

BIOMEDIK DASAR DALAM ILMU KEDOKTERAN

**Netty Ino Ischak
Rury Trisa Utami
Korry Novitriani
Dessy Arisanty
A.Maya Rupa Anjeli
Ida Bagus Nyoman Putra Dwija**



GET PRESS INDONESIA

BIOMEDIK DASAR DALAM ILMU KEDOKTERAN

Penulis :

Netty Ino Ischak
Rury Trisa Utami
Korry Novitriani
Dessy Arisanty
A.Maya Rupa Anjeli
Ida Bagus Nyoman Putra Dwija

ISBN :

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.

Penyunting : Ilda Melisa, A.Md., Kep.

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, September 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Biomedik Dasar Dalam Ilmu Kedokteran ini.

Buku Ini Membahas Pengantar biomedik dasar, Anatomi dan fisiologi tubuh manusia, Biokimia, Genetika dan Biologi Molekuler, Penelitian Biomedis, Inovasi dan Tantangan dalam Biomedik Dasar dalam Ilmu Kedokteran.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 PENGANTAR BIOMEDIK DASAR	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.1.1 Definisi Biomedik.....	1
1.1.2 Ruang Lingkup dan Cakupan Biomedik	2
1.1.3 Hubungan Biomedik dengan Disiplin Ilmu Lain....	2
1.2 Sejarah dan Perkembangan Biomedik.....	3
1.2.1 Sejarah Awal Biomedik	3
1.2.2 Perkembangan Teknologi dalam Biomedik.....	6
1.2.3 Penemuan Penting dalam Biomedik.....	11
1.3 Aplikasi Klinis dan Tantangan Masa Depan Biomedik	12
1.3.1 Aplikasi Klinis Biomedik.....	12
1.3.2 Tantangan dan Masa Depan Biomedik	13
DAFTAR PUSTAKA	14
BAB 2 ANATOMI DAN FISILOGI TUBUH MANUSIA.....	17
2.1 Pengertian Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia.....	17
2.2 Pembagian Tubuh Manusia	17
2.2.1 Istilah Anatomi.....	17
2.2.2 Bidang Tubuh.....	19
2.3 Sistem Dalam Tubuh.....	20
2.4 Organisasi Kehidupan.....	24
2.5 Fisiologi	25
2.6 Ciri-Ciri Makhluk Hidup	25
DAFTAR PUSTAKA	27
BAB 3 BOKIMIA.....	29
3.1 Asam, Basa, dan Penyangga.....	29
3.1.1 Peran Air dalam Keseimbangan Asam-Basa.....	29
3.1.2 Penyakit Terkait dengan Ketidakseimbangan Asam-Basa dan Peran Air.....	30
3.1.3 Sistem Penyangga Bikarbonat dalam Darah.....	31
3.1.4 Kasus Klinis: Gangguan Penyangga Bikarbonat	32
3.2 Struktur Senyawa Utama Tubuh	33
3.2.1 Karbohidrat.....	33

3.2.2 Lipid	35
3.2.3 Protein	36
3.2.4 Asam Nukleat.....	37
3.3 Peranan Asam Amino dan Protein dalam Tubuh	38
3.3.1 Asam amino	38
3.3.2 Protein	39
3.3.3 Penyakit yang Melibatkan Gangguan Asam Amino dan Protein.....	42
3.4 Enzim.....	43
3.4.1 Fungsi Enzim dalam Tubuh.....	44
3.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim	44
3.4.3 Contoh Penyakit yang Melibatkan Gangguan Enzim.....	46
3.5 Biokimia Sel	46
3.5.1 ATP dalam Kontraksi Otot	47
3.5.2 ATP dalam Transpor Aktif	48
3.5.3 ATP dalam Sintesis Molekul.....	49
3.5.4 Contoh Penyakit yang Melibatkan Gangguan Metabolisme ATP	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
BAB 4 GENETIK DAN BIOLOGI MOLEKULER	53
4.1 Pendahuluan	53
4.2 Definisi Genetik	53
4.2.1 mRNA	56
4.2.2 tRNA.....	57
4.2.3 rRNA	58
4.3 Definisi Biologi Molekuler	61
4.4 Genetik dan Biologi Molekuler pada Ilmu Biomedis ...	66
4.4.1 Peran Sentral Genetika dan Biologi Molekuler	66
4.4.2 Integrasi Genetika dan Biologi Molekuler dalam Penelitian Biomedis	66
4.4.3 Biomedis sebagai Dasar dari Bidang Kedokteran	67
4.5 Ruang Lingkup Genetik dan Biologi Molekuler dalam Kedokteran	68
4.5.1 Mutasi Genetik.....	68
4.5.2 Penyakit Genetik.....	69

4.6 Aplikasi Genetik dan Biologi Molekuler dalam Kedokteran.....	69
4.6.1 Teknologi DNA Rekombinan	69
4.6.2 Biomarker Molekuler	70
4.6.3 Terapi Genetik	70
4.6.4 Personalized Medicine.....	70
4.7 Peranan Genetik dalam Ilmu Kedokteran	71
4.8 Peranan Biologi Molekuler dalam Ilmu Kedokteran....	71
4.9 Penutup	73
DAFTAR PUSTAKA	75
BAB 5 PENELITIAN BIOMEDIS.....	81
5.1 Pengantar	81
5.2 Pentingnya Penelitian Biomedis	82
5.3 Jenis-Jenis Penelitian Biomedis	84
5.3.1 Penelitian Biomedis Dasar	84
5.3.2 Penelitian Biomedis Terapan.....	85
5.3.3 Penelitian Klinis.....	86
5.3.4 Penelitian Translasi.....	86
5.3.5 Penelitian Epidemiologi.....	87
5.4 Metode Penelitian Biomedis	87
5.4.1 Penelitian Eksperimental.....	87
5.4.2 Penelitian Observasional.....	88
5.4.3 Penelitian Klinis.....	89
5.4.4 Penelitian Epidemiologi.....	89
5.4.5 Penelitian Kualitatif.....	90
5.4.6 Metode In Silico (Penelitian Komputasional).....	90
5.4.7 Metode Kombinasi (<i>Mixed Methods</i>)	90
5.5 Tantangan dalam Penelitian Biomedis	91
5.5.1 Keterbatasan Dana dan Sumber Daya.....	91
5.5.2 Tantangan Etis.....	92
5.5.3 Variabilitas Biologis.....	92
5.5.4 Tantangan dalam Reprodusibilitas	92
5.5.5 Kemajuan Teknologi yang Cepat	93
5.5.6 Regulasi dan Proses Persetujuan.....	93
5.5.7 Kompleksitas Penyakit.....	93
5.5.7 Kolaborasi Antar Disiplin.....	94
5.5.9 Tantangan dalam Big Data dan Analisis	94

5.6 Peran Kolaborasi dan Teknologi	94
5.6.1 Kolaborasi Multidisiplin	95
5.6.2 Kolaborasi Global	95
5.6.3 Peran Teknologi dalam Penelitian Biomedis	96
5.6.4 Integrasi Kolaborasi dan Teknologi dalam Penelitian	97
DAFTAR PUSTAKA.....	99
BAB 6 INOVASI DAN TANTANGAN BIOMEDIK	
DASAR DALAM ILMU KEDOKTERAN	101
6.1 Pendahuluan	101
6.2 Inovasi biomedik dasar dalam ilmu kedokteran	102
6.2.1 Genomik dan Terapi Gen	103
6.2.2 Bioinformatika dan <i>Big Data</i>	109
6.2.3 Penggunaan bahan alam untuk Kesehatan.....	110
6.2.4 Tantangan Biomedik dalam kedokteran	112
6.3 Kesimpulan	115
DAFTAR PUSTAKA.....	116
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Istilah Regionnbnal dan Direksional.....	19
Gambar 3.1. Diagram keseimbangan air	30
Gambar 3.2. Diagram sistem penyangga bikarbonat dalam darah.	32
Gambar 3.3. Diagram metabolisme glukosa dan peran insulin dalam diabetes Mellitus.	34
Gambar 3.4. Ilustrasi penumpukan plak lemak pada arteri dalam aterosklerosis.	35
Gambar 3.5. struktur protein hemoglobin normal dan hemoglobin sel sabit.....	36
Gambar 3.6. Replikasi DNA dan mekanisme mutasi genetik yang dapat menyebabkan kanker.	38
Gambar 3.7. Diagram struktur protein dari primer hingga kuarterner.....	41
Gambar 3.8. Mekanisme kerja enzim model "kunci-gembok" dan "induced fit"	43
Gambar 3.9. Mekanisme kontraksi otot yang melibatkan ATP.....	48
Gambar 4.1. Ilustrasi Struktur DNA.....	55
Gambar 4.2. Ilustrasi Struktur RNA.	56
Gambar 4.3. Tahapan pra-mRNA sebelum meninggalkan nukleus.	57
Gambar 4.4. Ilustrasi Struktur tRNA.....	58
Gambar 4.5. Ilustrasi struktur rRNA dalam ribosom.	59
Gambar 4.6. Ilustrasi Struktur Protein.....	60
Gambar 4.7. Tahapan Sintesis Protein (Dogma Sentral)	62
Gambar 4.8. Ilustrasi Proses Transkripsi.....	63
Gambar 4.9. Ilustrasi Proses Translasi.....	64
Gambar 4.10. Molekuler pada medis dan inovasi yang dihasilkan.....	72
Gambar 6.1. Peta perkembangan teknologi CRISPR-Cas9.	105
Gambar 6.2. Terapi berdasarkan pada penggunaan sel punca.....	106

Gambar 6.3. Skema pemanfaatan teknologi OOCs
untuk skrining dan pengujian obat,
mekanisme penyakit dan *personalized*
medicine. 108

BAB 1

PENGANTAR BIOMEDIK DASAR

Oleh Netty Ino Ischak

1.1 Pendahuluan

Sejarah biomedik menunjukkan evolusi pemahaman kita tentang kesehatan dan penyakit, dari pengamatan sederhana hingga teknologi canggih yang memungkinkan kita untuk memanipulasi genetik pada tingkat molekuler. Bidang ini terus berkembang dengan penemuan dan inovasi baru yang memberikan harapan dan solusi bagi banyak tantangan kesehatan yang dihadapi dunia saat ini. Biomedik melibatkan pemahaman tentang bagaimana tubuh manusia berfungsi pada tingkat molekuler dan seluler. Konsep dasar dalam biomedik meliputi: biologi molekuler, biokimia, genetika dan fisiologi. Biomedik adalah bidang interdisipliner yang memanfaatkan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu untuk memajukan pemahaman kita tentang kesehatan dan penyakit serta untuk mengembangkan solusi medis yang inovatif dan efektif.

1.1.1 Definisi Biomedik

Biomedik adalah cabang ilmu pengetahuan yang menggabungkan prinsip-prinsip biologi dan kedokteran untuk memahami, mendiagnosis, dan mengobati penyakit manusia. Bidang ini mencakup berbagai aspek biologi molekuler, biokimia, genetika, fisiologi, dan mikrobiologi, yang digunakan untuk penelitian dan pengembangan metode baru dalam pencegahan, diagnosis, dan terapi penyakit. Biomedik berfokus pada penelitian dasar dan terapan untuk mengungkap mekanisme biologis yang mendasari kesehatan dan penyakit. Tujuannya adalah untuk menerjemahkan temuan hasil kajian riset ke dalam praktik klinis untuk meningkatkan kesehatan manusia.

1.1.2 Ruang Lingkup dan Cakupan Biomedik

Ruang lingkup biomedik sangat luas dan mencakup beberapa sub-disiplin ilmu, antara lain:

1. **Biokimia:** Studi tentang proses kimia dan metabolisme yang terjadi dalam organisme hidup.
2. **Biologi Molekuler:** Analisis struktur dan fungsi molekul biologis, terutama DNA, RNA, dan protein, serta bagaimana komponen ini berinteraksi dalam sel.
3. **Genetika:** Studi tentang pewarisan genetik dan hereditas, serta bagaimana variasi genetik dapat mempengaruhi kesehatan dan penyakit.
4. **Fisiologi:** Studi tentang fungsi normal dari organ dan sistem tubuh.
5. **Patologi:** Penelitian tentang penyebab dan perkembangan penyakit.
6. **Mikrobiologi:** Studi tentang mikroorganisme dan peran mereka dalam penyakit

Cakupan biomedik juga mencakup teknologi medis, seperti pencitraan medis, teknik diagnostik, dan pengembangan obat. Ini termasuk inovasi dalam terapi gen dan sel, serta penggunaan nanoteknologi dan bioteknologi dalam kedokteran.

1.1.3 Hubungan Biomedik dengan Disiplin Ilmu Lain

Ilmu Biomedik memiliki hubungan yang erat dengan berbagai disiplin ilmu lain, termasuk:

1. **Kedokteran:** Biomedik menyediakan dasar ilmiah untuk praktik kedokteran, dari diagnosa hingga pengobatan penyakit.
2. **Bioteknologi:** Biomedik menggunakan teknik dan teknologi bioteknologi untuk mengembangkan solusi kesehatan baru.
3. **Farmakologi:** Penelitian biomedik berkontribusi pada penemuan dan pengembangan obat baru.
4. **Teknik Biomedis:** Menggabungkan prinsip-prinsip teknik dengan biomedik untuk menciptakan perangkat dan teknologi medis yang inovatif.

5. **Kesehatan Masyarakat:** Biomedik berkontribusi pada pemahaman tentang penyakit dan pencegahannya, yang penting untuk kesehatan masyarakat.

1.2 Sejarah dan Perkembangan Biomedik

1.2.1 Sejarah Awal Biomedik

Sejarah biomedik adalah kisah panjang dan kompleks yang mencakup ribuan tahun sejak perkembangan ilmiah dan medis. Biomedik, sebagai disiplin ilmu yang menggabungkan biologi dan kedokteran, berakar dari pengetahuan awal tentang anatomi dan fisiologi manusia hingga kemajuan teknologi dan penelitian modern yang mendalam. Sejarah ini dibahas dari zaman kuno hingga abad 21 dan seterusnya hingga revolusi ilmiah biomedik berkembang pesat saat ini.

Zaman Kuno dan Abad Pertengahan

Mesir Kuno dan Yunani Kuno:

1. **Mesir Kuno:** Sekitar 2600 SM, catatan medis pertama berasal dari Mesir Kuno, di mana Ebers Papyrus mencatat berbagai metode pengobatan, termasuk penggunaan herbal untuk mengobati penyakit.
2. **Yunani Kuno:** Hipokrates (460-370 SM), sering disebut "Bapak Kedokteran," mengembangkan teori medis yang didasarkan pada pengamatan klinis dan logika. Ia memperkenalkan konsep empat cairan tubuh yang mempengaruhi kesehatan.

Konsep empat cairan tubuh, yang dikembangkan oleh Hipokrates, merupakan dasar pengobatan Yunani kuno dan telah memengaruhi pemikiran medis selama berabad-abad. Menurut Hipokrates, kesehatan manusia ditentukan oleh keseimbangan empat cairan tubuh (teori Humoral) yakni; darah (*sanguis*), dahak (*phlegm*), empedu kuning (*Choler*), dan empedu hitam (*melancholy*). Setiap cairan tubuh berhubungan dengan salah satu dari empat elemen (udara, air, api, dan tanah) dan memiliki kualitas dan temperamen tertentu yang terkait dengannya.

Darah: Terkait dengan elemen udara, darah bersifat hangat/panas dan basah. Organ terkait hati, Darah dikaitkan dengan temperamen optimis, yang dicirikan oleh kepribadian yang mudah bergaul, lincah, dan aktif. Darah diyakini mendominasi di musim semi.

Dahak: Terkait dengan elemen air, dahak bersifat dingin dan basah. Organ terkait otak dan paru-paru, dikaitkan dengan temperamen apatis, yang meliputi sifat-sifat tenang, dapat diandalkan, dan bijaksana. Dahak dianggap umum di musim dingin.

Empedu Kuning: Terkait dengan elemen api, bersifat hangat/panas dan kering. Organ terkait kantung empedu, berhubungan dengan temperamen koleris, yang ditandai oleh ambisi, kepemimpinan, dan mudah tersinggung. Empedu kuning dominan di musim panas.

Empedu hitam: Terkait dengan unsur tanah, empedu hitam bersifat dingin dan kering. Organ terkait limfa dan berhubungan dengan temperamen melankolis, yang ditandai oleh introspeksi, kehati-hatian, dan kecenderungan ke arah kesedihan. Empedu hitam dianggap lazim di musim gugur (Kristina, et.al.,2021)

Abad Pertengahan: Avicenna (Ibnu Sina): Seorang polymath dari Persia yang menulis "*The Canon of Medicine*," sebuah ensiklopedia medis yang digunakan sebagai referensi utama di Eropa dan Timur Tengah selama berabad-abad.

Abad Pencerahan dan Revolusi Ilmiah

Anatomi dan Fisiologi: Andreas Vesalius (1514-1564): Melalui bukunya "*De Humani Corporis Fabrica*," Vesalius memperbaiki pengetahuan tentang anatomi manusia melalui diseksi langsung dan pengamatan yang cermat, menantang karya Galen yang telah diterima selama berabad-abad.

Penemuan Mikroskop: Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723): Dengan mikroskop buatannya, ia menjadi orang pertama yang mengamati dan mendeskripsikan mikroorganisme, hal ini membuka jalan bagi perkembangan ilmu mikrobiologi.

Abad ke-19 dan Awal Abad ke-20

Germ Theory of Disease: Louis Pasteur (1822-1895) dan Robert Koch (1843-1910): Keduanya berperan penting dalam mengembangkan teori kuman penyakit, yang merevolusi pemahaman tentang penyebab infeksi dan penyakit. Abad ke-19 adalah awal mula biomedik modern. Mereka menunjukkan bahwa mikroorganisme adalah penyebab banyak penyakit, yang membuka jalan bagi pengembangan vaksin dan antibiotik.

Pengembangan Vaksin dan Antiseptik:

3. **Edward Jenner (1749-1823):** Menciptakan vaksin pertama untuk cacar.
4. **Joseph Lister (1827-1912):** Mengembangkan teknik antiseptik dalam bedah, mengurangi angka kematian akibat infeksi pasca operasi.

Abad ke-20 dan Seterusnya

1. **Awal Abad ke-20:** Penemuan struktur DNA oleh James Watson dan Francis Crick pada tahun 1953 merupakan salah satu penemuan terbesar dalam biomedik. Ini memberikan dasar untuk pemahaman molekuler tentang genetika dan pewarisan sifat.
2. **Pertengahan hingga Akhir Abad ke-20:** Perkembangan teknik-teknik biokimia dan biologi molekuler, seperti elektroforesis gel, PCR (*Polymerase Chain Reaction*), dan sekuensing DNA, memungkinkan analisis yang lebih mendalam tentang komponen molekuler sel.
3. **Penemuan Insulin: Frederick Banting dan Charles Best (1921).** Menemukan insulin, dan telah menyelamatkan jutaan nyawa penderita diabetes.
4. **Pengembangan Teknologi Medis: MRI dan CT Scan:** Teknologi pencitraan ini telah memungkinkan diagnosa yang lebih akurat dan non-invasif terhadap berbagai penyakit.
5. **Terapi Gen dan Bioteknologi: CRISPR-Cas9 yakni** alat pengeditan gen yang revolusioner yang memungkinkan modifikasi genetik dengan keakuratan yang tinggi,

menawarkan harapan baru dalam pengobatan penyakit genetik.

1.2.2 Perkembangan Teknologi dalam Biomedik

Perkembangan teknologi telah memainkan peran yang krusial dalam kemajuan biomedik, memungkinkan para ilmuwan dan dokter untuk lebih memahami, mendiagnosis, dan mengobati berbagai penyakit. Berikut adalah beberapa kemajuan teknologi signifikan dalam biomedik dan dampaknya:

1. **MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) dan CT Scan:**

MRI; Teknologi ini menggunakan medan magnet dan gelombang radio untuk menghasilkan gambar detail dari organ dan jaringan dalam tubuh tanpa radiasi. MRI sangat penting untuk mendeteksi dan mendiagnosis berbagai kondisi, termasuk tumor otak, cedera tulang belakang, dan kelainan jantung. Saat ini aplikasi teknologi MRI telah berkembang pesat untuk diagnosis penyakit dengan keunggulan berikut :

- a. **Peningkatan** teknologi MRI terbaru telah meningkatkan resolusi gambar dan kecepatan pemindaian, memungkinkan deteksi penyakit pada tahap yang lebih awal dan dengan detail yang lebih baik. Peningkatan ini dicapai melalui penggunaan teknik seperti *compressed sensing* dan *deep learning* yang memungkinkan pengurangan waktu pemindaian tanpa mengorbankan kualitas gambar (Lustig, et al. 2020).
- b. **MRI Fungsional (fMRI) dalam penelitian neurologi**
Penelitian terbaru menunjukkan bahwa fMRI dapat digunakan untuk memetakan aktivitas otak secara lebih rinci, membantu dalam diagnosis dan pengelolaan gangguan neurologis seperti Alzheimer, Parkinson, dan skizofrenia. Studi-studi terbaru juga menunjukkan bahwa fMRI dapat digunakan untuk memahami mekanisme dasar dari berbagai kondisi mental dan gangguan kognitif (Eklund, et al. 2016).
- c. **Penggunaan kontras baru** Inovasi dalam agen kontras MRI telah memungkinkan visualisasi yang lebih baik dari

jaringan dan pembuluh darah. Agen kontras baru yang lebih aman dan lebih efektif sedang dikembangkan dan diuji, memberikan manfaat yang signifikan dalam diagnostik kanker dan penyakit vaskular (Shen, Y., & Cheng, 2018).

