itu, ujung 5‟ dari satu untai dipasangkan dengan ujung 3‟ untai lainnya, dan sebaliknya. Model ini juga mendukung aturan yang diajukan Chargaff, yang mengatakan bahwa A=T dan G=C (A ikatan-hidrogen T, dan G ikatan-hidrogen C), hal ini disebut dengan pasangan basa komplementer yakni purin yang selalu berikatan dengan pirimidin. Susunan antiparalel dari dua untaian DNA memastikan bahwa basa nitrogen (purin dan pirimidin) saling berikatan sehingga mereka dapat berinteraksi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.6. (Watson, 1953)

Informasi yang tersimpan dalam DNA harus selalu dibaca dalam urutan yang benar. Masing-masing nukleotida memiliki gugus fosfat yang berada pada posisi 5' pada gula (gula-fosfat). Nukleotida bergabung bersama-sama dengan terhubung pada 5‟ fosfat dari satu nukleotida ke hidroksil bebas (ikatan gugus -OH) yang terletak di posisi 3' pada gula nukleotida sebelumnya.



Gambar 1. 6. Model Struktur DNA Watson dan Crick a. molekul DNA; b. molekul double-helix; c. dua molekul antiparallel; d. Watson dan Crick

b. Struktur Biokimia RNA

Beberapa virus tumbuhan seperti: TMV, *Tulip yellow mosaic viruses*, *wound tumor viruses* dan masih banyak yang lainnya, begitu juga virus hewan seperti virus influenza, foot and mouth viruses, rous sarcoma viruses, poliomyelitis virus, retrovirus, dan lain sebagainya serta beberapa jenis bacteriophage tersusun atas material genetik berupa ribonucleic acid (RNA). Seperti halnya pada DNA, RNA juga merupakan asam

nukleat polimerik berupa empat monomer ribo-nucleutida. (Jane B. Reece, 2011)

1) Komponen Penyusun RNA

Setiap ribonukleutida tersusun atas satu gula pentosa (D- ribose), satu molekul fosfat dan basa nukleutida. Basa nitrogen dari RNA berupa dua purin (adenine dan guanin) dan dua pirimidin (sitosin dan urasil). Empat basa berupa ribonukleusida dan ribonukleutida dari RNA ditabulasikan dalam tabel 1. 2.

Tabel 1. 2. Empat komponen molekul RNA

Basa	Ribonukleusida	Ribonukleutida	Singkatan
Adenin (A)	Adenosin	Asam denylic (Adenosin monophosphat)	AMP
Guanin (G)	Guanosin	Asam guanylic (Guanosin monophosphat)	GMP
Cytosin (C)	Cytidin	Asam cytidylic (Cytidin monophosphat)	CMP
Urasil (U)	Uridin	Asam uridylic (Uridin monophosphat)	UMP

Empat ribonukleutida penyusun RNA ini ditemukan secara bebas di dalam sitoplasma, akan tetapi bila ditemukan dalam bentuk tripospat pada ribonukleusida seperti adenosin tripospat (ATP) dan uridin tripospat (UTP).

2) Struktur Molekul RNA

Molekul RNA ditemukan dalam berbagai sel atau virus dalam bentuk untaian tunggal (*single strand*) atau untaian ganda (double strand) namun tidak dalam bentuk helix seperti halnya molekul DNA. Molekul RNA dalam untaian tunggal sebagai materi genetik pada virus tumbuhan (TMV, TYM), virus hewan (virus influenza, foot and mouth viruses, rous sarcoma viruses, poliomyelitis viruses) dan bacteriophage (MS2). Molekul RNA berupa non-genetik kecuali tRNA pada sel prokaryotik dan eukaryotik juga ditemukan dalam bentuk molekul

RNA untaian tunggal. Untaian ganda dari molekul RNA berperan sebagai material genetik ditemukan pada virus tumbuhan seperti reoviruses. Transfer atau soluble RNA (tRNA atau sRNA) berperan sebagai RNA non-genetik pada sel prokaryotik dan eukaryotik berupa untaian ganda namun struktunya non-helical.