CT Scan: *Computed Tomography* (CT) menggunakan sinar-X untuk menghasilkan gambar penampang tubuh. CT scan sangat berguna dalam mendiagnosis cedera, infeksi, dan penyakit kronis seperti kanker dan penyakit jantung. Inovasi penggunaan CT scan saat ini sudah mengalami perkembangan terbaru seperti berikut:

- a. **CT Scan dengan resolusi tinggi.** Perkembangan dalam teknologi detektor dan algoritma rekonstruksi gambar telah meningkatkan resolusi CT scan, memungkinkan deteksi lesi yang lebih kecil dan lebih detail anatomi. Ini sangat bermanfaat dalam diagnosa penyakit paru-paru, kardiovaskular, dan onkologi (McCollough & Kalender, 2020).
- b. **Reduksi dosis radiasi** salah satu tantangan utama dalam penggunaan CT scan adalah paparan radiasi. Inovasi terbaru telah mengurangi dosis radiasi secara signifikan melalui penggunaan teknik iteratif rekonstruksi dan *dual-energy CT*, tanpa mengurangi kualitas gambar yang dihasilkan (McCollough & Kalender, 2020).
- c. **CT scan dalam pencitraan dinamika jantung dan pembuluh darah,** termasuk dalam evaluasi penyakit jantung koroner dan aneurisma aorta. CT scan memungkinkan pencitraan yang cepat dan non-invasif, memberikan informasi penting mengenai struktur dan fungsi jantung serta pembuluh darah (Maurovich, et al., 2020).

2. Teknologi genetika dan Molekuler

Teknologi sekuensing DNA, terutama sekuensing generasi berikutnya NGS (*Next-Generation Sequencing*), memungkinkan

analisis cepat dan akurat dari genom individu. Ini telah merevolusi diagnosis penyakit genetik, identifikasi varian genetik yang berkaitan dengan penyakit, dan personalisasi terapi medis. NGS, juga dikenal sebagai pengurutan dengan kecepatan tinggi, merupakan teknik revolusioner yang memungkinkan para peneliti mengurutkan jutaan fragmen DNA secara paralel, sehingga memungkinkan analisis yang cepat dan hemat biaya terhadap seluruh genom organisme. Teknologi ini telah secara signifikan meningkatkan kecepatan dan efisiensi pengurutan DNA, sehingga memungkinkan untuk mengurutkan seluruh genom dalam hitungan hari, bukan minggu atau bulan (Goodwin, et al., 2016). Di era tahun 2022, setelah pandemi global COVID-19, teknologi NGS telah memainkan peran penting dalam memajukan pemahaman kita tentang virus dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Dengan mengurutkan genom dari berbagai jenis virus, para ilmuwan dapat melacak evolusinya, mengidentifikasi mutasi genetik yang dapat memengaruhi penularan atau virulensinya, dan mengembangkan tes diagnostik dan strategi pengobatan baru.

3. Teknologi CRISPR-Cas9

Sistem ini memungkinkan penyuntingan gen dengan presisi yang tinggi, memberikan potensi untuk mengoreksi mutasi genetik yang menyebabkan penyakit. Memungkinkan ahli untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kelainan genetik pada tingkat yang belum pernah terjadi sebelumnya. CRISPR-Cas9 adalah teknologi pengeditan gen yang memungkinkan modifikasi DNA dengan presisi tinggi. Ini membuka peluang baru dalam terapi gen untuk mengobati penyakit genetik, seperti fibrosis kistik dan anemia sel sabit. Penelitian saat ini juga mengeksplorasi penggunaan CRISPR dalam onkologi untuk mengedit gen yang terlibat dalam pertumbuhan tumor. (Horodecka, et.al., 2021).

Penggunaan teknologi CRISPR-Cas9 untuk pengeditan gen eukariotik membuka jalan baru tidak hanya untuk analisis fungsi gen tetapi juga untuk intervensi terapeutik. Meskipun

metodologi awal memungkinkan terjadinya gangguan gen yang ditargetkan, kemajuan teknologi terkini menghasilkan beragam alat untuk memodifikasi gen dan ekspresi gen dengan berbagai cara. Saat ini, penerapan klinis dari teknologi ini masih jauh dari harapan terutama karena masalah dalam pengiriman komponen CRISPR-Cas9 ke organisme hidup secara efisien dan aman. Pengiriman asam nukleat dan protein terapeutik yang ditargetkan secara *in vivo* masih merupakan tantangan teknis dan keterbatasan lebih lanjut muncul, misalnya, karena efek yang tidak sesuai target, reaksi imun, toksisitas, atau degradasi cepat dari sarana transfer. Salah satu pendekatan yang mungkin mengatasi banyak keterbatasan ini adalah dengan menggunakan vesikel ekstraseluler (eksosom atau mikrovesikel) untuk mengangkut konstituen CRISPR-Cas9 ke dalam sel eukariotik, sebagai alat pengiriman antar sel (Horodecka, et.al., 2021).

4. **Biomarker dan Diagnostik Presisi:** Pengembangan biomarker yang lebih akurat untuk deteksi dini penyakit, termasuk kanker dan penyakit kardiovaskular, memungkinkan diagnosa yang lebih cepat dan pengobatan yang lebih efektif.
Penggunaan Nanopartikel dalam Pengobatan. Nanoteknologi telah memperkenalkan penggunaan nanopartikel dalam pengiriman obat, diagnostik, dan terapi. Misalnya, nanopartikel dapat digunakan untuk mengantarkan obat langsung ke sel kanker, mengurangi efek samping dan meningkatkan efikasi pengobatan. Selain itu, nanopartikel seperti zinc oxide telah diteliti untuk kemampuan mereka dalam menghambat infeksi virus, termasuk H1N1, (Ghaffari, et.al. 2019; Trougakos, I. P., et al. 2021).
5. **Terapi Sel dan Gen:** Kemajuan dalam terapi sel induk dan terapi gen menawarkan harapan baru untuk pengobatan penyakit yang sebelumnya sulit diobati, seperti kanker, penyakit genetik, dan gangguan neurodegeneratif. Terapi sel punca (*stem cell therapy*) menggunakan sel punca untuk memperbaiki atau menggantikan jaringan yang rusak atau

hilang. Ini memiliki potensi besar dalam mengobati penyakit seperti leukemia, penyakit jantung, dan cedera tulang belakang. Penelitian terus berkembang untuk menemukan aplikasi baru dan meningkatkan efikasi terapi ini. Contohnya hasil penelitian yang dilaporkan oleh Yuan, et.al (2024) tentang keberhasilan imunoterapi kemanjuran Haplo-HPCT pada anak-anak dengan kasus SAA (Aplastic anemia).

Tissue Engineering: Teknik rekayasa jaringan berfokus pada pengembangan pengganti biologis untuk memperbaiki, memelihara, atau meningkatkan fungsi jaringan atau organ. Ini melibatkan penggunaan scaffold, sel, dan faktor pertumbuhan untuk meregenerasi jaringan yang rusak atau hilang.

6. Teknologi Diagnostik dan Wearable Devices

Pengembangan alat diagnostik cepat dan portable, seperti tes PCR cepat untuk COVID-19, telah meningkatkan kemampuan kita untuk mendeteksi penyakit dengan cepat dan efisien, terutama dalam situasi darurat atau di daerah dengan sumber daya terbatas. Penemuan vaksin Virus Pernapasan Syncytial (RSV), karena perannya dalam tripledemik, bersama dengan COVID-19 dan flu (Stacy. 2023).

Wearable Devices: Perangkat wearable seperti monitor jantung, gelang kebugaran, dan sensor glukosa terus dikembangkan untuk memantau kesehatan individu secara real-time. Data yang dikumpulkan oleh perangkat ini dapat digunakan untuk menganalisis tren kesehatan, mendeteksi anomali, dan menyediakan umpan balik langsung untuk intervensi medis yang cepat.

7. Kecerdasan Buatan (AI): AI digunakan untuk menganalisis data medis dengan akurasi dan cepat meskipun kompleks, membantu dalam diagnosa penyakit, penemuan dan pengembangan obat baru, dan personalisasi perawatan pasien. Teknologi pencitraan yang didukung oleh AI menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis gambar

medis seperti sinar-X, MRI, dan CT scan. Penggunaan chatbot AI (revolusi komunikasi pasien dan dokter), hingga penggunaan bedah robotik yang membantu dokter di ruang operasi dan pemantauan pasien secara real time ([Docquity, 2023](#)).

Sistem ini dapat mendeteksi kelainan, mengukur progresi penyakit, dan membantu ahli radiologi dalam membuat diagnosis yang lebih akurat. Aplikasi medis seperti pada onkologi untuk deteksi tumor dan kanker, kardiologi untuk mengidentifikasi penyakit jantung, dan neurologi untuk mendiagnosis gangguan otak dan sistem syaraf (Attia, et al, 2021).

1.2.3 Penemuan Penting dalam Biomedik

Banyak penemuan penting dalam biomedik yang telah mengubah para ahli medis memahami dan mengobati penyakit. Misalnya, penemuan insulin bagi penderita diabetes. Selain itu, pengembangan teknik PCR (*Polymerase Chain Reaction*), telah merevolusi penelitian genetika dan diagnostik penyakit. Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan dalam terapi imunokanker dan pengobatan regeneratif telah menunjukkan potensi besar dalam mengobati penyakit yang sebelumnya dianggap tidak dapat disembuhkan ([WEE, 2019](#)).

1. Pengujian DNA Prenatal Non-Invasif (NIPT dan NIPD):

Teknologi ini telah merevolusi cara diagnosis prenatal dilakukan. NIPT dan NIPD memungkinkan analisis sel janin dalam darah ibu, mengurangi risiko keguguran yang terkait dengan tes invasif seperti amniosentesis dan CVS. Tes ini sangat akurat dalam menentukan risiko gangguan genetik X-linked, jenis kelamin bayi, dan golongan darah ([Docquity, 2023](#)).

2. Stent neurovaskular untuk korban stroke:

Stent retrievers neurovaskular telah mengubah penanganan stroke dengan cepat menghilangkan bekuan darah di otak. Alat ini meningkatkan tingkat pemulihan jika digunakan dalam beberapa jam pertama setelah kejadian stroke, mengurangi kerusakan jangka panjang atau kematian ([Docquity, 2023](#)).

3. Analisis penanda protein untuk deteksi dini kanker:

Proximity ligation assays (PLA) memperkenalkan pendekatan

baru dalam deteksi dini kanker. PLA memungkinkan pengukuran dan visualisasi kompleks protein, memberikan informasi real-time mengenai kehadiran kanker dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup dengan deteksi lebih awal (Docquity, 2023).

4. **Kemajuan dalam biologi sintetis:** Biologi sintetis menggunakan sistem biologis yang direkayasa, seperti mikroorganisme dengan genom yang dirancang, untuk memproduksi berbagai biomolekul dan material. Pemodelan matematika dan disain berbantuan komputer, teknologi ini dapat mengatasi tantangan rantai pasokan dan menciptakan peluang baru dalam produksi terapeutik, makanan, dan bahan berkelanjutan (Garnel KL, 2021).
5. **Perkembangan dalam teknologi RNA:** Katalin Karikó dan Drew Weissman (peraih Nobel bidang Physiology /Medicine tahun 2023) atas penemuan mereka mengenai modifikasi basa nukleosida yang memungkinkan pengembangan vaksin mRNA yang efektif melawan COVID-19. Teknologi RNA, yang mendapat perhatian besar melalui vaksin mRNA untuk COVID-19, menunjukkan potensi besar dalam terapi genetik dan pengobatan penyakit langka. Misalnya, pengembangan vaksin flu berbasis mRNA yang dapat melindungi terhadap semua subtype influenza dan berbagai kandidat terapi RNA untuk kanker dan penyakit genetik lainnya. (NobelPrize., 2023).

1.3 Aplikasi Klinis dan Tantangan Masa Depan Biomedik

1.3.1 Aplikasi Klinis Biomedik

Biomedik memiliki berbagai aplikasi dalam praktik klinis, antara lain:

1. **Diagnostik:** Alat diagnostik berbasis biomedik membantu dalam deteksi dini penyakit dan pemantauan kondisi kesehatan. Contohnya adalah tes darah yang dapat mendeteksi biomarker spesifik untuk kanker atau penyakit jantung. Selain itu metode berbantuan komputer telah memberikan nilai tambah dalam mendiagnosis dan memprediksi gangguan otak

sehingga perawatan klinis dan cara pengobatan dapat ditentukan. (Venkatraghavan, et.al. 2023)

2. **Terapi presisi:** Pengobatan yang disesuaikan dengan profil genetik individu, memungkinkan terapi yang lebih efektif dan mengurangi risiko efek samping.
3. **Pengobatan regeneratif:** Penggunaan sel induk untuk memperbaiki atau mengganti jaringan yang rusak akibat cedera atau penyakit.

1.3.2 Tantangan dan Masa Depan Biomedik

Meskipun ada banyak kemajuan, biomedik juga menghadapi sejumlah tantangan:

1. **Etika:** Isu-isu etika terkait dengan penyuntingan genom dan penggunaan sel induk, terutama yang melibatkan embrio manusia.
2. **Keamanan:** Risiko terkait dengan penggunaan teknologi baru, seperti efek samping yang tidak ramah lingkungan dan risiko terjadinya penyakit yang disebabkan oleh virus baru dan mutasi gen.
3. **Pengobatan masa depan** akan mempertimbangkan pengaruh faktor spiritual (jiwa) berupa kognisi dan niat manusia, serta efek material (gen dan biologi). Domain medis masa depan akan mencakup bidang 'sprito-epigenetico psiko-neuro-endokrino-imuno-farmakologi'. Perspektif ini menekankan perlunya pandangan transenden dalam bidang kesehatan dan pengobatan (Tabei, et.al. 2024).

Perkembangan teknologi dalam biomedik terus membuka peluang baru untuk meningkatkan diagnosis, pengobatan, dan pencegahan penyakit, serta meningkatkan kualitas hidup pasien di seluruh dunia.

DAFTAR PUSTAKA

- Attia, Z. I., Harmon, D. M., Behr, E. R., & Friedman, P. A. (2021). Application of artificial intelligence to the electrocardiogram. *European heart journal*, 42(46), 4717– 4730.
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab649>
- CAS. "Top scientific breakthroughs and emerging trends for 2023." Diakses dari CAS.
- Docquity. "Top 8 Medical Breakthroughs in 2023." Diakses dari <https://docquity.com/articles/how-is-ai-transforming-healthcare-top-7-examples-doctors-should-know/>
- Eklund, A., Nichols, T. E., & Knutsson, H. (2016). Cluster failure: Why fMRI inferences for spatial extent have inflated false-positive rates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(28), 7900-7905.
- Ghaffari, H., Tavakoli, A., Moradi, A., Tabarraei, A., Bokharaei-Salim, F., Zahmatkeshan, M., Farahmand, M., Javanmard, D., Kiani, S. J., Esghaei, M., Pirhajati-Mahabadi, V., Monavari, S. H., & Ataei-Pirkooh, A. (2019). Inhibition of H1N1 influenza virus infection by zinc oxide nanoparticles: another emerging application of nanomedicine. *Journal of biomedical science*, 26(1), 70.
<https://doi.org/10.1186/s12929-019-0563-4>.
- Garner K. L. (2021). Principles of synthetic biology. *Essays in Biochemistry*, 65(5), 791–811. <https://doi.org/10.1042/EBC20200059>
- Goodwin, S., McPherson, J. D., & McCombie, W. R. (2016). Coming of age: ten years of next-generation sequencing technologies. *Nature Reviews Genetics*, 17(6), 333-351.
- Kristina, Robb, Dover, 2021. The Humors; Ancient Perspectives On Mental Health. [https://Fherehab.Com/Learning/Humors-Ancient Mental-Health](https://Fherehab.Com/Learning/Humors-Ancient-Mental-Health)
- Horodecka, Katarzyna, and Markus Döchler. 2021. "CRISPR/Cas9: Principle, Applications, and Delivery through Extracellular Vesicles" *International Journal of*

- Molecular Sciences 22, no. 11: 6072. <https://doi.org/10.3390/ijms22116072>.
- Lustig, M., Donoho, D. L., & Pauly, J. M. (2020). Compressed sensing MRI. *IEEE Signal Processing Magazine*, 25(2), 72-82.
- Maurovich-Horvat, P., Schlett, C. L., Alkadhi, H., Nakano, M., Otsuka, F., Stolzmann, P., & Hoffmann, U. (2020). The napkin-ring sign indicates advanced atherosclerotic lesion pathology and clinical events. *Radiology*, 271(2), 391-399
- McCollough, C. H., Chen, G. H., & Kalender, W. A. (2020). Achieving routine submillisievert CT scanning: Report from the summit on management of radiation dose in CT. *Radiology*, 279(2), 626-632.
- National Institutes of Health (NIH). "Advances in Biomedical Engineering and Technology." 2021.
- NobelPrize.org. "The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2023." Diakses dari NobelPrize.org.
- Shen, Y., & Cheng, L. (2018). Development of MRI contrast agents: Synthesis, targeting, and applications. *Progress in Natural Science: Materials International*, 28(2), 120-136
- Stacy Weiner. 2023, AAMCNEWS 5 Medical Advances That will Change Patient Care. <https://www.aamc.org/news/5-medical-advances-will-change-patient-care>
- Tabei, S. Z., Khiveh, F., & Ebrahimi, S. 2024. Modalization and Transcendence of Health in the Coming Decade: Emphasizing the Human Cognitive System in the Stories of Prophets in the Holy Quran. *Iranian journal of medical sciences*, 49(6), 341–349. <https://doi.org/10.30476/ijms.2024.100885.3344>
- Trougakos, I. P., et al. 2021. "Inhibition of H1N1 Influenza Virus Infection by Zinc Oxide Nanoparticles: Another Emerging Application of Nanomedicine." *Journal of Biomedical Science*.
- Yuan M, Jia C, Ma J, Zhang M, Zhu G, Wang B, Zheng J, Qin M, Wu R, Li S. 2024. Haploidentical Hematopoietic Stem Cell Transplantation As a First-Line Treatment For Paediatric Severe Aplastic Anemia: a Single-Center Research. *Int J Med Sci*. 21(6):1027-1036.

- Venkatraghavan, V., Voort, S. R. V. D., Bos, D., Smits, M., Barkhof, F., Niessen, W. J., Klein, S., & Bron, E. E. 2023. Computer-Aided Diagnosis and Prediction in Brain Disorders. In O. Colliot (Ed.), *Machine Learning for Brain Disorders*. (pp. 459–490). Humana.
- World Economic Forum. "10 Medical Innovations That Will Transform Lives in the Next Decade." 2019.

BAB 2

ANATOMI DAN FISILOGI TUBUH MANUSIA

Oleh Rury Trisa Utami

2.1 Pengertian Anatomi dan Fisiologi Tubuh Manusia

Anatomi adalah ilmu yang mempelajari struktur dan hubungan antara bagian-bagian tubuh makhluk hidup. Bidang ilmu ini mempelajari tampilan dan fitur luar serta bagian dalam tubuh makhluk hidup. Ilmu anatomi adalah ilmu tentang bentuk dan bagian sebuah organisme.

2.2 Pembagian Tubuh Manusia

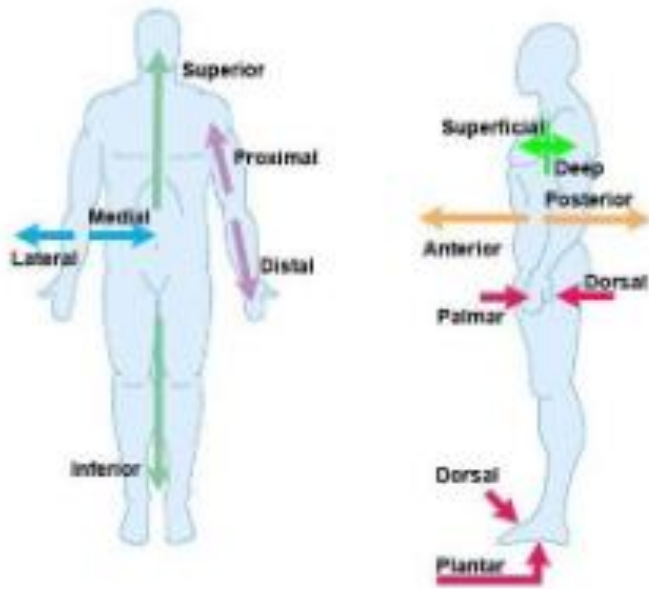
2.2.1 Istilah Anatomi

Posisi anatomi. Semua deskripsi anatomis disesuaikan dengan posisi anatomi. Hal ini dibuat untuk memastikan keakuratan dan konsistensi agar tidak terjadi kesalahpahaman. Posisi anatomi adalah posisi saat tubuh berada dalam posisi tegak lurus dengan kepala menghadap ke depan, lengan di samping tubuh dengan telapak tangan terbuka ke depan, dan kedua kaki rapat menghadap ke depan.

Bidang median. Bidang median adalah bidang yang membelah tubuh secara longitudinal melalui garis tengah tubuh sehingga membagi tubuh menjadi bagian kiri dan kanan (Norma, 2023).

Tabel 2.1. Orientasi Bidang dalam Anatomi

Orientasi bidang	Arti
Anterior	Bagian tubuh terletak dekat/lebih di depan bidang koronal
Distal	Menjauhi pangkal tubuh
Externa	Bagian tubuh yang letaknya lebih jauh dengan titik pusat
Interna	Bagian tubuh yang letaknya lebih dekat dengan titik pusat
Horizontal	Tegak lurus bidang median, sejajar poros tubuh
Lateral	bagian tubuh yang lebih jauh dari bidang median
Medial	Bagian tubuh yang terletak lebih dekat dengan bidang median
Median	Bidang tengah tubuh, memisahkan tubuh menjadi dua bagian yang simetris
Posterior (Dorsal)	Bagian tubuh yang letaknya mendekati punggung pada bidang yang membelah depan dan belakang
Proksimal	Mendekati pangkal tubuh
Sagittal	Sejajar dengan median, tetapi di luarbidang median
Superior	Bagian atas
inferior	Bagian bawah
Transversal	Tegak lurus bidang median, memotong poros tubuh



Gambar 2.1. Istilah Regionnbnal dan Direksional

Istilah regional. Istilah yang digunakan untuk menggambarkan bagian-bagian tubuh.

Istilah direksional. Istilah ini digunakan untuk menggambarkan lokasi bagian tubuh dalam kaitannya dengan bagian tubuh lainnya (Norma. 2023)

2.2.2 Bidang Tubuh

Terdapat tiga bidang tubuh, yang terletak pada sudut yang tepat satu sama lain. Bidang-bidang ini memisahkan tubuh ke dalam beberapa bagian dan digunakan untuk memvisualisasi atau menjelaskan pengaturan internalnya dari perspektif yang berbeda.

1. Bidang median. Ketika tubuh dibagi secara longitudinal melalui garis tengah ke arah belahan kanan dan kiri, ini telah terbagi berdasarkan bidang median
2. Bidang koronal. Bidang koronal atau frontal memisahkan tubuh secara longitudinal menjadi bagian anterior (depan) dan posterior (belakang)

3. Bidang melintang. Bagian melintang atau horizontal menjadikan tubuh terpisah menjadi bagian atas dan bagian bawah(Pearce,2011).

2.3 Sistem Dalam Tubuh

Pembagian sistem-sistem dalam tubuh berdasarkan ilmu yang mempelajari bagian-bagian tertentu:

1. Osteologi ilmu tentang tulang
2. Artrologi ilmu tentang sendi
3. Miologi ilmu tentang otot
4. Splankologi ilmu tentang organ atau visera
5. Neurologi ilmu tentang saraf

Apabila dikelompokkan berdasarkan fungsi, pembagiannya adalah :

1. **Sistem Lokomotorik**, membahas bagian-bagian yang berhubungan dengan gerak tubuh. Sistem kerangka yang terdiri dari tulang-tulang, tulang rawan, dan membrane tertentu. **Sistem Artikulatorik**, membahas tentang sendi dan sistem otot (otot, fasia dan tendon).
2. **Sistem pembuluh darah**. Membahas tentang sistem sirkulasi dan sistem saluran limfe. Sistem transport yang utama yaitu darah. Darah dipompa keseluruh tubuh oleh jantung, oksigen dibawa dari paru- paru, dan karbondioksida dikumpulkan dari jaringan.
3. **Sistem pencernaan**. pada sistem ini akan mengurai makanan menjadi molekul-molekul kecil zat gizi yang dapat diserap dalam plasma untuk didistribusikan ke seluruh sel. Sel ini memindahkan air dan elektrolit dari luar ke dalam. Sistem ini juga mengeluarkan sisa-sisa makanan yang tidak dicerna tubuh melalui feses.
4. **Sistem rangka**. Sistem ini terdiri dari rangkaian tulang yang mendukung dan melindungi beberapa organ lunak, terutama dalam tengkorak dan panggul. Kerangka ini juga berfungsi sebagai penopang otot sehingga memungkinkan terjadinya gerakan pada tubuh.

Tulang adalah jaringan yang paling keras diantara jaringan ikat lainnya yang terdiri atas hampir 50 % air dan bagian padat, selebihnya terdiri dari bahan mineral terutama calsium kurang lebih 67 % dan bahan seluler 33%.

Fungsi dari tulang adalah sebagai berikut :

1. Mendukung jaringan tubuh dan memberikan bentuk tubuh
2. Melindungi organ tubuh (jantung, otak, paru-paru, dan jaringan lunak)
3. Memberikan pergerakan (otot berhubungan dengan kontraksi dan pergerakan).
4. Membentuk sel-sel darah merah di dalam sumsum tulang (hematopoesis)

Berdasarkan bentuknya tulang dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Tulang Panjang / Tulang Pipa Tulang ini sering terdapat dalam anggota gerak. Fungsinya sebagai alat ungkit dari tubuh dan memungkinkan untuk bergerak. Batang atau diafisis tersusun atas tulang kortikal dan ujung tulang panjang yang dinamakan epifis tersusun terutama oleh tulang kanselus. Plat epifis memisahkan epifisi dan diafisis dan merupakan pusat pertumbuhan longitudinal pada anak-anak. Yang pada orang dewasa akan mengalami kalsifikasi. Misalnya pada tulang humerus dan femur.
2. Tulang Pendek Tulang ini sering didapat pada tulang-tulang karpalia di tangan dan tarsalia di kaki. Fungsinya pendukung seperti tampak pada pergelangan tangan. Bentuknya tidak teratur dan inti dari kanselus (spongi) dengan suatu lapisan luar dari tulang yang padat
3. Tulang Pipih Tulang ini sering terdapat di tengkorak, panggul / koxa, sternum, dan iga-iga, serta scapula (tulang belikat). Fungsinya sebagai pelindung organ vital dan menyediakan permukaan luas untuk kaitan otot-otot, merupakan tempat penting untuk hematopoesis. Tulang pipih tersusun dari tulang kanselus diantara 2 tulang kortikal.

4. Tulang Tak Beraturan Berbentuk unik sesuai dengan fungsinya. Struktur tulang tidak teratur, terdiri dari tulang kanselous di antara tulang kortikal. Contoh : tulang vertebra, dan tulang wajah.
5. Tulang Sesamoid Merupakan tulang kecil disekitar tulang yang berdekatan dengan persendian dan didukung oleh tendon dan jaringan fasial. Contoh : tulang patella (Kap lutut)

Sistem Otot. Sistem ini bertugas untuk menggerakkan tulang-tulang yang melekat kepadanya. Otot juga dikaitkan pada tulang rawan, ligament dan kulit. Otot kerangka biasanya dikaitkan pada dua tempat tertentu, tempat yang terkuat disebut origo (asal) dan yang lebih dapat bergerak disebut insersio.

Sistem integument. Sistem ini berfungsi sebagai pelindung bagian luar yang mencegah cairan dari luar masuk ke dalam tubuh dan mikroorganisme asing masuk kedalam tubuh. Sistem ini juga bertugas dalam mengatur suhu tubuh, dengan mengatur produksi keringat dan mengatur aliran darah hangat ke kulit. Sistem imun. Sistem ini membantu pertahanan tubuh dari serangan benda asing dan sel-sel tubuh yang menjadi sel kanker. Sistem ini juga membantu perbaikan dan penggantian sel yang tua atau rusak.

Sistem Saraf terdiri dari susunan saraf pusat yang mencakup otak dan sumsum tulang belakang. Sistem saraf perifer yatau saraf tepi mencakup urat-urat saraf yang berasal dari otak dan sumsum tulang belakang, sistem ini bertugas untuk mengontrol dan mengoordinasikan aktivitas tubuh. Sistem saraf juga dapat mendeteksi dan membuat reaksi terhadap berbagai perubahan dari luar tubuh.

Sistem respirasi. Sistem ini bekerja untuk mengambil oksigen di udara dan mengeluarkan karbondioksida yang tidak dibutuhkan tubuh. Bernafas adalah proses menghirup oksigen (O_2) dan mengeluarkan karbodioksida (CO_2). Inspirasi adalah proses menghirup oksigen (O_2) dari udara. Ekspirasi adalah proses menghembuskan nafas keluar dari alat pernafasan. Ada

beberapa tujuan dalam bernafas yaitu: Mengeluarkan karbondioksida (CO_2), Memperoleh energy, Melakukan pembakaran zat – zat dalam tubuh.

Sistem pernapasan pada manusia terdiri dari:

1. Hidung
2. Rongga hidung
3. Concha
4. Langit-langit lunak
5. Pharink
6. Larink
7. Trakea
8. Rongga pleura
9. Paru-paru kanan
10. Paru-paru kiri
11. Tulangrusuk
12. Ototi intercosta
13. Diafragma

Jenis-jenis pernapasan pada manusia dibagi menjadi dua jenis. Yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut.

1. Pernapasan Dada

Pernapasan dada adalah pernapasan yang melibatkan otot antar tulang rusuk.

- a. Fase inspirasi Fase ini berupa berkontraksinya otot antar tulang rusuk sehingga rongga dada membesar, akibatnya tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil dari pada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.
- b. Fase ekspirasi. Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembalinya otot antara tulang rusuk keposisi semula yang diikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga dada menjadi kecil.

Sebagai akibatnya, tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar dari pada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbondioksida keluar.

2. Pernapasan Perut

Pernapasan perut adalah pernapasan yang melibatkan otot diafragma. Mekanismenya dapat dibedakan sebagai berikut.

- a. Fase inspirasi, Fase ini berupa berkontraksinya otot diafragma sehingga rongga dada membesar, akibatnya tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan di luar sehingga udara luar yang kaya oksigen masuk.
- b. Fase ekspirasi, Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembalinya otot diafragma keposisi semula yang diikuti oleh turunnya tulang rusuk sehingga rongga dada menjadi kecil. Sebagai akibatnya, tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbondioksida keluar.

Sistem kemih. Sistem ini bekerja untuk mengeluarkan kelebihan garam, air dan elektrolit lain dari plasma melalui urine, Bersama zat-zat sisa selain karbondioksida.

Sistem endokrin. Sistem ini bertugas untuk mengatur aktivitas yang lebih mementingkan daya tahan (durasi) daripada kecepatan. Sistem ini juga bertugas untuk mengontrol konsentrasi zat-zat gizi dengan menyesuaikan fungsi ginjal, mengontrol volume serta komposisi elektrolit lingkungan internal. Sistem Reproduksi. Sistem ini menjadi salah satu sistem terpenting bagi keberlangsungan hidup suatu makhluk (Scanlon, 2011).

2.4 Organisasi Kehidupan

1. Atom

Atom merupakan bagian paling kecil dari benda atau satuan dasar dari suatu materi. Contohnya seperti Hidrogen, Oksigen, Nitrogen

2. Sel

Gabungan dari bermilyar-milyar molekul-molekul dengan aturan dan cara-cara tertentu yang membentuk sel. Sel adalah unit struktural dan fungsional yang paling dasar dari tubuh kita.

Contoh fungsional dari sel yang dimiliki organisme adalah sebagai berikut:

- a. Sel otot berfungsi untuk kontraksi
- b. Sel saraf berfungsi memulai menghantarkan sinyal listrik / impuls
- c. Sel epitel untuk sekresi absorpsi dan proteksi
- d. Sel jaringan ikat membentuk zat-zat inter seluler untuk menunjang sel-sel lainnya.

2.5 Fisiologi

Berasal dari bahasa Yunani, yaitu *Physis* yang artinya *Function/faal* atau kerja (sesuatu yang ada hubungannya dengan mekanisme), dan *Logia* yang artinya ilmu, jadi secara bahasa pengertian Fisiologi dapat dikatakan sebagai ilmu yang mempelajari mekanisme fungsional/pekerjaan dari masing-masing jaringan dan organ tubuh. Definisi Fisiologi (ilmu faal) dalam arti luas adalah cabang dari ilmu biologi yang membahas tentang fungsi-fungsi dari alat tubuh makhluk hidup agar tetap dapat mempertahankan kehidupannya dan bisa di definisikan juga sebagai Ilmu yang mempelajari faal atau fungsi dari tiap-tiap jaringan tubuh atau bagian dari alat-alat tubuh dan sebagainya

2.6 Ciri-Ciri Makhluk Hidup

1. Makan

Semua makhluk hidup memerlukan makanan. Tumbuhan dan hewan memerlukan makanan yang berbeda. Tumbuhan memerlukan zat-zat anorganik, sedangkan hewan memerlukan zat-zat organik untuk makanannya. Zat organik umumnya terdapat Secara bebas di alam, misalnya air, mineral, dan gas karbondioksida. Makhluk hidup memerlukan makanan untuk mendapatkan energi. Energi diperoleh digunakan untuk bergerak, tumbuhan, menanggapi rangsangan, dan berkembang biak.

2. Metabolisme

Metabolisme merupakan keseluruhan reaksi kimia yang berlangsung di dalam makhluk hidup. Proses metabolisme

memerlukan bahan dasar yang disebut substrat. Substrat tersebut berupa nutrisi atau zat makanan. Selain memerlukan substrat, proses metabolisme juga memerlukan oksigen. Oksigen yang diperlukan diperoleh dengan cara bernapas. Pada reaksi metabolisme, makanan yang kita cerna akan dipecah-pecah menjadi berbagai macam senyawa kimia dan energi.

3. Melakukan Adaptasi

Adaptasi adalah penyesuaian diri yang dilakukan oleh makhluk hidup terhadap perubahan lingkungan. Sebagai contoh, Hewan juga memiliki kemampuan beradaptasi yang terlihat dari bagian dari tubuh atau perilakunya.

4. Tumbuh dan Berkembang

Jika biji tumbuhan ditanam, biji akan berkecambah dan tumbuh menjadi besar dan rimbun. Pertumbuhan pada ayam dimulai dari telur ayam yang menetas menjadi anak ayam, lalu tumbuh menjadi ayam dewasa. Semua makhluk hidup mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan

5. Bereproduksi

Manusia, hewan, tumbuhan, mempunyai kemampuan untuk bereproduksi atau berkembang biak. Contohnya manusia bisa melahirkan individu baru sebagai keturunannya. Lalu hewan dapat menghasilkan anak-anaknya yang nanti berkembang jadi dewasa, kemudian tanaman bisa menghasilkan biji atau tunas supaya menjadi tanaman berikutnya (Anderson, 1999).

DAFTAR PUSTAKA

- Norma, *et al.* 2023. DASAR-DASAR BIOMEDIK. PT. Sonpedia Publishing Indonesia. Jambi
- Pearce, Evelyn C. 2011. Anatomi Dan Fisiologi Untuk Paramedis – Jakarta
- Scanlon, V.C dan Sanders, T. 2006. Buku Ajar Anatomi dan Fisiologi, Ed.3. Jakarta: EGC
- Anderson, P.D. (1999). Anatomi fisiologi tubuh manusia. Jones and Barret publisher Boston. Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC

BAB 3

BIOKIMIA

Oleh Korry Novitriani

3.1 Asam, Basa, dan Penyangga

Asam dan basa memiliki peran penting dalam menjaga homeostasis tubuh. Asam adalah senyawa yang melepaskan ion H^+ (proton) dalam larutan, sementara basa menerima ion H^+ . Skala pH mengukur konsentrasi H^+ dalam larutan, di mana $pH < 7$ adalah asam, $pH = 7$ adalah netral, dan $pH > 7$ adalah basa.

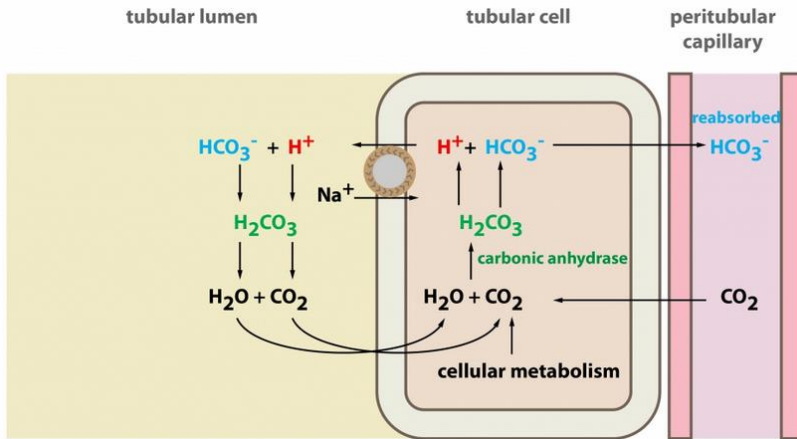
Penyangga merupakan sistem yang mempertahankan pH dalam rentang sempit, terutama dalam cairan tubuh seperti darah. Contoh sistem penyangga utama di tubuh manusia adalah sistem penyangga bikarbonat (H_2CO_3/HCO_3^-), yang mengatur pH darah agar tetap stabil di sekitar 7,4.

Komponen penting dalam tubuh manusia adalah air yang terdiri dari sekitar 60-70% berat badan. Di dalam tubuh, air bertindak sebagai pelarut yang sangat baik untuk banyak zat kimia, termasuk elektrolit seperti ion H^+ (hidrogen) dan OH^- (hidroksida), yang penting dalam menjaga keseimbangan asam-basa. Air membantu menjaga lingkungan yang memungkinkan reaksi biokimia berjalan dengan lancar, termasuk reaksi yang melibatkan asam, basa, dan penyangga.

3.1.1 Peran Air dalam Keseimbangan Asam-Basa adalah sebagai berikut:

1. Pelarut Elektrolit: Ion H^+ dan OH^- larut dalam air, yang mempengaruhi pH tubuh. Air memungkinkan transportasi ion-ion ini ke seluruh tubuh, yang sangat penting untuk mempertahankan homeostasis.
2. Distribusi Penyangga: Air membantu distribusi molekul penyangga seperti bikarbonat (HCO_3^-) dan asam karbonat (H_2CO_3) dalam cairan tubuh seperti darah dan cairan ekstraseluler.

3. Reaksi Kimia: Banyak reaksi kimia yang mempengaruhi pH tubuh terjadi dalam air, termasuk respirasi seluler yang menghasilkan karbon dioksida (CO_2), yang kemudian larut dalam air dan membentuk asam karbonat, sehingga mempengaruhi keseimbangan asam-basa. (Gambar 3.1)



Gambar 3.1. Diagram keseimbangan air

Proses keseimbangan asam-basa salah satunya dilakukan oleh ginjal, meliputi reabsorpsi, ekskresi, dan produksi bikarbonat serta Ekskresi atau produksi ion H^+ .

Reabsorpsi merupakan proses yang melibatkan pertukaran ion Na^+ dan H^+ . H^+ kemudian bereaksi dengan bikarbonat (HCO_3^-) dan membentuk asam karbonat (H_2CO_3), yang kemudian terpecah menjadi air dan CO_2 . Reabsorpsi bikarbonat terjadi di sel-sel tubulus proksimal ginjal.

3.1.2 Penyakit Terkait dengan Ketidakseimbangan Asam-Basa dan Peran Air

Ketidakseimbangan asam-basa sering kali dihubungkan dengan penyakit-penyakit kritis. Beberapa kondisi klinis yang umum melibatkan peran air dalam keseimbangan asam-basa termasuk:

1. Asidosis Metabolik:

- a. Asidosis metabolik terjadi ketika tubuh menghasilkan terlalu banyak asam atau ketika ginjal tidak mampu mengeluarkan asam secara efektif. Ini dapat disebabkan oleh dehidrasi yang parah, di mana kehilangan air mengakibatkan peningkatan konsentrasi asam dalam darah.
- b. Contoh Kasus: Ketoasidosis diabetik (KAD) adalah kondisi di mana tubuh menghasilkan keton asam akibat pemecahan lemak karena kekurangan insulin. Penurunan air dalam tubuh memperburuk kondisi asidosis ini.

2. Alkalosis Respiratorik:

- a. Alkalosis respiratorik disebabkan oleh penurunan kadar CO_2 dalam darah akibat hiperventilasi, yang meningkatkan pH darah. Dalam kondisi ini, kadar air dalam tubuh sangat mempengaruhi distribusi CO_2 dan keseimbangan pH.
- b. Contoh Kasus: Serangan panik atau penyakit paru-paru kronis dapat menyebabkan peningkatan respirasi dan penurunan kadar CO_2 , menyebabkan alkalosis.