Setiap untaian RNA merupakan polinukleutida, yakni terdiri dari banyak ribonukleutida. pada untaian polinukleutida RNA, ribose dan asam pospat pada nukleutida dihubungkan oleh ikatan pospodiaster. Organisme yang hanya memiliki RNA maka RNA tersebut berperan sebagai material genetik, sedangkan organisme yang memiliki DNA bersama dengan RNA, organisme tersebut meng- gunakan RNA sebagai pembawa pesan yang terdapat di dalam DNA dan sehingga pada dasarnya RNA tersebut tidak berperan sebagai pembawa genetik, maka disebut dengan RNA non-genetik. RNA non-genetik ditemukan beragam di dalam sel dan termasuk tiga jenis RNA secara umum: *ribosomal RNA* (rRNA), *transfer RNA* (tRNA) dan *messenger RNA* (mRNA). Masing-masing jenis RNA non-genetik berdiri sendiri dari DNA saat terjadi proses replikasi, oleh karena itu RNA ini tidak melakukan self-replikasi seperti DNA. (C., 1953)

Tabel 1. 3. Perbedaan struktur dan komponen penyusun DNA dan RNA

Struktur dan Penyusun	DNA	RNA
Gula	Deoksiribosa	Ribosa
Basa	Adenin, Guanin, Timin dan Cytosin	Adenin, Guanin, Urasil dan Cytosin
Untaian	Untaian ganda dengan pasangan basa	Untaian tunggal
Helix	Ya	Tidak

Secara kimia komponen penyusun RNA sangat erat kaitannya dengan komponen DNA, akan tetapi model struktur terlihat berbeda pada kedua material genetik tersebut (DNA berupa untaian ganda sedangkan RNA berupa untaian tunggal basa nukleutida).

Komposisi dan Struktur Kimia RNA

Ribonucleic Acid (RNA) merupakan komponen polimer berupa untaian tunggal (*single strand*) yang tidak membentuk helix (berpilin). Komponen kimiawinya berupa unit-unit ribonukleutida dan tersusun juga atas asam fosfat, gula ribosa dan basa nitrogen berupa purin (**adenin** dan **guanin**) dan pirimidin (**citosin** dan **urasil**). Berat molekul berbagai molekul RNA berkisar 25.000 atau lebih dari satu juta di dalam sel. komposisi dasarnya tidak mengikuti komposisi pada DNA, walaupun secara umum proporsi basa nukleutidanya terdiri dari A+C = G+U.

Selanjutnya ada beberapa molekul RNA tersusun dengan proporsi yang berbeda secara signifikan pada umumnya dari beberapa basa metiletil dan nukleusida tidak pada biasanya yang dikenal sebagai pseudouridine (ψU), hal ini diakibatkan oleh ikatan glikosidik teraso- siasi dengan posisi 5‟ dari urasil daripada posisi 3‟.

Seperti yang disebutkan di atas, RNA memiliki struktur yang berbeda dengan DNA. Berdasarkan komposisi penyusun RNA tidak memiliki dua untaian pospodiaster yang membentuk helix seperti pada DNA sehingga RNA hanya berupa untaian tunggal yang membawa pesan-pesan genetik spesifik untuk diekspresikan menjadi jenis protein tertentu. Alur dari proses pembentukan protein yang berasal dari DNA dikenal dengan istilah **sentral dogma biologi molekular.** (Lodish H, 2000)

Biologi molekular merupakan ranah bahasan yang difokuskan pada proses metabolit dan pewarisan material genetis dari satu sel indukan ke sel anakan. Sentral dogma biologi molekular menjadi landasan pemahaman dalam pembentukan protein spesifik berupa pesan yang dibawa dari DNA oleh mRNA, proses ini berlangsung dalam tahapan 1) persiapan DNA cetakan; 2) transkripsi; 3) translasi; dan 4) terbentuk protein spesifik.