3. Dehidrasi dan Ketidakseimbangan Elektrolit:

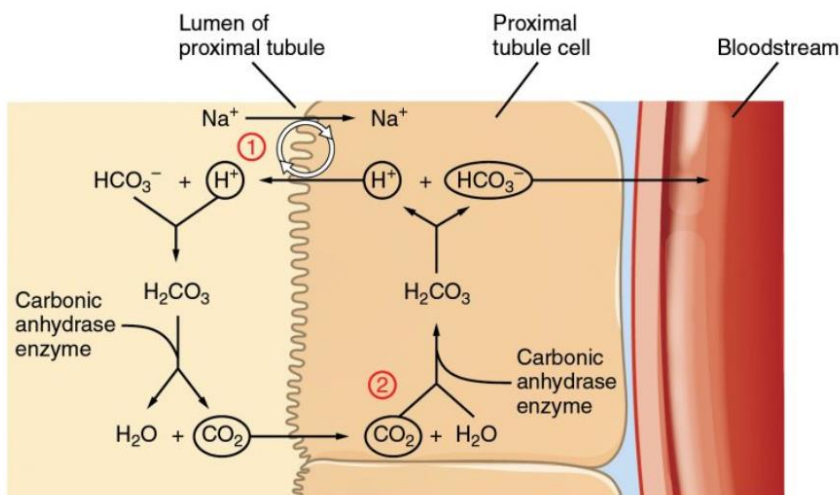
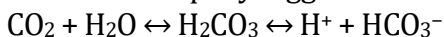
- a. Dehidrasi mengurangi volume air dalam tubuh, yang dapat mengganggu keseimbangan elektrolit seperti natrium dan kalium. Ini juga dapat menyebabkan perubahan pH karena ion H^+ dan OH^- tidak dapat didistribusikan secara efisien tanpa cukup air.
- b. Contoh Kasus: Hipernatremia akibat dehidrasi dapat menyebabkan peningkatan osmolaritas darah, yang berpotensi mempengaruhi pH darah dan menyebabkan alkalosis.

3.1.3 Sistem Penyangga Bikarbonat dalam Darah

Sistem penyangga bikarbonat merupakan salah satu mekanisme utama dalam menjaga keseimbangan asam-basa tubuh. Di dalam tubuh, CO_2 yang dihasilkan oleh sel-sel tubuh larut dalam air (H_2O) untuk membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Asam karbonat ini kemudian terdisosiasi menjadi ion

H^+ dan ion bikarbonat (HCO_3^-), yang berperan sebagai penyangga. Jika ada peningkatan ion H^+ (meningkatnya keasaman), ion bikarbonat akan menetralkan kelebihan ion tersebut. Sebaliknya, jika jumlah ion OH^- meningkat (peningkatan kebasaan), ion H^+ dari asam karbonat akan menetralkannya. (Gambar 3.2)

Reaksi sistem penyangga bikarbonat:



Gambar 3.2. Diagram sistem penyangga bikarbonat dalam darah.

3.1.4 Kasus Klinis: Gangguan Penyangga Bikarbonat

1. Asidosis Respiratorik: Kondisi di mana terdapat kelebihan CO_2 dalam darah, menyebabkan penumpukan H_2CO_3 dan peningkatan ion H^+ , sehingga menurunkan pH darah. Ini biasanya terjadi pada pasien dengan penyakit paru-paru kronis seperti penyakit paru obstruktif kronik (PPOK).
2. Alkalosis Metabolik: Alkalosis metabolik terjadi ketika terlalu banyak HCO_3^- dihasilkan atau ketika terjadi kehilangan H^+ , misalnya akibat muntah berkepanjangan atau penggunaan diuretik berlebihan.

Air tidak hanya bertindak sebagai pelarut penting untuk elektrolit dan ion yang mempengaruhi pH tubuh, tetapi juga berperan dalam distribusi molekul penyangga dan mendukung reaksi kimia esensial. Kondisi medis seperti asidosis dan alkalosis menunjukkan betapa pentingnya keseimbangan air dalam tubuh. Ketika keseimbangan air terganggu, keseimbangan asam-basa juga akan terpengaruh, yang dapat menyebabkan kondisi patologis serius.

3.2 Struktur Senyawa Utama Tubuh

Ada empat senyawa utama dalam tubuh yang berperan penting dalam fungsi biologis:

1. Karbohidrat: Berfungsi sebagai sumber energi utama. Contoh: glukosa.
2. Lipid: Berperan dalam penyimpanan energi dan pembentukan membran sel. Contoh: fosfolipid, trigliserida.
3. Protein: Berperan dalam katalisis reaksi biokimia (sebagai enzim), struktur, dan transportasi molekul. Contoh: hemoglobin, kolagen.
4. Asam Nukleat: Menyimpan dan mengekspresikan informasi genetik. Contoh: DNA, RNA.

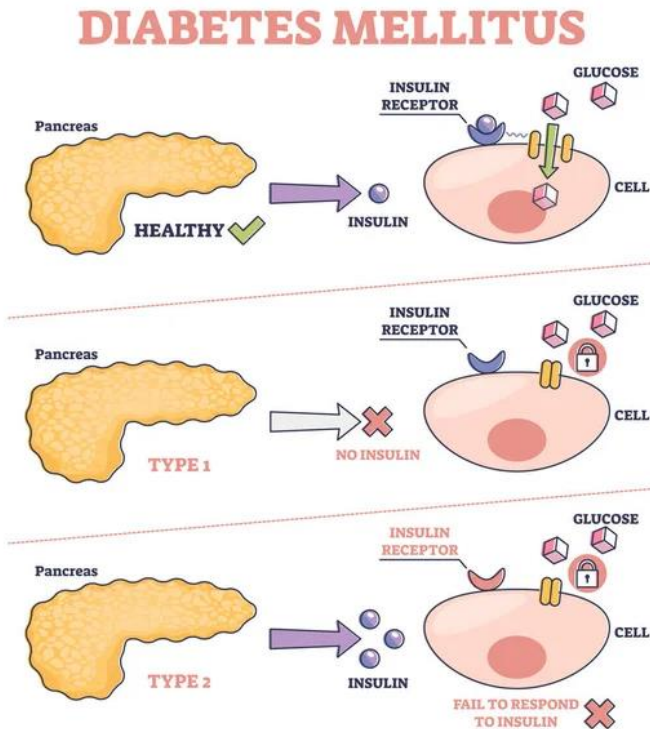
3.2.1 Karbohidrat

Karbohidrat adalah sumber energi utama untuk tubuh manusia, terutama dalam bentuk glukosa. Mereka juga berperan dalam penyimpanan energi (sebagai glikogen di hati dan otot) dan fungsi struktural, seperti pada komponen membran sel (glikoprotein dan glikolipid).

Peran utama karbohidrat dalam tubuh adalah sebagai berikut:

1. Sumber Energi: Glukosa dihasilkan dari pemecahan karbohidrat melalui proses glikolisis dan respirasi seluler untuk menghasilkan ATP.
2. Penyimpanan Energi: Glikogen adalah bentuk penyimpanan glukosa yang ditemukan di hati dan otot.
3. Komponen Struktural: Karbohidrat berikatan dengan protein dan lipid pada permukaan sel untuk membentuk glikoprotein

dan glikolipid yang terlibat dalam pengenalan sel dan komunikasi antar sel.



Gambar 3.3. Diagram metabolisme glukosa dan peran insulin dalam diabetes Mellitus.

Contoh Penyakit: Diabetes Mellitus

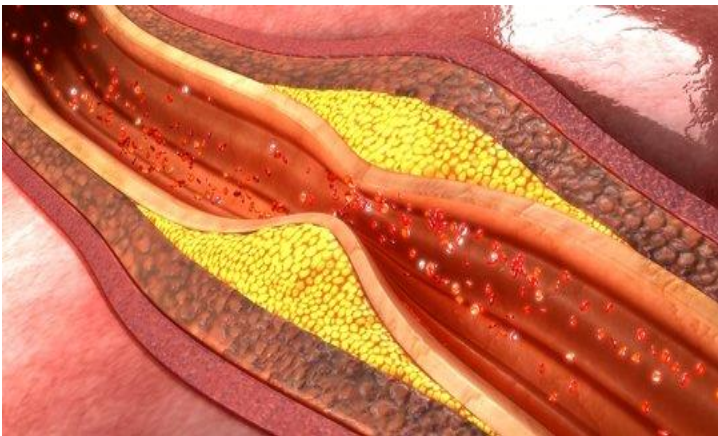
Diabetes mellitus adalah gangguan metabolisme karbohidrat yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah akibat ketidakmampuan tubuh memproduksi atau menggunakan insulin dengan efektif. Pada pasien diabetes, penggunaan glukosa terganggu, dan tubuh bergantung pada sumber energi alternatif seperti lemak dan protein, yang bisa menyebabkan komplikasi serius, seperti ketoasidosis diabetik (Gambar 3.3).

3.2.2 Lipid

Lipid mencakup lemak, minyak, fosfolipid, dan steroid. Mereka berperan dalam penyimpanan energi, pembentukan membran sel, dan regulasi hormon. Lipid juga bertindak sebagai pelindung organ internal dan insulator panas.

Lipid mempunyai peran utama dalam tubuh adalah sebagai berikut:

1. **Penyimpanan Energi:** Trigliserida, bentuk utama lemak dalam tubuh, disimpan di jaringan adiposa sebagai cadangan energi.
2. **Komponen Membran Sel:** Fosfolipid adalah komponen utama dari membran sel yang menjaga fluiditas dan integritas membran, serta mengatur transportasi molekul keluar dan masuk sel.
3. **Regulasi Hormon:** Steroid, seperti kolesterol, berfungsi sebagai prekursor untuk hormon steroid seperti estrogen dan testosteron.



Gambar 3.4. Ilustrasi penumpukan plak lemak pada arteri dalam aterosklerosis.

Contoh Penyakit: Aterosklerosis

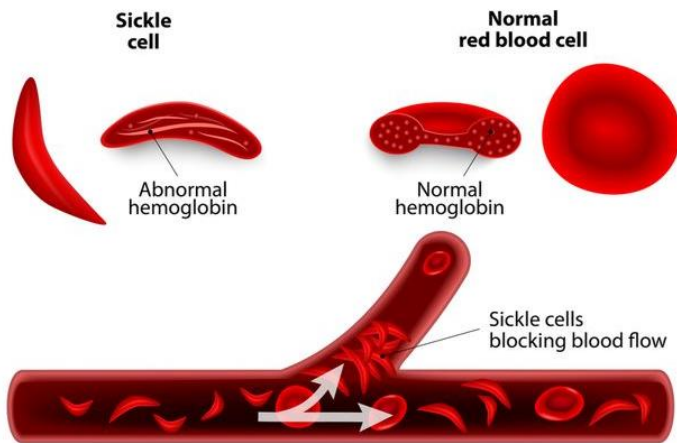
Aterosklerosis adalah penumpukan plak lemak (lipid) di dinding arteri, yang menyebabkan penyempitan pembuluh darah dan mengurangi aliran darah ke organ vital. Ini dapat menyebabkan penyakit jantung koroner, stroke, dan serangan jantung (Gambar 3.4).

3.2.3 Protein

Protein merupakan molekul yang memainkan peran utama dalam struktur, fungsi, dan regulasi sel. Mereka terlibat dalam berbagai fungsi seperti katalisis reaksi biokimia (sebagai enzim), transportasi molekul, dan pertahanan imun. Protein disusun dari asam amino yang membentuk rantai polipeptida.

Peran utama protein dalam tubuh manusia mencakup:

1. Enzim: Protein enzim seperti amilase dan lipase membantu memecah makanan menjadi nutrisi yang dapat diserap oleh tubuh.
2. Struktur: Protein struktural seperti kolagen dan keratin memberikan kekuatan dan elastisitas pada jaringan ikat dan kulit.
3. Transportasi: Hemoglobin, sebuah protein, mengangkut oksigen dalam darah dari paru-paru ke jaringan.



Gambar 3.5. struktur protein hemoglobin normal dan hemoglobin sel sabit.

Contoh Penyakit: Anemia Sel Sabit

Anemia sel sabit adalah penyakit genetik yang disebabkan oleh mutasi pada gen hemoglobin. Hal ini mengakibatkan sel darah merah berbentuk sabit, yang mengganggu kemampuan mereka untuk mengangkut oksigen

dan menyebabkan penyumbatan pada pembuluh darah kecil, memicu rasa sakit dan kerusakan organ (Gambar 3.5).

3.2.4 Asam Nukleat

Asam nukleat terdiri dari DNA dan RNA, yang merupakan materi genetik yang menyimpan dan mengekspresikan informasi genetik. DNA mengkode instruksi untuk sintesis protein, sementara RNA mentranskripsi informasi ini untuk produksi protein di dalam sel.

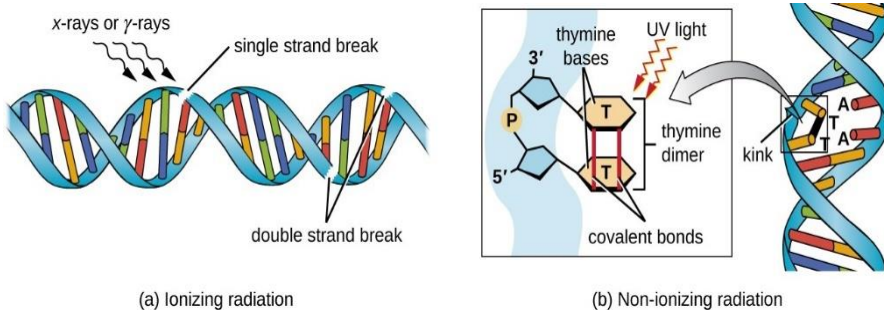
Asam nukleat mempunyai peran utama dalam tubuh manusia sebagai berikut:

Peran Utama asam nukleat dalam tubuh adalah sebagai berikut:

1. Penyimpanan Informasi Genetik: DNA menyimpan informasi yang menentukan sifat genetik dan instruksi untuk pengaturan fungsi seluler.
2. Sintesis Protein: RNA (mRNA, tRNA, dan rRNA) memainkan peran penting dalam menerjemahkan kode genetik DNA menjadi rantai asam amino untuk membentuk protein.
3. Replikasi Sel: DNA bereplikasi sebelum pembelahan sel untuk memastikan bahwa setiap sel anak menerima salinan yang tepat dari materi genetik.

Contoh Penyakit: Kanker

Kanker sering kali terjadi akibat mutasi genetik pada DNA, yang menyebabkan pertumbuhan sel yang tidak terkendali. Mutasi ini dapat merusak mekanisme kontrol pembelahan sel, sehingga sel kanker berkembang biak tanpa batas dan menyebar ke jaringan lain.



Gambar 3.6. Replikasi DNA dan mekanisme mutasi genetik yang dapat menyebabkan kanker.

Salah satu penyebab dari kanker adalah melalui mutagen secara Fisika, yaitu melalui radiasi pengion yang dapat memutuskan rantai DNA karena terjadi pembentukan radikal hidroksil. Radiasi pengion dilakukan dengan pemaparan sinar X, alfa, beta, gamma, ataupun radiasi kosmik. Radiasi non-pengion seperti sinar UV dapat menyebabkan pembentukan timin ganda pada rantai DNA. Terlihat pada gambar, kedua timin tersebut saling berikatan kovalen dan menghentikan produksi DNA karena replikasinya tidak benar (Gambar 3.6).

Dengan demikian karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat berperan krusial dalam menjalankan fungsi biologis tubuh, termasuk penyediaan energi, struktur seluler, komunikasi antar sel, dan penyimpanan informasi genetik. Ketidakseimbangan atau gangguan dalam metabolisme atau struktur salah satu dari molekul ini dapat memicu berbagai penyakit yang berpotensi fatal, seperti diabetes, aterosklerosis, anemia sel sabit, dan kanker. Memahami peran masing-masing molekul ini penting untuk diagnosis dan pengelolaan penyakit secara efektif.

3.3 Peranan Asam Amino dan Protein dalam Tubuh

3.3.1 Asam amino

Asam amino merupakan blok pembangun protein. Terdapat 20 asam amino utama yang ditemukan dalam protein manusia, yang dibedakan berdasarkan gugus "R" atau rantai sampingnya. Asam amino diklasifikasikan menjadi tiga kategori:

1. Asam Amino Esensial: Tidak dapat disintesis oleh tubuh dan harus diperoleh dari makanan. Contoh: leusin, lisin dan valin.
2. Asam Amino Non-Esensial: Dapat disintesis oleh tubuh. Contoh: alanin, asam aspartate dan glisin.
3. Asam Amino Bersyarat: Dapat menjadi esensial dalam kondisi tertentu, seperti stres atau penyakit. Contoh: arginin dan glutamin

Fungsi Utama Asam Amino:

1. Sintesis Protein: Asam amino disusun menjadi protein oleh ribosom dalam sel melalui proses translasi RNA.
2. Produksi Energi: Dalam kondisi kekurangan glukosa, asam amino dapat digunakan untuk menghasilkan energi melalui glukoneogenesis.
3. Prekursor Molekul Biologis: Asam amino merupakan prekursor bagi senyawa lain seperti hormon, neurotransmitter, dan enzim.

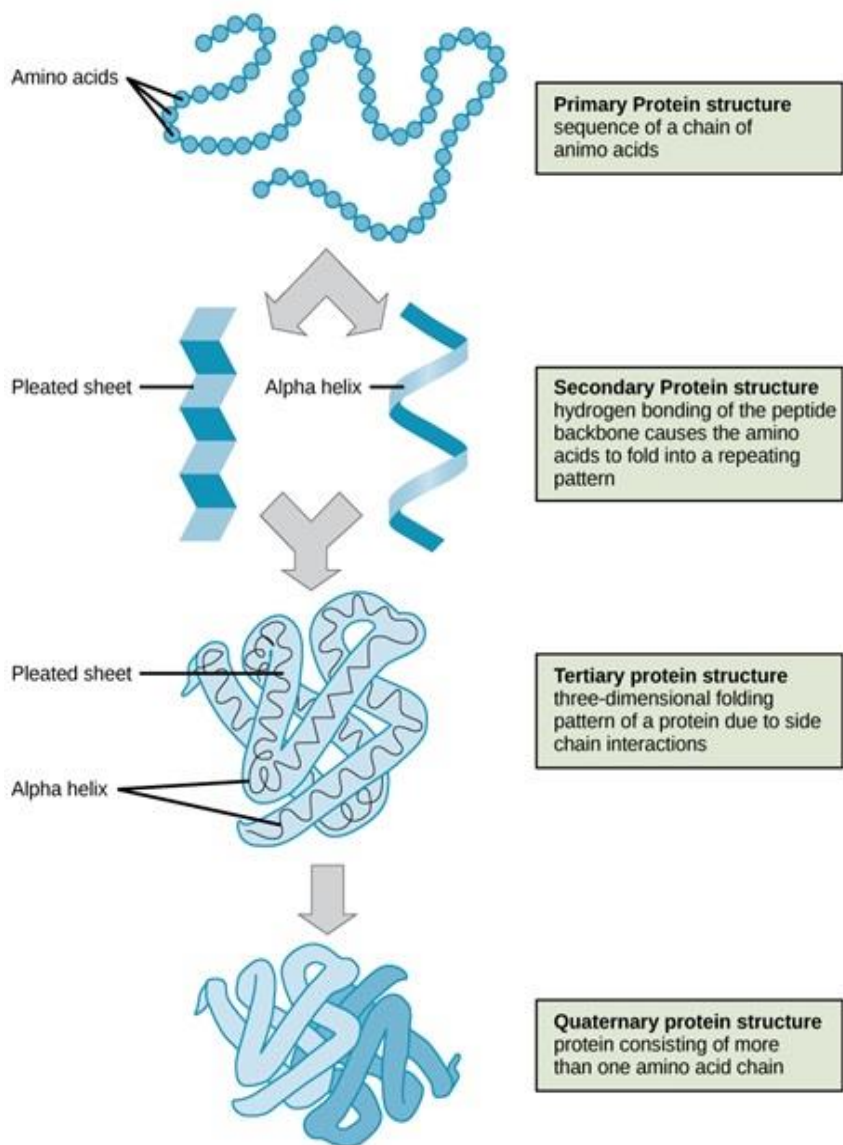
3.3.2 Protein

Protein memiliki beberapa tingkat struktur yang kompleks:

1. Struktur Primer: Urutan asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida.
2. Struktur Sekunder: Lipatan lokal yang stabil, seperti heliks alfa dan lembaran beta, yang disebabkan oleh ikatan hidrogen antara gugus amida dan karbonil.
3. Struktur Tersier: Susunan tiga dimensi seluruh rantai polipeptida yang stabil karena interaksi antara rantai samping asam amino.
4. Struktur Kuartener: Susunan beberapa rantai polipeptida menjadi satu protein fungsional. Contoh: hemoglobin. (Gambar 3.7)

Protein memainkan banyak peran penting dalam fungsi tubuh manusia. Setelah disintesis dari asam amino, protein membentuk struktur seluler, bertindak sebagai enzim, dan berfungsi dalam transportasi, regulasi, serta pertahanan tubuh. Fungsi Utama Protein dalam Tubuh:

1. Struktur dan Dukungan:
Protein seperti kolagen dan keratin memberikan struktur dan kekuatan pada jaringan seperti kulit, rambut, tulang, dan otot.
2. Enzim:
Enzim merupakan protein yang mempercepat reaksi biokimia dalam tubuh, seperti amilase yang memecah karbohidrat atau lipase yang memecah lemak.
3. Transportasi dan Penyimpanan:
Protein transportasi seperti hemoglobin mengangkut oksigen dalam darah, sedangkan protein seperti ferritin menyimpan zat besi.
4. Regulasi Hormon:
Beberapa protein berfungsi sebagai hormon yang mengatur proses fisiologis, seperti insulin yang mengatur kadar gula darah.
5. Pertahanan Tubuh:
Antibodi (imunoglobulin) merupakan protein yang diproduksi oleh sistem kekebalan tubuh untuk melawan patogen seperti bakteri dan virus.



Gambar 3.7. Diagram struktur protein dari primer hingga kuartern.

3.3.3 Penyakit yang Melibatkan Gangguan Asam Amino dan Protein

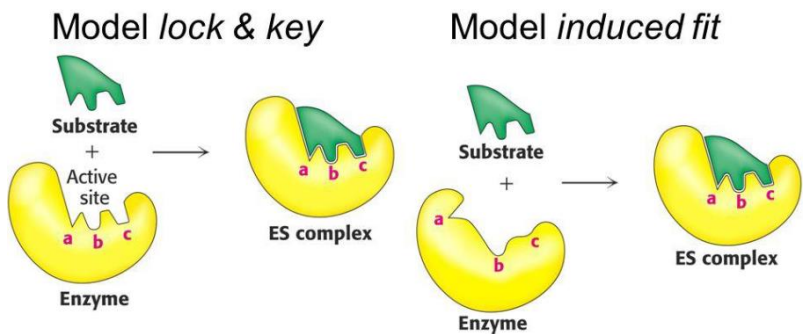
1. Penyakit Kekurangan Protein: Kwashiorkor
 - a. Kwashiorkor adalah kondisi malnutrisi berat yang disebabkan oleh kekurangan protein dalam diet, meskipun energi dari karbohidrat mungkin masih cukup. Hal ini sering terjadi pada anak-anak di daerah yang kekurangan makanan bergizi.
 - b. Gejala: Pembengkakan (edema) akibat ketidakseimbangan cairan, perut buncit, gangguan pertumbuhan, dan kelemahan otot.
 - c. Mekanisme: Tanpa protein yang cukup, tubuh tidak bisa mempertahankan keseimbangan cairan normal, yang menyebabkan akumulasi cairan di jaringan tubuh.
2. Penyakit Genetik: Fenilketonuria (PKU)
 - a. Fenilketonuria (PKU) adalah kelainan genetik yang disebabkan oleh mutasi pada gen yang mengkode enzim fenilalanin hidroksilase, yang diperlukan untuk mengubah asam amino fenilalanin menjadi tirosin.
 - b. Gejala: Penumpukan fenilalanin dalam darah dapat menyebabkan kerusakan otak, keterlambatan perkembangan, masalah perilaku, dan keterbelakangan mental.
 - c. Pengelolaan: Diet rendah fenilalanin diperlukan untuk mencegah penumpukan asam amino tersebut dan kerusakan lebih lanjut.
3. Sickle Cell Anemia (Anemia Sel Sabit)
 - a. Anemia sel sabit adalah gangguan genetik pada protein hemoglobin, di mana mutasi pada gen hemoglobin menyebabkan bentuk sel darah merah menjadi sabit. Hemoglobin normal memiliki struktur protein kuarterner yang memungkinkan pengikatan oksigen secara efektif, tetapi pada penderita anemia sel sabit, struktur ini terganggu.
 - b. Gejala: Sel darah merah berbentuk sabit menyebabkan penyumbatan di pembuluh darah kecil, memicu rasa sakit akut, anemia, dan kerusakan organ.

- c. Mekanisme: Mutasi mengubah asam amino glutamat menjadi valin pada posisi ke-6 dalam rantai beta-globin, yang menyebabkan perubahan bentuk hemoglobin dan sifat fisik sel darah merah.

Asam amino dan protein memainkan peran vital dalam menjaga fungsi dasar tubuh manusia. Asam amino bertindak sebagai bahan baku utama dalam sintesis protein, sementara protein menjalankan banyak fungsi esensial, termasuk penyediaan struktur, katalisis reaksi biokimia, transportasi molekul, dan pertahanan tubuh. Gangguan pada metabolisme asam amino atau fungsi protein dapat menyebabkan penyakit serius seperti kwashiorkor, fenilketonuria, dan anemia sel sabit. Pemahaman tentang peran kritis ini sangat penting untuk mendiagnosis, mencegah, dan mengelola berbagai kondisi kesehatan.

3.4 Enzim

Enzim merupakan protein yang bertindak sebagai katalis, mempercepat reaksi kimia tanpa dikonsumsi dalam prosesnya. Enzim bekerja dengan menurunkan energi aktivasi reaksi. Enzim memiliki situs aktif yang berinteraksi dengan substrat spesifiknya melalui mekanisme "kunci-gembok" atau "induced fit." (Gambar 3.8)



Gambar 3.8. Mekanisme kerja enzim model "kunci-gembok" dan "induced fit"

3.4.1 Fungsi Enzim dalam Tubuh

Enzim adalah protein khusus yang berfungsi sebagai katalisator biokimia dalam tubuh manusia, mempercepat reaksi kimia yang diperlukan untuk menjalankan berbagai fungsi vital. Tanpa enzim, reaksi-reaksi ini akan berlangsung terlalu lambat untuk mendukung kehidupan.

Fungsi Utama Enzim:

1. **Mempercepat Reaksi Kimia:**

Enzim menurunkan energi aktivasi yang diperlukan untuk memulai reaksi, sehingga mempercepat reaksi. Sebagai contoh, enzim amilase dalam air liur mempercepat pemecahan pati menjadi gula sederhana selama pencernaan.

2. **Spesifisitas:**

Setiap enzim spesifik untuk substrat tertentu, yang berarti bahwa hanya molekul-molekul tertentu yang bisa diikat oleh enzim pada situs aktifnya. Sebagai contoh, urease hanya mengkatalisis pemecahan urea menjadi amonia dan karbon dioksida.

3. **Pengaturan Metabolisme:**

Enzim berperan penting dalam pengaturan metabolisme, seperti siklus Krebs, glikolisis, dan fosforilasi oksidatif yang menghasilkan ATP, sumber energi utama sel.

4. **Detoksifikasi:**

Beberapa enzim berperan dalam detoksifikasi tubuh. Enzim katalase, misalnya, menguraikan hidrogen peroksida yang beracun menjadi air dan oksigen.

3.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Kerja Enzim

Kerja enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat mempercepat atau memperlambat aktivitas katalitiknya. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. **Suhu:**

- a. **Suhu Optimal:** Enzim bekerja paling baik pada suhu tertentu, biasanya sekitar 37°C (suhu tubuh manusia). Peningkatan suhu dapat meningkatkan aktivitas enzim karena molekul bergerak lebih cepat, namun pada suhu terlalu tinggi, enzim dapat mengalami denaturasi.

- b. Penurunan Aktivitas Akibat Suhu Tinggi: Ketika suhu terlalu tinggi, ikatan hidrogen dan interaksi lainnya yang menjaga struktur enzim dapat rusak, menyebabkan denaturasi. Sebagai contoh, enzim pepsin yang bekerja di lambung, aktif pada suhu tubuh, tetapi akan rusak pada suhu yang lebih tinggi.
2. pH:
- a. pH Optimal: Setiap enzim memiliki pH optimalnya sendiri. Misalnya, pepsin bekerja optimal pada pH asam (pH 2) di lambung, sedangkan amilase bekerja baik pada pH netral di mulut (pH 7).
 - b. Pengaruh pH Ekstrem: pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mengganggu ionisasi gugus aktif enzim atau substratnya, sehingga mengurangi afinitas enzim terhadap substrat dan memperlambat reaksi.
3. Konsentrasi Substrat:
- Peningkatan konsentrasi substrat dapat mempercepat reaksi hingga titik tertentu, di mana semua enzim terikat dengan substrat, setelah itu penambahan substrat tidak akan meningkatkan laju reaksi (kondisi saturasi).
4. Inhibitor Enzim:
- a. Inhibitor Kompetitif: Molekul ini bersaing dengan substrat untuk mengikat ke situs aktif enzim, menghambat aktivitas enzim. Contoh: Metotreksat, inhibitor enzim dihidrofolat reduktase yang digunakan sebagai agen kemoterapi.
 - b. Inhibitor Non-kompetitif: Mengikat ke bagian lain dari enzim dan mengubah bentuk situs aktif, sehingga substrat tidak bisa mengikat. Contoh: Sianida menghambat enzim sitokrom oksidase dalam rantai transpor elektron, mengganggu produksi ATP.
5. Kofaktor dan Koenzim:
- Beberapa enzim memerlukan molekul pendukung, seperti kofaktor (ion logam seperti Mg^{2+} , Fe^{2+}) atau koenzim (molekul organik seperti NAD^+ , FAD^+), untuk berfungsi dengan baik. Kekurangan kofaktor atau koenzim dapat memperlambat aktivitas enzim.

3.4.3 Contoh Penyakit yang Melibatkan Gangguan Enzim

1. Defisiensi Laktase (Intoleransi Laktosa)
 - a. Defisiensi laktase adalah gangguan di mana tubuh kekurangan enzim laktase, yang diperlukan untuk memecah laktosa (gula dalam susu) menjadi glukosa dan galaktosa. Hal ini menyebabkan laktosa tidak tercerna dan difermentasi oleh bakteri di usus besar, menghasilkan gas dan gejala pencernaan.
 - b. Gejala: Kembung, diare, dan sakit perut setelah mengonsumsi produk susu.
 - c. Pengelolaan: Diet bebas laktosa atau penggunaan suplemen enzim laktase.
2. Gaucher Disease
 - a. Gaucher Disease adalah penyakit genetik yang disebabkan oleh kekurangan enzim glukoserebrosidase, yang menyebabkan penumpukan glukoserebrosida dalam sel-sel makrofag. Akumulasi ini menyebabkan kerusakan organ-organ seperti hati, limpa, dan sumsum tulang.
 - b. Gejala: Pembesaran hati dan limpa (hepatosplenomegali), nyeri tulang, dan anemia.
 - c. Pengelolaan: Terapi penggantian enzim dengan enzim rekombinan.

Enzim memainkan peran kunci dalam hampir semua proses biokimia dalam tubuh, dari pencernaan makanan hingga produksi energi dan detoksifikasi. Faktor-faktor seperti suhu, pH, konsentrasi substrat, dan keberadaan inhibitor dapat mempengaruhi aktivitas enzim. Gangguan pada fungsi enzim atau defisiensi enzim dapat menyebabkan berbagai penyakit yang serius, seperti Fenilketonuria, intoleransi laktosa, dan Gaucher Disease, yang memerlukan penanganan khusus untuk mencegah komplikasi lebih lanjut.

3.5 Biokimia Sel

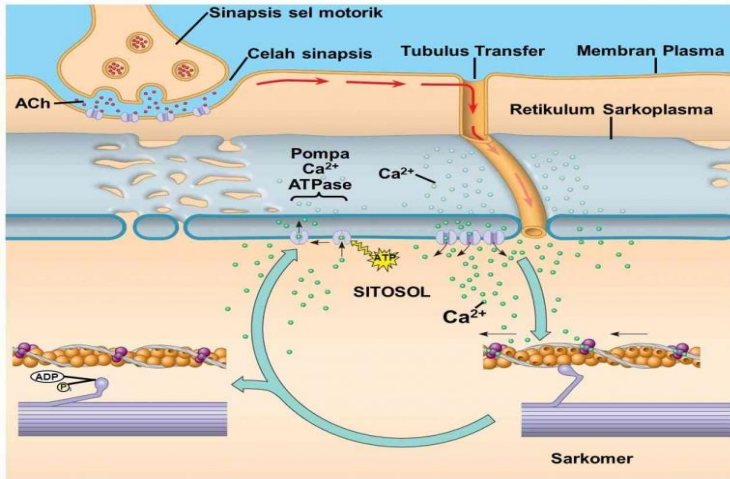
Reaksi biokimia dalam sel melibatkan molekul energi seperti ATP (*Adenosine Triphosphate*) yang berperan sebagai sumber energi utama untuk berbagai proses seluler. ATP

menyimpan energi dalam ikatan fosfat berenergi tinggi, yang dilepaskan selama pemecahan menjadi ADP (Adenosine Diphosphate) dan Pi (fosfat anorganik). Energi ini digunakan untuk mendukung proses-proses penting seperti kontraksi otot, transportasi aktif, dan sintesis molekul.

3.5.1 ATP dalam Kontraksi Otot

Kontraksi otot adalah salah satu proses biologis yang paling penting dan memerlukan energi dari ATP. Proses ini melibatkan interaksi antara protein aktin dan miosin dalam serat otot. Berikut adalah tahapan dasar kontraksi otot:

1. Pengikatan ATP ke Miosin:
Kepala miosin mengikat molekul ATP yang tidak terhidrolisis. Ini menyebabkan miosin melepaskan aktin, menghentikan interaksi antara kedua protein tersebut.
2. Hidrolisis ATP:
ATP dihidrolisis menjadi ADP dan Pi oleh enzim ATPase yang berada di kepala miosin. Energi yang dilepaskan dari pemecahan ATP mengubah konformasi kepala miosin, mempersiapkannya untuk langkah berikutnya.
3. Pembentukan Jembatan Silang (*Cross-Bridge*):
Setelah hidrolisis, kepala miosin yang teraktivasi mengikat kembali ke aktin, membentuk "jembatan silang" (*cross-bridge*) antara miosin dan aktin.
4. Gerakan Power Stroke:
Pelepasan ADP dan Pi dari kepala miosin memicu gerakan "*power stroke*," di mana kepala miosin menarik filamen aktin ke arah tengah sarcomere, menyebabkan kontraksi otot.
5. Pengulangan Siklus:
Proses ini berulang selama ada ATP dan ion kalsium yang tersedia untuk menjaga interaksi antara aktin dan miosin.



Gambar 3.9. Mekanisme kontraksi otot yang melibatkan ATP

3.5.2 ATP dalam Transpor Aktif

Transpor aktif adalah proses yang memerlukan energi untuk memindahkan molekul melawan gradien konsentrasinya (dari konsentrasi rendah ke tinggi). Ini berbeda dengan transpor pasif, yang tidak memerlukan energi eksternal. ATP menyediakan energi yang dibutuhkan dalam berbagai mekanisme transpor aktif, termasuk pompa ion dan proses endositosis/exositosis.

1. Pompa Natrium-Kalium (Na^+/K^+ -ATPase):

Pompa Na^+/K^+ -ATPase adalah salah satu contoh terbaik dari transpor aktif. Pompa ini menjaga konsentrasi ion natrium (Na^+) dan kalium (K^+) di dalam dan di luar sel.

Proses:

- ATP dihidrolisis menjadi ADP dan P_i , yang menyediakan energi untuk memompa tiga ion Na^+ keluar dari sel dan dua ion K^+ masuk ke dalam sel.
- Pompa ini penting untuk menjaga potensial membran sel dan mendukung fungsi sel saraf dan otot.

2. Endositosis dan Eksositosis:

ATP juga diperlukan dalam proses endositosis (pengambilan zat dari luar sel) dan eksositosis (pengeluaran zat dari dalam sel), di mana vesikel membran menelan atau melepaskan

molekul besar. Proses ini penting dalam berbagai fungsi, termasuk komunikasi antar sel dan penyerapan nutrisi.

3.5.3 ATP dalam Sintesis Molekul

ATP juga memainkan peran penting dalam sintesis berbagai molekul, seperti protein, asam nukleat, dan lipid. Proses-proses ini sangat penting untuk pertumbuhan sel, replikasi DNA, dan fungsi seluler lainnya.

1. Sintesis Protein:

Proses sintesis protein, atau translasi, memerlukan energi yang disuplai oleh ATP dan GTP (guanosine triphosphate). Dalam proses ini, ATP digunakan untuk mengikat tRNA (transfer RNA) ke ribosom dan menggabungkan asam amino yang sesuai ke dalam rantai polipeptida yang baru terbentuk.

Proses:

- a. ATP mengaktifkan asam amino dengan mengikatnya ke tRNA yang sesuai.
- b. Energi ini juga digunakan dalam pergerakan ribosom di sepanjang mRNA selama elongasi rantai polipeptida.

2. Sintesis Asam Nukleat:

Replikasi DNA dan transkripsi RNA memerlukan energi yang disediakan oleh ATP dan nukleotida trifosfat lainnya. Dalam replikasi, ATP diperlukan untuk memisahkan untai ganda DNA oleh enzim helikase, serta dalam proses ligasi dan perbaikan DNA.

3. Sintesis Lipida:

ATP diperlukan dalam sintesis asam lemak dan trigliserida. Sebagai contoh, enzim asetil-KoA karboksilase yang mengkatalisis tahap pertama sintesis asam lemak memerlukan ATP untuk mengubah asetil-KoA menjadi malonil-KoA.

3.5.4 Contoh Penyakit yang Melibatkan Gangguan Metabolisme ATP

1. Miopati Mitokondrial:

- a. Miopati Mitokondrial adalah sekelompok kelainan genetik yang memengaruhi kemampuan sel untuk menghasilkan ATP. Mutasi di dalam DNA mitokondria mengganggu rantai

transpor elektron, yang merupakan bagian utama dari produksi ATP dalam sel.

- b. Gejala: Kelemahan otot, intoleransi terhadap olahraga, dan kerusakan saraf.
- c. Pengelolaan: Terapi paliatif yang melibatkan latihan fisik yang dimodifikasi dan suplemen yang mendukung fungsi mitokondria.

2. Sindrom Kelelahan Kronis (*Chronic Fatigue Syndrome* - CFS):

- a. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penderita Sindrom Kelelahan Kronis memiliki gangguan pada produksi dan pemanfaatan ATP. Energi yang dihasilkan oleh mitokondria tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tubuh.
- b. Gejala: Kelelahan ekstrim yang tidak membaik dengan istirahat, nyeri otot, dan gangguan tidur.
- c. Pengelolaan: Pengobatan bersifat simptomatik dengan fokus pada manajemen gejala melalui gaya hidup, nutrisi, dan terapi medis.

ATP dalam sel memiliki peran yang sangat penting untuk berbagai proses biologis, termasuk kontraksi otot, transpor aktif, dan sintesis molekul. Tanpa ATP, reaksi-reaksi biokimia ini akan berjalan terlalu lambat untuk mempertahankan kehidupan. Gangguan dalam produksi atau pemanfaatan ATP dapat menyebabkan berbagai penyakit, seperti miopati mitokondrial dan sindrom kelelahan kronis. Pemahaman mendalam mengenai peran ATP penting untuk menjelaskan berbagai kondisi klinis dan pengembangan terapi yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts B, Johnson A, Lewis J, dkk. (2014). *Molecular Biology of the Cell*. New York Garland Science.
- Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L dkk. (2015). *Biochemistry*. New York. W.H. Freeman and Company.
- Lodish H, Berk A, Zipursky SL, dkk. (2016). *Molecular Cell Biology*. Edisi ke-4 W.H. New York. Freeman.
- Nelson DL & Michael MC. (2017). *Lehninger Principles of Biochemistry*. New York. W.H. Freeman.
- Voet D, Voet JG, Pratt CW, dkk. (2016). *Fundamentals of Biochemistry: Life at the Molecular Level*. New York. Wiley.

BAB 4

GENETIK DAN BIOLOGI MOLEKULER

Oleh Dessy Arisanty

4.1 Pendahuluan

Genetika dan biologi molekuler adalah dua bidang yang saling terkait dan memainkan peran penting dalam perkembangan ilmu biomedis dan kedokteran modern. Pemahaman tentang mekanisme genetika dan molekuler yang mendasari proses kehidupan tidak hanya memperkaya pengetahuan dasar tentang biologi tetapi juga membuka jalan bagi berbagai aplikasi klinis yang revolusioner.

Sejak penemuan struktur DNA oleh Watson dan Crick pada tahun 1953, kemajuan dalam genetika dan biologi molekuler telah mempercepat penemuan-penemuan penting yang mengubah paradigma medis. Misalnya, Proyek Genom Manusia yang dimulai pada tahun 1990 dan diselesaikan pada tahun 2003, mengungkapkan seluruh urutan genom manusia, memberikan wawasan yang belum pernah terjadi sebelumnya tentang genetika manusia dan dasar-dasar molekuler dari banyak penyakit.