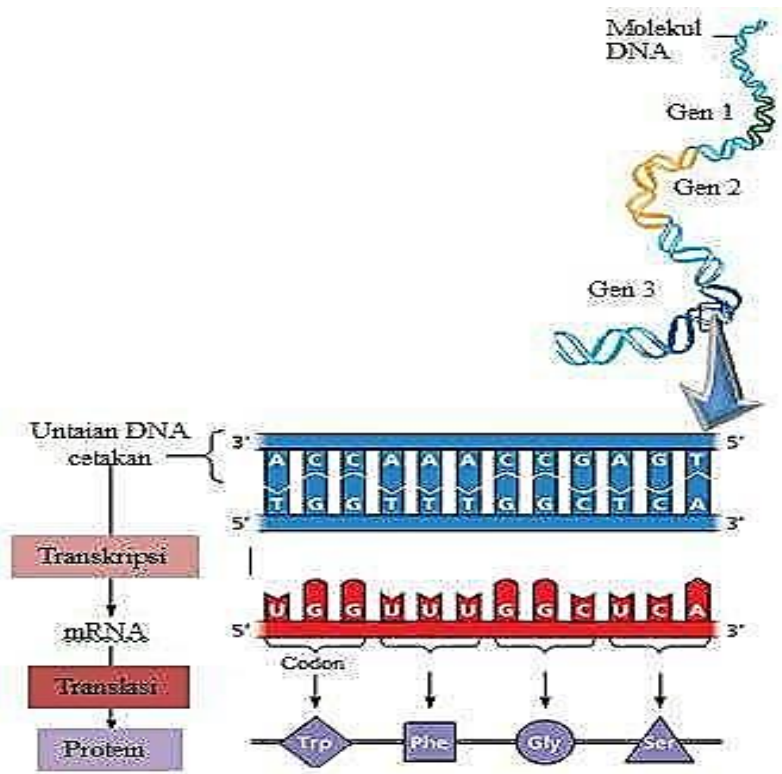
Sentral dogma dalam biologi molekular menjadi landasan pemahaman dalam pembentukan protein spesifik dari pesan yang dibawa oleh RNA. Bahasan ini akan menjadi poin penting dalam mengkaji proses terbentuknya pemahaman secara utuh untuk menggambarkan proses yang dilalui oleh material genetik yang membawa pesan untuk diwariskan dari satu sel ke sel berikutnya atau dari satu generasi ke generasi.

2. Semua sel menggunakan protein sebagai katalis

Molekul protein, seperti molekul DNA dan RNA, adalah rantai polimer panjang tidak bercabang, dibentuk dengan merangkai blok-blok penyusun monomer yang diambil dari repertoar standar yang sama untuk semua sel hidup. Seperti DNA dan RNA, protein membawa informasi dalam bentuk rangkaian simbol linier, sama seperti pesan manusia yang ditulis dalam aksara alfabet. Ada banyak molekul protein berbeda di setiap sel, dan—kecuali air—mereka membentuk sebagian besar massa sel. (Robert J. Brooker, 2011)

Monomer protein, yaitu **asam amino**, sangat berbeda dari DNA dan RNA, dan ada 20 jenis, bukan 4. Setiap asam amino terbentuk struktur inti yang sama yang melaluinya dapat dihubungkan dengan cara standar ke mana pun asam amino lain di set; melekat pada inti ini adalah kelompok sampingan yang memberi masing-masing asam amino

karakter kimia yang khas. Masing-masing molekul protein merupakan **polipeptida**, dibuat dengan menggabungkan asam aminonya dalam urutan tertentu. Melalui miliaran tahun evolusi, urutan ini telah dipilih untuk menghasilkan protein dengan fungsi yang berguna. Jadi, dengan cara melipat menjadi bentuk tiga dimensi yang presisi dengan reaktif situs di permukaannya, polimer asam amino ini dapat berikatan dengan spesifisitas tinggi terhadap molekul lain dan dapat bertindak sebagai **enzim** untuk mengkatalisis reaksi yang membuat atau memutus ikatan kovalen. Dengan cara ini mereka mengarahkan sebagian besar proses kimia di dalam sel.