Dalam kedokteran, genetika memberikan kerangka kerja untuk memahami bagaimana sifat-sifat diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya dan bagaimana variasi genetik dapat mempengaruhi kesehatan dan penyakit. Biologi molekuler, di sisi lain, memberikan alat dan teknik untuk menyelidiki dan memanipulasi materi genetik, memungkinkan pengembangan terapi baru dan diagnostik yang lebih presisi. Bab ini akan menjelaskan konsep dasar genetika dan biologi molekuler, serta menjelajahi bagaimana kedua bidang ini berinteraksi dan berkontribusi terhadap ilmu biomedis.

4.2 Definisi Genetik

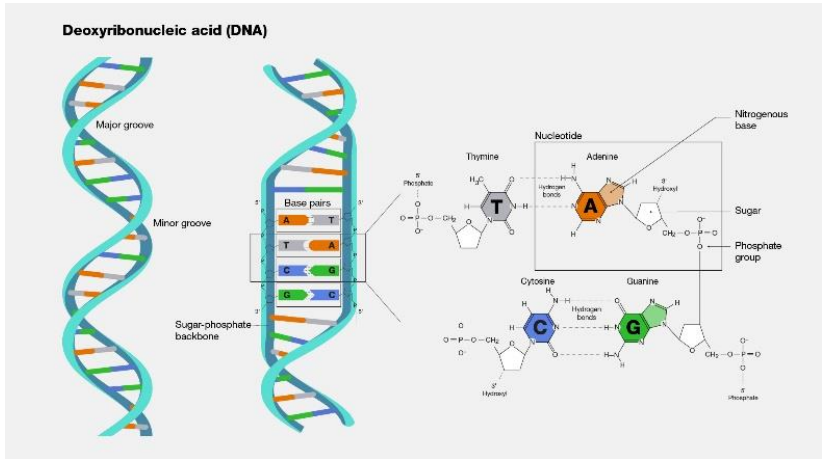
Genetika adalah studi yang mempelajari pewarisan sifat-sifat dari satu generasi ke generasi berikutnya melalui gen baik

gen secara umum maupun gen secara khusus. Genetika modern berfokus pada zat kimia dan menyusun gen, yang disebut *Deoxyribonucleic Acid*, atau DNA, dan cara zat tersebut memengaruhi reaksi kimia yang membentuk proses kehidupan di dalam sel (Winchester, 2024).

1. Struktur dan Fungsi DNA

Deoxyribonucleic Acid (DNA) merupakan molekul yang membawa informasi genetik untuk perkembangan dan fungsi suatu organisme. DNA terbuat dari dua untai yang saling terkait yang melilit satu sama lain hingga menyerupai tangga yang terpilin, dikenal sebagai bentuk heliks ganda. Setiap untai molekul DNA terdiri dari rantai molekul gula deoksiribosa yang terikat pada gugus fosfat dan basa nitrogen. Basa yang membentuk urutan DNA: Adenin (A), timin (T), sitosin (C), dan Guanin (G), disatukan oleh ikatan kovalen antara fosfat dari satu nukleotida dan gula dari nukleotida berikutnya, membentuk tulang punggung gula-fosfat yang menjadi tempat mencuatnya basa-basa nitrogen. Satu untai terikat pada untai lainnya oleh ikatan hidrogen antara basa-basa, urutan ikatan ini bersifat spesifik yaitu adenin hanya berikatan dengan timin, dan sitosin hanya dengan guanin. Konfigurasi molekul sangat stabil, sehingga memungkinkannya bertindak sebagai cetakan untuk replikasi molekul DNA baru, serta untuk produksi (transkripsi) molekul RNA (asam ribonukleat) terkait. Segmen DNA yang mengkode sintesis protein tertentu oleh sel disebut gen (Bates, 2024; Britannica, 2024e).

Struktur DNA yang unik berfungsi sebagai bahan menyimpan dan mentransmisikan informasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya. Secara khusus, empat basa nitrogen yang menyusun urutan nukleotida dalam molekul DNA memungkinkan sejumlah besar informasi disimpan dalam ruang yang minimal (Ghannam et al., 2023).



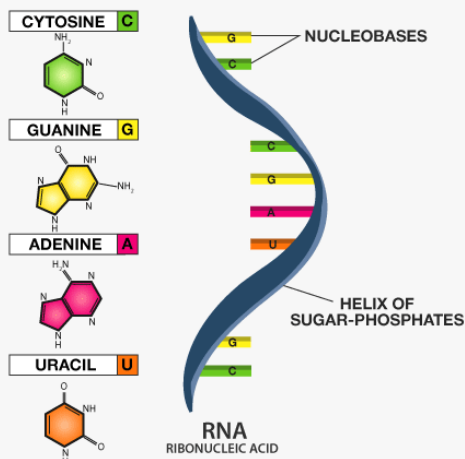
Gambar 4.1. Ilustrasi Struktur DNA.

2. Struktur dan Fungsi RNA

Ribonucleic Acid (RNA) terdiri dari nukleotida, yaitu gula ribosa yang terikat pada basa nitrogen dan gugus fosfat. Basa nitrogen tersebut meliputi adenin (A), urasil (U), guanin (G), dan sitosin (C). RNA sebagian besar terdapat dalam bentuk untai tunggal, tetapi pada virus RNA khusus yang beruntai ganda. Molekul RNA dapat memiliki berbagai panjang dan struktur. Molekul RNA tertentu juga mengatur ekspresi gen dan berpotensi berfungsi sebagai agen terapeutik pada penyakit manusia (Wang & Farhana, 2023) (Wan & Chatterjee, 2024; Wang & Farhana, 2023).

Fungsi utama RNA adalah untuk membentuk protein melalui tahapan translasi. RNA membawa informasi genetik yang diterjemahkan oleh ribosom menjadi berbagai protein yang diperlukan untuk proses seluler. Terdapat tiga jenis utama RNA yang terlibat dalam sintesis protein, yaitu *messenger* RNA (mRNA), *transfer* (tRNA), dan *ribosomal* RNA (rRNA). Fungsi lainnya termasuk penyuntingan RNA, regulasi gen, dan interferensi RNA. Proses ini dilakukan oleh sekelompok *small regulatory* RNA's, termasuk *small nuclear* RNA (snRNA), *micro*RNA (miRNA), dan *small interfering* RNAs (siRNA) (Wan & Chatterjee, 2024; Wang & Farhana, 2023).

RIBONUCLEIC ACID (RNA)



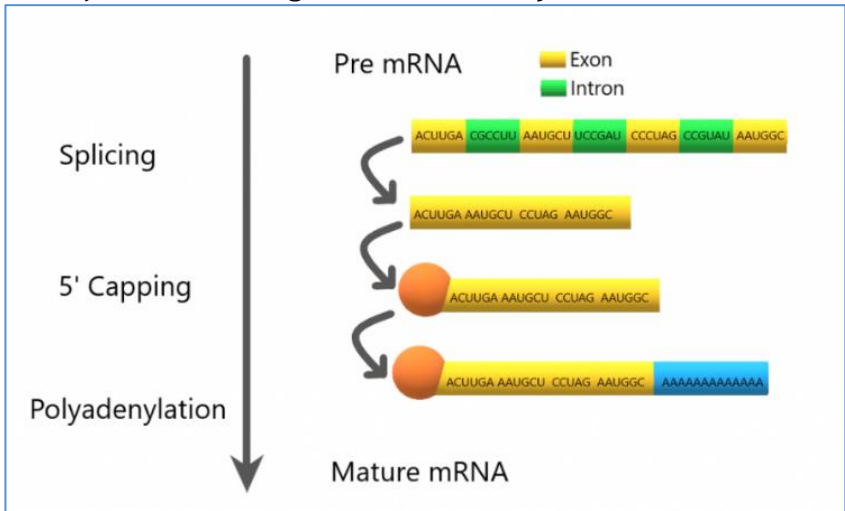
Gambar 4.2. Ilustrasi Struktur RNA.

4.2.1 mRNA

mRNA ditranskripsi dari DNA dan mengandung cetak biru genetik untuk membuat protein. mRNA prokariotik tidak perlu diproses dan dapat langsung melanjutkan sintesis protein. Pada eukariota, transkrip RNA yang baru ditranskripsikan dianggap sebagai pre-mRNA dan perlu mengalami pematangan untuk membentuk mRNA. Pre-mRNA mengandung daerah non-coding dan coding yang dikenal sebagai intron dan ekson. Selama pemrosesan pre-mRNA, intron dihilangkan dari mRNA. Intron adalah bagian dari gen yang tidak mengkode protein. Setelah pemrosesan, mRNA yang terbentuk hanya terdiri dari ekson, yaitu bagian yang mengkode protein. Sebuah tutup 5' yang dikenal sebagai 7-methylguanosine ditambahkan ke ujung 5' dari transkrip RNA, dan ujung 3' dipoliadenilasi.

Poliadenilasi mengacu pada proses di mana ekor poli (A), yang merupakan urutan nukleotida adenin, ditambahkan ke transkrip. Tutup 5' melindungi mRNA dari degradasi dan memandu ribosom untuk mengikat mRNA pada lokasi yang tepat, sementara ekor poli (A) 3' meningkatkan stabilitas mRNA, menandai ujung dari untai mRNA, dan membantu dalam

transportasi mRNA dari nukleus ke sitoplasma (Wan & Chatterjee, 2024; Wang & Farhana, 2023).

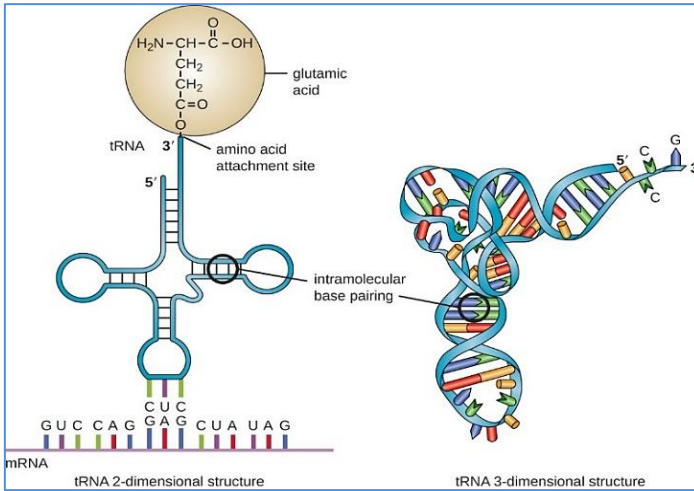


Gambar 4.3. Tahapan pra-mRNA sebelum meninggalkan nukleus.

Sumber: (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) license.

4.2.2 tRNA

tRNA adalah molekul RNA yang berperan dalam menerjemahkan mRNA menjadi protein. Struktur tRNA mencakup situs akseptor 3', fosfat terminal 5', lengan D, lengan T, dan lengan antikodon. Fungsi utamanya adalah mengangkut asam amino pada situs akseptor 3' dan membawanya ke kompleks ribosom dengan bantuan enzim aminoasil-tRNA sintetase. Aminoasil-tRNA sintetase merupakan enzim yang memuat asam amino yang sesuai ke tRNA bebas untuk mensintesis protein.

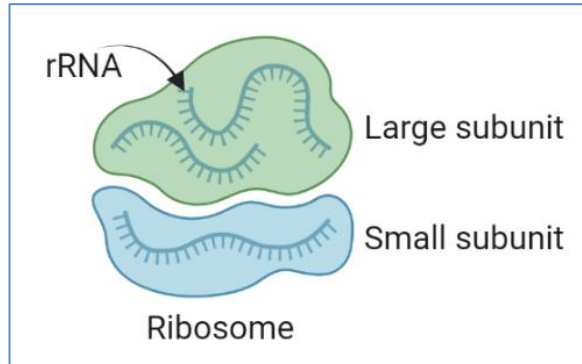


Gambar 4.4. Ilustrasi Struktur tRNA.

Setelah asam amino terikat pada tRNA, tRNA dianggap sebagai aminoasil-tRNA. Jenis asam amino pada tRNA bergantung pada kodon mRNA, yang merupakan urutan tiga nukleotida yang mengkode asam amino. Lengan antikodon tRNA adalah situs antikodon yang komplementer terhadap kodon mRNA dan menentukan asam amino mana yang akan dibawa (Wan & Chatterjee, 2024; Wang & Farhana, 2023).

4.2.3 rRNA

rRNA membentuk ribosom yang penting dalam sintesis protein. Ribosom mengandung subunit ribosom besar dan kecil. Pada prokariota, subunit ribosom 30S kecil dan 50S besar membentuk ribosom 70S. pada eukariota, subunit 40S dan 60S membentuk ribosom 80S. ribosom mengandung situs keluar ϵ , peptidil (P), dan akseptor (A) untuk mengikat aminoasil-tRNA dan menghubungkan asam amino bersama-sama untuk membentuk polipeptida (Wan & Chatterjee, 2024; Wang & Farhana, 2023).

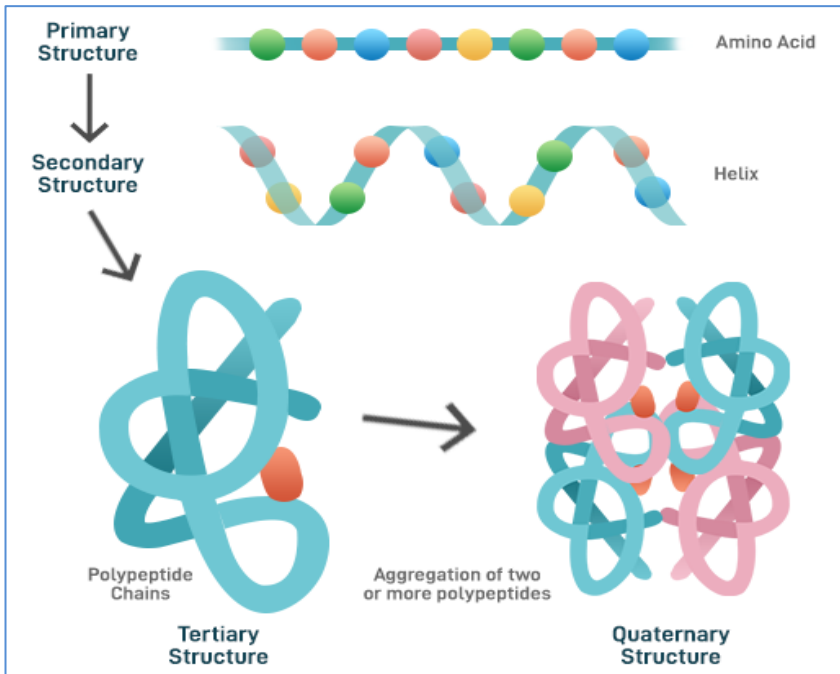


Gambar 4.5. Ilustrasi struktur rRNA dalam ribosom.

3. Protein

Protein merupakan zat yang sangat kompleks yang terdapat dalam semua organisme hidup. Protein memiliki nilai gizi yang besar dan terlibat langsung dalam proses kimia yang penting bagi kehidupan. Protein bersifat spesifik spesies, protein satu spesies berbeda dari protein spesies lain. Protein juga spesifik organ, misalnya, dalam satu organisme, protein otot berbeda dari protein otak dan hati (Geeks, 2024; Wang & Farhana, 2023).

Protein adalah polimer yang terbentuk dari asam amino yang dihubungkan melalui ikatan α -peptida. Protein dapat memiliki struktur primer, sekunder, dan tersier. Dibandingkan dengan molekul gula atau garam, protein berukuran sangat besar dan terdiri dari banyak molekul. Asam amino dalam protein tersusun dalam rantai panjang yang menyerupai manik-manik pada tali. Terdapat sekitar 20 asam amino alami yang terdapat dalam protein, dengan 9 di antaranya dianggap esensial untuk nutrisi manusia dewasa karena tubuh tidak dapat mensintesis kerangka karbonnya sendiri (Geeks, 2024; Wan & Chatterjee, 2024; Wang & Farhana, 2023).



Gambar 4.6. Ilustrasi Struktur Protein.

4. Alel, Genotipe, dan Fenotipe

Alel merupakan salah satu dari dua atau lebih gen yang mungkin muncul secara bergantian di lokasi tertentu (lokus) pada kromosom. Alel dapat muncul berpasangan, atau mungkin ada beberapa alel yang mempengaruhi ekspresi (fenotipe) dari suatu sifat tertentu. Fenotipe merupakan semua karakteristik yang dapat diamati dari suatu organisme yang merupakan hasil interaksi genotipe dengan lingkungan. Contoh karakteristik yang dapat diamati meliputi perilaku, sifat biokimia, warna, bentuk, dan ukuran. Fenotipe dapat berubah terus menerus sepanjang hidup seorang individu karena perubahan lingkungan dan perubahan fisiologis dan morfologis yang terkait dengan penuaan. Genotipe adalah susunan genetik suatu organisme. Genotipe menentukan potensi dan keterbatasan keturunan seorang individu sejak pembentukan embrio hingga dewasa. Genotipe seorang individu mencakup seluruh kompleks gen

yang diwarisi dari kedua orang tua (Britannica, 2024b, 2024a, 2024d).

5. Mutasi

Mutasi merupakan perubahan acak dalam urutan basa dalam DNA atau RNA. Mutasi memiliki banyak kemungkinan penyebab seperti, terjadi kesalahan selama replikasi DNA atau selama fase transkripsi sintesis protein dan faktor lingkungan (mutagen). Mutasi dapat terjadi dalam berbagai jenis. Dua kategori utama mutasi adalah mutasi germline dan mutasi somatik. Mutasi germline (garis keturunan) terjadi pada sel gamet (sel kelamin), seperti sel telur dan sperma. Mutasi ini dapat diturunkan ke keturunan dan menyebabkan setiap sel dalam keturunan membawa mutasi tersebut. Mutasi somatik terjadi pada sel-sel tubuh lainnya. Mutasi ini mungkin tidak terlalu berpengaruh pada organisme, karena mutasi ini terbatas pada satu sel dan sel-sel anaknya. Mutasi ini tidak dapat diwariskan kepada keturunannya (Miller, 2020b).

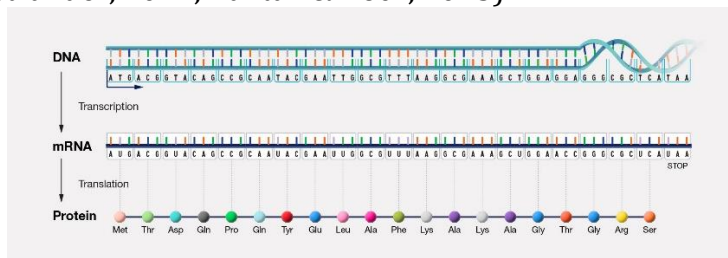
4.3 Definisi Biologi Molekuler

Biologi molekuler merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari proses-proses kehidupan pada tingkat molekuler, terutama interaksi antara berbagai sistem seluler termasuk hubungan antara DNA, RNA, dan sintesis protein. Bidang ini berfokus pada pemahaman bagaimana informasi genetik dalam DNA diterjemahkan menjadi fungsi biologis yang spesifik, serta bagaimana berbagai komponen molekuler dalam sel berinteraksi untuk mempertahankan kehidupan. Biologi molekuler mencakup sejumlah teknik dan konsep kunci antara lain:

1. Sintesis Protein

Lima tahun setelah penemuan DNA, Francis Crick menemukan proses sintesis protein. Crick menyebut penemuan ini sebagai Dogma Sentral Biologi. Dogma sentral biologi molekuler merupakan teori yang menyatakan bahwa informasi genetik hanya mengalir dalam satu arah, dari

DNA, ke RNA, ke protein, atau RNA langsung ke protein (Ostrander, 2024; Taktak & Kock, 2023).

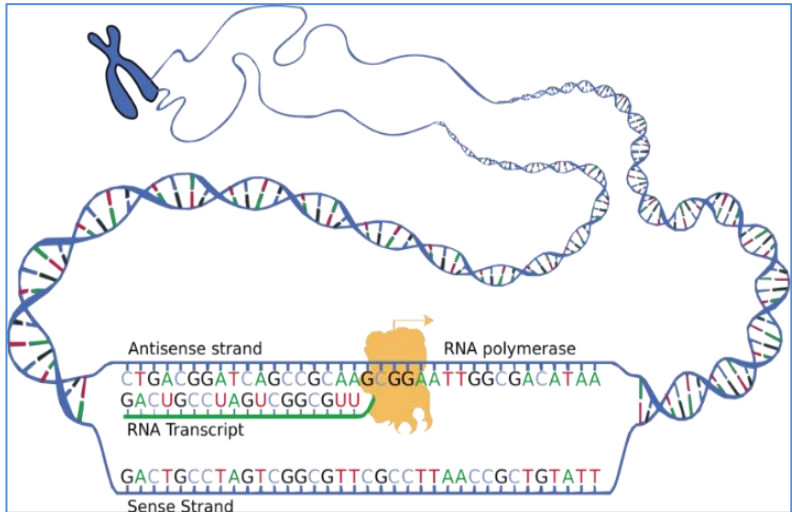


Gambar 4.7. Tahapan Sintesis Protein (Dogma Sentral).