Gambar 1. 7. Sentral dogma biologi molekular, material genetik dari DNA berperan sebagai cetakan untuk menghasilkan mRNA yang membawa pesan spesifik untuk sintesis protein (Lodish H, 2000)

Protein juga memiliki banyak fungsi lain—mempertahankan struktur, menghasilkan gerakan, penginderaan sinyal, dan sebagainya—setiap molekul protein melakukan fungsi tertentu berfungsi sesuai dengan urutan asam amino yang ditentukan secara genetis. Protein, di atas segalanya, adalah molekul utama yang menyimpan informasi genetik sel tindakan. Jadi, polinukleotida menentukan urutan asam amino protein. Protein, pada gilirannya, mengkatalisis banyak reaksi kimia, termasuk reaksi yang menghasilkan molekul DNA baru yang tersintesis. Dari sudut pandang yang paling mendasar, sel hidup adalah kumpulan katalis yang mereplikasi diri sendiri yang menyerap makanan dan memproses makanan tersebut untuk mendapatkan bahan penyusun dan energi yang dibutuhkan untuk membuat lebih banyak katalis, dan membuang sisa bahan sebagai sampah. Putaran umpan balik itu menghubungkan protein dan polinukleotida yang membentuk dasar perilaku organisme hidup yang autokatalitik dan bereproduksi sendiri.

3. **Semua sel menerjemahkan RnA menjadi Protein dengan cara yang sama**

Bagaimana informasi dalam DNA menentukan produksi protein merupakan misteri pada tahun 1950an ketika struktur untai ganda DNA pertama kali terungkap sebagai dasar keturunan. Namun pada tahun-tahun berikutnya, para ilmuwan telah menemukan mekanisme elegan yang terlibat. Terjemahan informasi genetik dari pengubahan alfabet polinukleotida 4 huruf menjadi alfabet protein 20 huruf adalah proses yang kompleks. Aturan terjemahan ini dalam beberapa hal tampak rapi dan rasional namun dalam hal lain anehnya sewenang-wenang, mengingat bahwa mereka (dengan sedikit pengecualian) identik pada semua makhluk hidup. Ciri-ciri yang berubah-ubah ini, diperkirakan, mencerminkan kejadian-kejadian yang membeku dalam sejarah awal kehidupan. Mereka

berasal dari sifat-sifat kebetulan dari organisme paling awal yang telah diwariskan disebabkan oleh faktor keturunan dan telah tertanam begitu dalam dalam susunan semua sel hidup sehingga tidak dapat diubah tanpa dampak yang membahayakan. (Alberts B, 2008)

Ternyata informasi tersebut ada pada urutan molekul RNA pembawa pesan dibacakan dalam kelompok yang terdiri dari tiga nukleotida sekaligus: setiap triplet nukleotida, atau *kodon*, menentukan (mengkode) satu asam amino dalam protein yang sesuai. Sejak banyaknya kembar tiga berbeda yang dapat terbentuk dari empat nukleotida adalah 4^3, ada 64 kemungkinan kodon, semuanya terjadi di alam. Namun, hanya ada 20 asam amino alami. Artinya, pasti ada banyak kasus di mana beberapa kodon berhubungan dengan asam amino yang sama. *Kode genetik* ini dibaca oleh sekelompok khusus molekul RNA kecil, yaitu *transfer RNA* (*tRNA*). Setiap jenis tRNA terikat pada salah satu ujungnya pada asam amino tertentu, dan menampilkan di ujung lainnya urutan spesifik tiga nukleotida—an*antikodon*— yang memungkinkannya mengenali, melalui pasangan basa, kodon atau subset tertentu kodon dalam mRNA. Sifat kimia rumit yang memungkinkan tRNA ini meniterjemahkan urutan spesifik nukleotida A, C, G, dan U dalam molekul mRNA menjadi urutan asam amino tertentu dalam molekul protein terjadi pada *ribosom*, suatu mesin multimolekul besar yang terdiri dari protein dan*RNA ribosom*.

4. Setiap protein dikodekan oleh gen tertentu

Molekul DNA biasanya berukuran sangat besar, berisi ribuan spesifikasi protein. Urutan khusus dalam DNA berfungsi sebagai tanda baca, yang menentukan di mana informasi untuk setiap protein dimulai dan diakhiri. Dan segmen individu dari rangkaian DNA panjang ditranskripsi menjadi molekul mRNA terpisah, mengkode protein yang berbeda. Setiap segmen DNA mewakili satu **gen**.