Transkripsi

Transkripsi merupakan langkah pertama dalam dogma sentral biologi molekuler. Proses ini melibatkan pembuatan salinan RNA dari urutan DNA pada suatu gen, yang disebut mRNA. Untai mRNA membawa informasi genetik yang dikodekan oleh DNA. Proses transkripsi dimulai ketika enzim RNA polimerase menempel pada urutan promotor di DNA, menandakan heliks DNA untuk membuka sehingga enzim dapat “membaca” basa-basa DNA. Kedua untai DNA ini dinamakan berdasarkan fungsinya sebagai cetakan untuk RNA. Untai yang berfungsi sebagai cetakan disebut untai *coding* atau untai *antisense*, sedangkan untai yang tidak digunakan disebut untai *non-coding* atau untai *sense*.

RNA polimerase bergerak sepanjang DNA untuk menambahkan nukleotida RNA ke dalam untai mRNA yang sedang disintesis. Basa pada untai cetakan DNA digunakan untuk membuat mRNA melalui pasangan basa komplementer. Setelah mRNA terbentuk, ia terlepas dari DNA. Urutan basa pada mRNA hampir identik dengan untai pengkode DNA, kecuali basa timin (T) digantikan oleh urasil (U) (Ganguly, 2024a; Miller, 2020a).



Gambar 4.8. Ilustrasi Proses Transkripsi

Translasi

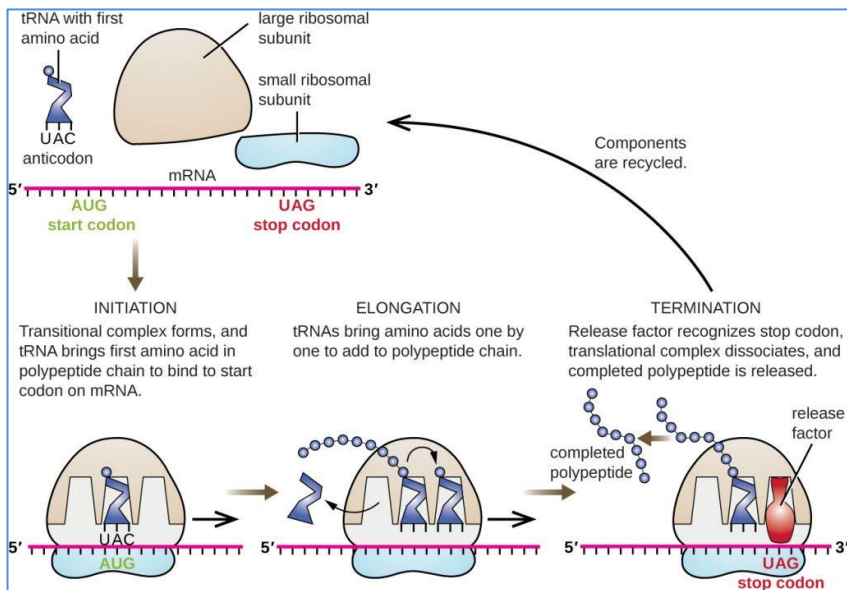
Translasi adalah proses lanjutan dari transkripsi, di mana kode genetik dalam mRNA diterjemahkan untuk membuat protein. Setelah mRNA meninggalkan nukleus, ia bergerak ke ribosom, yang terdiri dari rRNA dan protein. Ribosom membaca urutan kodon dalam mRNA, dan molekul tRNA membawa asam amino ke ribosom dalam urutan yang benar. Proses translasi terdiri dari tiga tahap: inisiasi, elongasi, dan terminasi (Ganguly, 2024b; Hoerter & Ellis, 2023; Miller, 2020a).

Pada tahap inisiasi, mRNA meninggalkan nukleus melalui pori nukleus ke dalam sitoplasma. Di sitoplasma, mRNA yang memiliki tutup metilasi dan kodon awal akan mengikat subunit kecil dan besar ribosom. Selanjutnya, tRNA dengan antikodon yang sesuai dengan kodon awal pada mRNA akan bergabung dengan kompleks tersebut. Kelompok molekul yang terdiri dari mRNA, ribosom, dan tRNA ini dikenal sebagai kompleks inisiasi (Hoerter & Ellis, 2023; Miller, 2020a).

Selama proses elongasi, tRNA terus memasok asam amino ke rantai polipeptida yang sedang terbentuk,

berdasarkan pasangan basa komplementer antara kodon pada mRNA dan antikodon pada tRNA. Saat tRNA bergerak melalui ribosom, asam aminonya ditambahkan ke rantai polipeptida yang sedang terbentuk. Setelah transfer selesai, tRNA keluar dari ribosom, ribosom bergerak satu kodon ke bawah mRNA, memungkinkan masuknya tRNA baru dengan asam amino yang sesuai. Siklus ini berulang hingga rantai polipeptida lengkap terbentuk (Miller, 2020a).

Terminasi terjadi ketika mRNA memiliki stop kodon yang menandai akhir proses elongasi. Stop kodon ini tidak berpasangan dengan tRNA, tetapi memerlukan protein khusus yang disebut faktor pelepasan. Faktor ini menyebabkan seluruh kompleks (mRNA, ribosom, tRNA, dan polipeptida) terpisah, sehingga semua komponennya terlepas (Miller, 2020a).



Gambar 4.9. Ilustrasi Proses Translasi.

Sumber: (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Setelah rantai polipeptida disintesis, ia dapat menjalani proses tambahan, seperti pelipatan karena interaksi antar

asam amino. Polipeptida juga dapat berikatan dengan polipeptida lain atau dengan berbagai jenis molekul, seperti lipid atau karbohidrat. Banyak protein kemudian menuju aparatus golgi di dalam sitoplasma untuk dimodifikasi lebih lanjut agar sesuai dengan fungsi spesifiknya (Miller, 2020a).

2. Teknik-teknik Dasar Biologi molekuler

Teknik-teknik dasar dalam biologi molekuler memungkinkan para ilmuwan untuk memanipulasi dan menganalisis materi genetik dengan presisi tinggi. Beberapa teknik utama meliputi:

- a. *Polymerase Chain Reaction (PCR)*:** Teknik ini digunakan untuk mengamplifikasi fragmen DNA tertentu sehingga dapat dianalisis lebih lanjut. PCR sangat penting dalam berbagai aplikasi, termasuk diagnosis penyakit genetik, identifikasi patogen, dan penelitian forensik. Dengan menggunakan enzim DNA polimerase, PCR dapat menghasilkan jutaan salinan dari segmen DNA spesifik dalam waktu singkat (Britannica Editors, 2024; NHGRI, 2020).
- b. *Sekuens DNA*:** Metode ini memungkinkan penentuan urutan basa nukleotida dalam molekul DNA. Sekuensing DNA telah merevolusi biologi molekuler, memungkinkan pemetaan genom, identifikasi mutasi, dan studi evolusi molekuler. Teknologi terbaru seperti sekuensing generasi berikutnya (NGS) telah meningkatkan kecepatan dan akurasi sekuensing, memungkinkan analisis genom secara menyeluruh dalam waktu yang lebih singkat (Qin, 2019).
- c. *Kloning gen*:** Proses ini melibatkan isolasi dan penggandaan gen spesifik untuk mempelajari fungsi dan ekspresinya. Kloning gen sering digunakan untuk memproduksi protein rekombinan, yang memiliki aplikasi luas dalam penelitian medis dan pengembangan obat (Bio-Rad, n.d.). Dengan teknik kloning, gen yang diinginkan dapat dimasukkan ke

dalam vektor plasmid, yang kemudian diperbanyak dalam sel inang bakteri atau eukariotik.

4.4 Genetik dan Biologi Molekuler pada Ilmu Biomedis

4.4.1 Peran Sentral Genetika dan Biologi Molekuler

Genetika dan biologi molekuler memainkan peran penting dalam pemahaman dan pengobatan berbagai penyakit. Melalui studi genetika, para ilmuwan telah berhasil mengidentifikasi mutasi genetik yang menjadi penyebab berbagai penyakit. Sebagai contoh, mutasi pada gen CFTR diketahui menyebabkan fibrosis kistik, sebuah penyakit genetik yang mempengaruhi paru-paru dan sistem pencernaan (Fonseca et al., 2020). Dengan pemahaman ini, tes genetik kini dapat digunakan untuk mendiagnosis fibrosis kistik pada bayi baru lahir, memungkinkan intervensi dini dan manajemen penyakit yang lebih baik.

Selain itu, biologi molekuler telah memungkinkan pengembangan terapi target untuk berbagai penyakit, termasuk kanker. Misalnya, dalam kasus kanker payudara, identifikasi mutasi pada gen BRCA1 dan BRCA2 memungkinkan penentuan risiko individu terhadap perkembangan kanker (Godet & Gilkes, 2017). Ini memungkinkan pendekatan pencegahan dan pengobatan yang lebih personal. Terapi target seperti penggunaan inhibitor HER2 untuk pasien dengan kanker payudara HER2-positif telah menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hasil pengobatan (Stanowicka-Grada & Senkus, 2023). Contoh-contoh ini menunjukkan bagaimana genetika dan biologi molekuler tidak hanya membantu dalam diagnosis tetapi juga dalam pengembangan strategi pengobatan yang lebih efektif.

4.4.2 Integrasi Genetika dan Biologi Molekuler dalam Penelitian Biomedis

Integrasi genetika dan biologi molekuler dalam penelitian biomedis telah membawa revolusi besar dalam ilmu kedokteran. Salah satu proyek penelitian besar yang

menunjukkan dampak signifikan adalah Proyek Genom Manusia (*Human Genome Project*). Diselesaikan pada tahun 2003, proyek ini berhasil memetakan seluruh urutan genom manusia, menyediakan peta referensi genetik yang mendetail. Hasil dari proyek ini telah membuka banyak jalur baru dalam penelitian biomedis, termasuk identifikasi gen yang terkait dengan penyakit, pengembangan tes genetik, dan inovasi dalam terapi gen (Fridovich-Keil L., 2024; Hood & Rowen, 2013).

Contoh lain dari integrasi ini adalah Precision Medicine Initiative, yang diluncurkan oleh pemerintah Amerika Serikat pada tahun 2015. Inisiatif ini bertujuan untuk mengembangkan pendekatan pengobatan yang dipersonalisasi berdasarkan karakteristik genetik individu, lingkungan, dan gaya hidup mereka. Melalui pendekatan ini, perawatan dapat disesuaikan dengan kebutuhan unik setiap pasien, meningkatkan efektivitas terapi dan mengurangi efek samping. Precision Medicine Initiative juga mendorong pengembangan database genetik besar yang dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut, mempercepat penemuan obat dan terapi baru (MedlinePlus, n.d.; Ocpl, n.d.).

Proyek-proyek seperti ini menunjukkan betapa pentingnya integrasi genetika dan biologi molekuler dalam penelitian biomedis. Dengan alat dan teknik yang terus berkembang dapat memungkinkan untuk melihat lebih banyak terobosan dalam diagnosis, pengobatan, dan pencegahan penyakit di masa depan. Integrasi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman tentang dasar-dasar biologis penyakit tetapi juga membuka jalan bagi era baru dalam kedokteran yang lebih personal dan tepat sasaran.

4.4.3 Biomedis sebagai Dasar dari Bidang Kedokteran

Biomedis adalah cabang ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip dasar dari ilmu biologi dan fisiologi untuk memahami proses-proses tubuh manusia dalam keadaan sehat maupun sakit. Disiplin ini mencakup biokimia, biologi molekuler, genetika, farmakologi, dan patologi. Biomedis menjembatani ilmu dasar dan praktek klinis yaitu, membantu menjelaskan mekanisme penyakit, mencari penyebabnya, dan mengembangkan metode diagnosis dan terapi yang lebih efektif. Sebagai contoh, dalam farmakologi, riset

biomedis memungkinkan pengembangan obat yang menargetkan jalur molekuler spesifik terkait penyakit. Dalam patologi, biomedis memberikan wawasan tentang perubahan seluler dan molekuler yang menyebabkan penyakit. Dengan menggabungkan berbagai disiplin, biomedis memberikan landasan ilmiah yang kuat bagi kedokteran modern dan membantu dokter memahami penyakit dari sudut pandang yang lebih mendalam dan ilmiah (NHS, n.d.).

Riset biomedis telah berkontribusi secara signifikan dalam pengembangan berbagai inovasi medis yang telah menyelamatkan banyak nyawa, seperti pengembangan vaksin untuk polio, measles, dan influenza, dan COVID-19. Vaksin COVID-19, yang dikembangkan dengan cepat menggunakan teknologi mRNA, adalah contoh terbaru dari bagaimana biomedis dapat merespons tantangan kesehatan global. Selain itu, riset biomedis berperan dalam pengembangan terapi sel dan regenerasi jaringan, seperti transplantasi sel punca untuk penyakit neurodegeneratif, cedera tulang belakang, dan penyakit jantung, serta rekayasa jaringan dan bioprinting untuk merekonstruksi jaringan yang rusak.

4.5 Ruang Lingkup Genetik dan Biologi Molekuler dalam Kedokteran

4.5.1 Mutasi Genetik

Mutasi genetik adalah perubahan dalam urutan DNA yang dapat terjadi secara spontan atau akibat paparan lingkungan seperti radiasi dan bahan kimia. Mutasi dapat terjadi pada berbagai tingkat, mulai dari perubahan satu basa nukleotida (mutasi titik) hingga perubahan besar yang melibatkan penghapusan, duplikasi, atau inversi segmen DNA. Perubahan yang lebih besar, seperti mutasi frameshift, dapat mengubah seluruh rangkaian baca dari gen, menghasilkan protein yang tidak berfungsi atau bahkan beracun bagi sel (Miller, 2020b). Teknik-teknik seperti PCR, sekuensing DNA, dan NGS memungkinkan deteksi mutasi lebih akurat. Identifikasi dan pemahaman tentang mutasi ini penting untuk diagnosis dini, pengelolaan penyakit, dan pengembangan terapi gen yang dapat memperbaiki mutasi yang merugikan.

4.5.2 Penyakit Genetik

Penyakit genetik dapat dikategorikan berdasarkan pola pewarisannya menjadi penyakit monogenik dan poligenik (Strasser, 2021). Penyakit monogenik disebabkan oleh mutasi pada satu gen tunggal, dan dapat diwariskan secara dominan atau resesif. Contoh penyakit monogenik termasuk *Huntington's disease* (*dominant*), *cystic fibrosis* (**recessive**), dan hemofilia (*sex-linked*) (Alliance & Screening Services, 2009). Diagnostik untuk penyakit-penyakit ini sering melibatkan tes genetik spesifik yang dapat mengidentifikasi mutasi penyebab pada gen yang bersangkutan. Selain itu, teknologi terbaru seperti CRISPR/Cas9 memberikan harapan baru untuk terapi gen yang dapat memperbaiki atau menggantikan gen yang bermutasi, menawarkan potensi penyembuhan untuk penyakit-penyakit ini (Li et al., 2023; Mengstie & Wondimu, 2021).

Penyakit poligenik, seperti diabetes tipe 2 dan penyakit jantung, disebabkan oleh kombinasi dari banyak mutasi kecil pada berbagai gen, seringkali dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Strasser, 2021). Diagnostik untuk penyakit poligenik lebih kompleks dan sering melibatkan analisis genomik skala besar untuk mengidentifikasi variasi genetik yang berkontribusi terhadap risiko penyakit. Pendekatan ini dikenal sebagai genome-wide association studies (GWAS), yang telah membantu mengidentifikasi banyak varian genetik yang berhubungan dengan risiko penyakit (Croucha & Bodmer, 2020).

4.6 Aplikasi Genetik dan Biologi Molekuler dalam Kedokteran

4.6.1 Teknologi DNA Rekombinan

Teknologi DNA rekombinan menggabungkan DNA dari dua sumber berbeda untuk menciptakan urutan DNA baru, merevolusi kedokteran dengan memungkinkan manipulasi genetik. Salah satu aplikasi utamanya adalah produksi obat-obatan biologis, seperti insulin rekombinan untuk mengobati diabetes, dimana gen pengkode produksi insulin manusia dimasukkan ke dalam bakteri untuk diproduksi secara masal.

Teknologi ini juga penting dalam pengembangan terapi gen, untuk memperbaiki dan menggantikan gen rusak untuk mengobati penyakit genetik, serta digunakan dalam penelitian untuk memahami fungsi gen dan menciptakan model hewan transgenik (Griffiths, 2024; Khan et al., 2016).

4.6.2 Biomarker Molekuler

Biomarker molekuler adalah indikator biologis yang dapat diukur untuk mendeteksi proses biologis normal, patologis, atau respons terhadap pengobatan. Biomarker molekuler memainkan peran penting dalam diagnosis dini dan monitoring terapi, seperti protein PSA untuk skrining dan diagnosis kanker prostat, serta HER2 untuk kanker payudara. Dalam pengembangan obat, biomarker membantu mengidentifikasi pasien yang akan merespon pengobatan tertentu dan memantau efektivitas terapi, meningkatkan hasil klinis dan mengurangi efek samping. (Karim et al., 2021; Stanowicka-Grada & Senkus, 2023; Strimbu & Tavel, 2010)

4.6.3 Terapi Genetik

Terapi genetik adalah pendekatan revolusioner dalam pengobatan yang melibatkan penggantian, penghapusan, atau perbaikan gen yang rusak untuk mengobati penyakit. Teknik ini telah menunjukkan keberhasilan dalam mengobati berbagai penyakit genetik, seperti thalasemia menggunakan vektor virus untuk mengantarkan gen yang sehat ke dalam sel yang rusak. Teknik CRISPR-Cas9 memungkinkan pengeditan gen presisi, memperbaiki mutasi penyebab penyakit seperti anemia sel sabit dan fibrosis kistik yang menunjukkan hasil signifikan (FDA, 2022; Gamage et al., 2023).

4.6.4 Personalized Medicine

Pengobatan yang dipersonalisasi atau personalized medicine adalah pendekatan medis yang disesuaikan dengan karakteristik individu pasien, termasuk profil genetik, lingkungan, dan gaya hidup mereka. Dengan menggunakan data genetika dan biologi molekuler, dokter dapat merancang

strategi pengobatan yang lebih efektif dan minim efek samping. Sebagai contoh, dalam pengobatan kanker, profil genetik tumor pasien dapat digunakan untuk memilih terapi target yang paling efektif, seperti penggunaan inhibitor HER2 untuk pasien dengan kanker payudara HER2-positif (Britannica, 2024c; Stanowicka-Grada & Senkus, 2023).

4.7 Peranan Genetik dalam Ilmu Kedokteran

Informasi genetik digunakan untuk pencegahan dan manajemen penyakit. Genetika prediktif memungkinkan identifikasi individu yang memiliki risiko tinggi untuk mengembangkan penyakit tertentu berdasarkan profil genetik mereka. Misalnya, mutasi pada gen BRCA1 dan BRCA2 meningkatkan risiko kanker payudara dan ovarium. Individu dengan mutasi ini dapat mengambil langkah-langkah preventif, seperti pemantauan rutin, perubahan gaya hidup, atau bahkan intervensi pencegahan seperti mastektomi profilaksis.

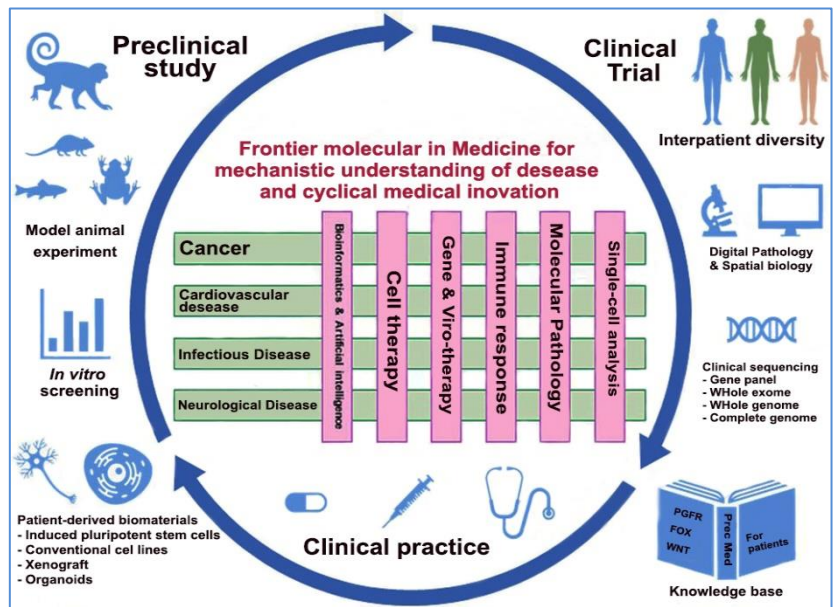
Selain itu, farmakogenomik memanfaatkan informasi genetik untuk menentukan respons individu terhadap obat-obatan tertentu. Dengan mengetahui varian genetik yang mempengaruhi metabolisme obat, dokter dapat menyesuaikan jenis dan dosis obat untuk memaksimalkan efektivitas dan meminimalkan efek samping. Ini sangat penting dalam pengobatan penyakit kronis seperti hipertensi, diabetes, dan gangguan psikiatri, di mana respons terhadap terapi bervariasi secara signifikan antar individu.