Komplikasinya adalah molekul RNA yang ditranskripsi dari segmen DNA yang sama sering kali dapat mengalami hal ini. Diolah dengan lebih dari satu cara, sehingga memunculkan sekumpulan versi alternatif dari suatu protein, terutama pada sel yang lebih kompleks seperti pada tumbuhan dan hewan. Selain itu, beberapa segmen DNA—jumlah yang lebih kecil—ditranskripsi menjadi molekul RNA yang tidak diterjemahkan tetapi memiliki fungsi katalitik, regulasi, atau struktural; segmen DNA seperti itu juga dihitung sebagai gen. Oleh karena itu, gen didefinisikan sebagai segmen urutan DNA sesuai dengan satu protein atau serangkaian varian protein alternatif atau dengan satu molekul RNA katalitik, pengatur, atau struktural.

Di semua sel, *ekspresi m*asing-masing gen diatur: alih-alih memproduksi seluruh rangkaian protein yang mungkin ada dengan kecepatan penuh sepanjang waktu, sel menyesuaikan laju transkripsi dan translasi gen-gen yang berbeda secara mandiri, sesuai kebutuhan. Peregangan dari *DNA pengatur* diselingi di antara segmen yang mengkode protein, dan daerah nonkode ini berikatan dengan molekul protein khusus yang mengontrol laju transkripsi lokal. Kuantitas dan organisasi DNA pengatur sangat bervariasi dari satu kelas organisme ke kelas organisme lainnya, namun strategi dasarnya bersifat universal. Dengan cara ini, genomsel—yakni totalitas informasi genetik yang terkandung dalam rangkaian DNA lengkap—tidak hanya menentukan sifat protein sel, namun juga kapan dan di mana protein tersebut akan dibuat. (Alberts B, 2008)

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal V.K dan Verma P.S, 2015. ***Cell Biology, Genetics, Molecular Biology, Evolution and Ecology***. S. Chand & Company LTD.

Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Robets K, dan Walter P, 2008. ***Molekular Biology of The Cell 6th Edition***. New York: Library of Congress Cataloging-Publication Data.

Anderson, P.D. (1999). ***Anatomi fisiologi tubuh manusia***. Jones and Barret publisher Boston, Edisi Bahasa Indonesia EGC : Jakarta.

Bambang I. 2008. ***Genetika Molekular.*** Surabaya: Airlangga University Press.

Brum, Gil et.al,. 1994. ***Biology: Exploring Life***, (United States of America: John Wiley& Sons Inc.

Cristina M. Cardoso, Anje Sporbert dan Heinrich Leonhardt. (1999) ***Structure and Function in the Nucleus: Subnuclear Trafficking of DNA Replication Factors.*** Journal of Cellular Biochemistry Supplements. 32:15–23.

Gerald K, 2010. ***Cell and Molekular Biologi Concepts and Experiment.*** USA: John Wiley & Sons, Inc.

Jane B. Reece, Lisa A. Urry, Michael L. Cain, Steven A. Wasserman, Peter V. Minorsky dan Robert B. Jackson, 2011. ***Campbell Biology 9th Edition.*** New York: Library of Congress Cataloging- Publication Data.

Junqeira, L.C. & Jose Carneiro (1980). ***Basic histology***. California: Lange Medical Publications.

Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser Krieg, Scott, Zipursky SL dan Darnell J, 2000. ***Molekular Cell Biology 6th Edition.*** New York: Scientific American Books, Inc.

Robert J. Brooker, Eric P. Widmaier, Linda E. Graham dan Peter D. Stiling, 2011. ***Biology Second Edition.*** New York: Library of Congress Cataloging-Publication Data.

Sanders, T. & Scanlon, V.C. (2007). ***Essential of anatomy and physiology***. F.A. Davis Company.Sazali, Munawir, 2017. Biologi Sel dan Molekular. LP2M UIN Mataram.

Sherwood, Lauralle (2001). ***Fisiologi manusia*.** Penerbit Buku Kedokteran EGC : Jakarta.

Silvertho C., Andrew, (2001). ***Human physiology and integrated approach***. Edisi dua. New Jersey: Penerbit Oprentice Hall.

Sloane, Ethel (2012). ***Anatomi dan fisiologi untuk pemula****; alih bahasa, James Veldman, editor edisi bahasa Indonesia, Palupi Widyastuti*. Penerbit Buku Kedokteran EGC : Jakarta.

Watson J. D. & Crick F. H. C. (1953) ***Molecular Structure of Nucleic* Acids, A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid**. Nature.