4.8 Peranan Biologi Molekuler dalam Ilmu Kedokteran

Integrasi genetika dan biologi molekuler dalam praktek klinis telah mengubah cara diagnosis dan perawatan pasien. Teknologi seperti PCR, sekuensing DNA, dan kloning gen memungkinkan deteksi cepat dan akurat mutasi genetik dan variasi genomik. Dalam onkologi, analisis genomik tumor digunakan untuk mengidentifikasi mutasi driver yang dapat ditargetkan dengan terapi spesifik, seperti inhibitor kinase atau antibodi monoklonal. Pendekatan ini, yang dikenal sebagai terapi target, telah meningkatkan hasil pengobatan untuk banyak jenis kanker dan

mengurangi efek samping dibandingkan dengan kemoterapi konvensional. Selain itu, biologi molekuler berperan dalam pengembangan vaksin dan terapi gen. Vaksin berbasis RNA, seperti vaksin COVID-19 yang dikembangkan oleh Pfizer-BioNTech dan Moderna, menggunakan teknologi mRNA untuk menginduksi respons imun terhadap virus SARS-CoV-2. Terapi gen, yang menggunakan vektor virus untuk mengantarkan gen yang sehat ke dalam sel pasien, telah berhasil dalam mengobati penyakit genetik seperti SCID dan distrofi otot Duchenne.

Molekuler menjadi dasar pada inovasi di ilmu kedokteran. Biologi molekuler pada kedokteran molekuler merupakan ilmu yang mempelajari bagaimana penyakit terjadi pada manusia di level fundamental. Studi praklinis dan uji klinis adalah bagian penting untuk mencapai inovasi dan kemajuan. Secara molekuler, mereka mendorong pemahaman mekanistik, penemuan target, dan optimalisasi terapi dengan menggunakan garis sel pasien, organoid, dan xenograft, serta model hewan seperti monyet, tikus, *Xenopus*, dan ikan zebra. Uji klinis adalah alat keamanan untuk menyelidiki manfaat dan efek samping dari diagnostik dan terapi investigasi.



Gambar 4.10. Molekuler pada medis dan inovasi yang dihasilkan

Terdapat empat bagian yang berfokus pada penyakit dan enam bagian yang berfokus pada metodologi dalam *Frontiers molekuler* pada ilmu medis.

1. Studi praklinis menggunakan hewan model
2. Bahan yang berasal dari pasien
3. Uji klinis yang menggunakan biomarker terbaru
4. praktik klinis berdasarkan basis pengetahuan merupakan siklus inovasi medis

Sehingga juga diperlukan pemahaman mekanisme penyakit melalui interaksi lintas disiplin ilmu dan promosi siklus inovasi untuk pencegahan dan pengobatan penyakit manusia.

4.9 Penutup

Bab ini telah menjelaskan berbagai aspek penting dari genetika dan biologi molekuler serta peran sentral mereka dalam bidang ilmu kedokteran. Telah dibahas pula definisi dasar, konsep-konsep kunci, serta teknik-teknik yang digunakan dalam penelitian genetika dan biologi molekuler. Dengan memahami struktur dan fungsi DNA serta proses-proses seperti replikasi, transkripsi, dan translasi, didapatkan wawasan tentang bagaimana informasi genetik diwariskan dan diekspresikan dalam organisme hidup.

Selain itu, bab ini mengeksplorasi bagaimana genetika dan biologi molekuler terintegrasi dalam ilmu biomedis, menjadi dasar bagi diagnosis dan terapi penyakit. Melalui teknik-teknik seperti PCR dan sekuensing DNA, para ilmuwan dapat mendeteksi mutasi genetik yang bertanggung jawab atas berbagai penyakit. Ini membuka jalan bagi pendekatan medis yang lebih tepat dan personal melalui pemanfaatan teknologi DNA rekombinan dan terapi gen. Bab ini juga menyoroti pentingnya biologi molekuler dalam pengembangan pengobatan yang dipersonalisasi dan biologi sintetik. Penggunaan profil genetik individu untuk menentukan terapi yang paling efektif menunjukkan kemajuan signifikan dalam kedokteran modern. Sementara itu, biologi sintetik menawarkan potensi besar dalam menciptakan solusi inovatif untuk masalah

kesehatan yang kompleks, dari rekayasa jaringan hingga pengembangan obat baru.

Masa depan genetika dan biologi molekuler dalam kedokteran tampak sangat menjanjikan. Teknologi seperti CRISPR-Cas9 telah merevolusi kemampuan untuk mengedit gen dengan presisi tinggi, membuka peluang untuk mengobati penyakit genetik yang sebelumnya dianggap tidak dapat disembuhkan. Selain itu, pemahaman yang lebih dalam tentang interaksi molekuler dan regulasi gen akan terus menginspirasi inovasi dalam terapi dan diagnostik medis.

Secara keseluruhan, integrasi genetika dan biologi molekuler dalam kedokteran memberikan alat dan wawasan yang tak ternilai untuk memahami, mendiagnosis, dan mengobati penyakit. Penelitian dan pengembangan di bidang ini akan terus berkembang, membawa harapan baru bagi peningkatan kesehatan manusia di masa depan. Dengan demikian, penguasaan ilmu genetika dan biologi molekuler tidak hanya esensial bagi para peneliti dan praktisi medis, tetapi juga bagi kemajuan keseluruhan bidang kedokteran.

DAFTAR PUSTAKA

- Alliance, G., & Screening Services, T. N. Y.-M.-A. C. for G. and N. (2009). *INHERITANCE PATTERNS*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK115561/>
- Bates, S. A. (2024, July 26). *Deoxyribonucleic Acid (DNA)*. National Human Genome Research Institute. <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Deoxyribonucleic-Acid>
- Bio-Rad. (n.d.). *Introduction to Gene Cloning and Analysis*. Bio-Rad. Retrieved July 28, 2024, from <https://www.bio-rad.com/en-id/applications-technologies/introduction-gene-cloning-analysis?ID=LUSNKO4EH>
- Britannica. (2024a, July 13). *Genotype | Phenotype, Heredity, Genetics*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/genotype>
- Britannica. (2024b, July 13). *Phenotype | Gene Expression, Traits & Variation*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/phenotype>
- Britannica. (2024c, July 17). *Personalized medicine | Definition, Origins, Examples, & Ethical Considerations*. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/personalized-medicine>
- Britannica. (2024d, July 19). *Allele | Definition, Examples, & Facts*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/allele>
- Britannica. (2024e, July 26). *DNA | Definition, Discovery, Function, Bases, Facts, & Structure*. <https://www.britannica.com/science/DNA>
- Britannica Editors. (2024, June 25). *Polymerase chain reaction (PCR) | Definition & Steps | Britannica*. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/polymerase-chain-reaction>
- Croucha, D. J. M., & Bodmer, W. F. (2020). Polygenic inheritance, GWAS, polygenic risk scores, and the search for functional variants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of*

- the United States of America*, 117(32), 18924–18933.
https://doi.org/10.1073/PNAS.2005634117/SUPPL_FILE/PNAS.2005634117.SAPP.PDF
- Fonseca, C., Bicker, J., Alves, G., Falcão, A., & Fortuna, A. (2020). Cystic Fibrosis: Physiopathology and the latest pharmacological treatments. *Pharmacological Research*, 162, 105267.
<https://doi.org/10.1016/J.PHRS.2020.105267>
- Fridovich-Keil L., J. (2024). *Human Genome Project - Genome Mapping, DNA Sequencing, Genomics | Britannica*. Encyclopaedia Britannica.
<https://www.britannica.com/event/Human-Genome-Project/Advances-based-on-the-HGP>
- Gamage, U., Warnakulasuriya, K., Hansika, S., & Silva, G. N. (2023). CRISPR Gene Therapy: A Promising One-Time Therapeutic Approach for Transfusion-Dependent β -Thalassemia—CRISPR-Cas9 Gene Editing for β -Thalassemia. *Thalassemia Reports 2023, Vol. 13, Pages 51-69*, 13(1), 51–69.
<https://doi.org/10.3390/THALASSREP13010006>
- Ganguly, P. (2024a, July 27). *Transcription*. National Human Genome Institute.
<https://www.genome.gov/genetics-glossary/Transcription>
- Ganguly, P. (2024b, July 27). *Translation*. National Human Genome Research Institute.
<https://www.genome.gov/genetics-glossary/Translation>
- Geeks. (2024, February 27). *Protein - Definition, Structure, Classification, Functions*. Geeks for Geeks.
<https://www.geeksforgeeks.org/protein-definition-structure-levels-of-protein/>
- Ghannam, J. Y., Wang, J., & Jan, A. (2023). Biochemistry, DNA Structure. *StatPearls*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538241/>
- Godet, I., & Gilkes, D. M. (2017). BRCA1 and BRCA2 mutations and treatment strategies for breast cancer. *Integrative Cancer Science and Therapeutics*, 4(1).
<https://doi.org/10.15761/ICST.1000228>
- Griffiths, A. J. F. (2024, July 17). *Recombinant DNA | Definition, Steps, Examples, & Invention*. Encyclopedia Britannica.

- <https://www.britannica.com/science/recombinant-DNA-technology>
- Hoerter, J. E., & Ellis, S. R. (2023). Biochemistry, Protein Synthesis. *StatPearls*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545161/>
- Hood, L., & Rowen, L. (2013). The Human Genome Project: big science transforms biology and medicine. *Genome Medicine*, 5(9), 79. <https://doi.org/10.1186/GM483>
- Katoh, M dan Katoh, M. 2021. Grand Challenges in Molecular Medicine for Disease Prevention and Treatment Through Cyclical Innovation. *Frontier molecular medicine: Sec Molecular Pathology*. Volume 1 :720577
<https://doi.org/10.3389/fmmed.2021.720577>
- Karim, J. A., Dokter, P., Kedokteran, F., & Lampung, U. (2021). Molecular dan Genomic Biomarker sebagai Deteksi Dini pada Diagnosis Kanker Prostat. *Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma*, 9(2), 156–169.
<https://doi.org/10.30742/JIKW.V9I2.803>
- Khan, S., Ullah, M. W., Siddique, R., Nabi, G., Manan, S., Yousaf, M., & Hou, H. (2016). Role of Recombinant DNA Technology to Improve Life. *International Journal of Genomics*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/2405954>
- Li, T., Yang, Y., Qi, H., Cui, W., Zhang, L., Fu, X., He, X., Liu, M., Li, P. feng, & Yu, T. (2023). CRISPR/Cas9 therapeutics: progress and prospects. *Signal Transduction and Targeted Therapy* 2023 8:1, 8(1), 1–23. <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01309-7>
- MedlinePlus. (n.d.). *What is precision medicine?* National Library of Medicine. Retrieved July 28, 2024, from <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/precision-medicine/definition/>
- Mengstie, M. A., & Wondimu, B. Z. (2021). Mechanism and Applications of CRISPR/Cas-9-Mediated Genome Editing. *Biologics: Targets & Therapy*, 15, 353. <https://doi.org/10.2147/BTT.S326422>
- Miller, C. (2020a). *Protein Synthesis*. Thompson Rivers University.
- Miller, C. (2020b). *Mutations*. Thompson Rivers University.

- NHGRI. (2020, August 17). *Polymerase Chain Reaction (PCR) Fact Sheet*. National Human Genome Research Institute. <https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Polymerase-Chain-Reaction-Fact-Sheet>
- NHS. (n.d.). *Biomedical Science Day 2023:: Greater Manchester Imaging & Pathology Network*. NHS UK. Retrieved July 27, 2024, from <https://greatermanchesterdiagnostics.nhs.uk/news-and-events/our-campaigns/biomedical-science-day-2023>
- Ocpl. (n.d.). *THE PRECISION MEDICINE INITIATIVE WHAT IS IT?* Retrieved July 28, 2024, from www.nih.gov/precisionmedicine
- Ostrander, E. A. (2024, July 27). *Central Dogma*. National Human Genome Research Institute. <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Central-Dogma>
- Qin, D. (2019). Next-generation sequencing and its clinical application. *Cancer Biology & Medicine*, 16(1), 4. <https://doi.org/10.20892/J.ISSN.2095-3941.2018.0055>
- Stanowicka-Grada, M., & Senkus, E. (2023). Anti-HER2 Drugs for the Treatment of Advanced HER2 Positive Breast Cancer. *Current Treatment Options in Oncology*, 24(11), 1633. <https://doi.org/10.1007/S11864-023-01137-5>
- Strasser, A. (2021, May 28). *What is the difference between monogenic and polygenic diseases?* Orchid Health. <https://guides.orchidhealth.com/post/monogenic-vs-polygenic-diseases>
- Strimbu, K., & Tavel, J. A. (2010). What are Biomarkers? *Current Opinion in HIV and AIDS*, 5(6), 463. <https://doi.org/10.1097/COH.0B013E32833ED177>
- Taktak, A., & Kock, A. (2023, November 21). *Central Dogma of Protein Synthesis*. Study Academy. <https://study.com/academy/lesson/protein-synthesis-in-the-cell-and-the-central-dogma.html>
- Wan, Y., & Chatterjee, K. (2024, July 24). *RNA / Definition, Structure, Types, & Functions*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/RNA>

- Wang, D., & Farhana, A. (2023). Biochemistry, RNA Structure. *StatPearls*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558999/>
- FDA. (2022, February 28). *What is Gene Therapy?* Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/cellular-gene-therapy-products/what-gene-therapy>
- Winchester, A. (2024, July 17). *Genetics - DNA, Heredity, Variation*. Encyclopedia Britannica.
<https://www.britannica.com/science/genetics/Methods-in-genetics>

BAB 5

PENELITIAN BIOMEDIS

Oleh A. Maya Rupa Anjeli

5.1 Pengantar

Penelitian biomedis merupakan cabang ilmu yang berfokus pada pemahaman mendalam tentang proses biologis dan bagaimana proses tersebut berhubungan dengan kesehatan dan penyakit. Bidang ini berperan penting dalam mengembangkan pemahaman dasar mengenai tubuh manusia, serta menciptakan solusi medis yang inovatif untuk mengatasi berbagai masalah kesehatan. Sebagai salah satu pilar utama dalam kemajuan ilmu kedokteran, penelitian biomedis melibatkan berbagai disiplin ilmu seperti biologi molekuler, genetika, farmakologi, imunologi, dan teknologi kesehatan.

Sejarah penelitian biomedis menunjukkan kontribusi besar terhadap dunia kesehatan. Berbagai penemuan penting, seperti vaksinasi, antibiotik, teknik bedah, hingga terapi gen, merupakan hasil dari riset yang mendalam di bidang biomedis. Dengan pendekatan ilmiah yang sistematis, penelitian ini menggabungkan eksperimen laboratorium, studi klinis, dan analisis epidemiologis untuk menciptakan dasar yang kuat bagi diagnosis, pencegahan, dan pengobatan penyakit.

Penelitian biomedis dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori besar: penelitian dasar dan penelitian terapan. Penelitian dasar bertujuan untuk memahami proses biologis pada level molekuler, seluler, dan sistem tubuh, tanpa memandang aplikasi langsungnya. Contohnya adalah studi tentang interaksi protein dalam sel, atau mekanisme regulasi gen. Sebaliknya, penelitian terapan lebih berorientasi pada aplikasi praktis, seperti pengembangan obat baru atau teknologi medis yang ditujukan untuk memecahkan masalah klinis tertentu.

Metode yang digunakan dalam penelitian biomedis sangat beragam dan melibatkan uji laboratorium, penggunaan hewan uji,

dan uji klinis pada manusia. Setiap tahap penelitian diawasi secara ketat untuk memastikan validitas ilmiah dan etika penelitian. Teknologi yang terus berkembang, seperti bioteknologi dan bioinformatika, telah membantu mempercepat proses penelitian, memungkinkan analisis data yang lebih kompleks, dan memperkenalkan inovasi baru dalam diagnosis dan pengobatan penyakit.

Namun, penelitian biomedis tidak lepas dari tantangan. Selain kebutuhan akan biaya besar dan peralatan canggih, isu etika sering muncul, terutama terkait dengan penggunaan hewan percobaan dan eksperimen pada manusia. Pertimbangan etis dan peraturan ketat diperlukan untuk menjaga keseimbangan antara kemajuan ilmiah dan perlindungan terhadap hak dan kesejahteraan subjek penelitian.

Secara keseluruhan, penelitian biomedis telah menjadi tulang punggung kemajuan medis di seluruh dunia. Melalui penelitian ini, kita telah menyaksikan penemuan yang menyelamatkan jutaan nyawa, serta pengembangan terapi dan teknologi yang terus membentuk masa depan kedokteran. Bab pengantar ini memberikan pemahaman awal tentang pentingnya penelitian biomedis, serta tantangan dan peluang yang dihadirkan dalam proses penemuan dan inovasi dalam bidang kesehatan.

5.2 Pentingnya Penelitian Biomedis

Penelitian biomedis memiliki peran yang sangat penting dalam perkembangan ilmu kedokteran dan kesehatan masyarakat. Dengan berfokus pada pemahaman mekanisme biologis dan patofisiologi tubuh manusia, penelitian ini menjadi fondasi bagi upaya pengembangan solusi medis yang inovatif. Pentingnya penelitian biomedis terletak pada kemampuannya untuk menemukan penyebab penyakit, mengembangkan metode diagnosis yang lebih akurat, dan menciptakan terapi baru yang efektif. Setiap kemajuan dalam bidang ini membawa dampak langsung terhadap kualitas hidup manusia dan sistem kesehatan global.

Salah satu alasan utama pentingnya penelitian biomedis adalah kontribusinya dalam menemukan penyebab penyakit.

Banyak penyakit, seperti kanker, diabetes, dan penyakit jantung, awalnya hanya dipahami dari gejala-gejalanya saja. Namun, melalui penelitian biomedis, para ilmuwan dapat mengeksplorasi mekanisme molekuler dan seluler yang mendasari perkembangan penyakit tersebut. Misalnya, penelitian tentang genetika telah membuka wawasan tentang mutasi genetik yang memicu kanker, sementara studi tentang metabolisme membantu memahami faktor-faktor yang menyebabkan diabetes.

Selain itu, penelitian biomedis juga sangat berperan dalam mengembangkan teknologi diagnosis yang lebih canggih dan tepat. Kemajuan dalam biologi molekuler dan teknik pencitraan medis, seperti MRI dan CT scan, telah membuat diagnosis berbagai penyakit menjadi lebih cepat dan akurat. Diagnosa yang tepat waktu sering kali merupakan langkah pertama yang sangat penting dalam menangani penyakit secara efektif, dan penelitian biomedis memberikan landasan bagi inovasi dalam bidang ini.

Penelitian biomedis juga memfasilitasi pengembangan obat-obatan dan terapi baru. Uji klinis yang dilakukan dalam penelitian biomedis memastikan bahwa obat atau terapi baru tidak hanya efektif, tetapi juga aman untuk digunakan oleh pasien. Penelitian semacam ini telah menghasilkan berbagai terapi penting, termasuk vaksin, antibiotik, dan terapi berbasis gen yang membantu mengobati penyakit yang sebelumnya sulit disembuhkan. Misalnya, penelitian biomedis memainkan peran kunci dalam pengembangan vaksin COVID-19, yang telah menyelamatkan jutaan nyawa di seluruh dunia.

Pencegahan penyakit juga merupakan aspek penting yang didorong oleh penelitian biomedis. Dengan memahami faktor risiko genetik, lingkungan, dan gaya hidup yang berkontribusi terhadap penyakit, peneliti biomedis dapat mengembangkan strategi pencegahan yang efektif. Misalnya, penelitian biomedis tentang hubungan antara pola makan dan risiko penyakit kardiovaskular telah menghasilkan rekomendasi nutrisi yang dapat membantu mencegah serangan jantung dan stroke.

Terlepas dari kemajuan besar yang dicapai, penelitian biomedis juga membantu menjawab tantangan kesehatan global yang terus berkembang, seperti resistensi antibiotik, penyakit

menular baru, dan penyakit kronis yang meningkat. Dengan mendalami patogen baru, memperbaiki pendekatan pengobatan, dan mengembangkan metode pencegahan yang lebih baik, penelitian biomedis menjadi ujung tombak dalam memerangi ancaman kesehatan yang beragam.

Akhirnya, penelitian biomedis tidak hanya penting bagi pengembangan obat atau terapi, tetapi juga untuk meningkatkan kualitas hidup manusia secara keseluruhan. Dengan memungkinkan pengobatan yang lebih personal, di mana terapi disesuaikan dengan profil genetik individu, serta memperpanjang harapan hidup penderita penyakit kronis, penelitian biomedis menciptakan masa depan kesehatan yang lebih baik bagi seluruh umat manusia.

Secara keseluruhan, penelitian biomedis adalah landasan bagi semua inovasi di dunia kedokteran. Tanpa penelitian yang berkelanjutan, kemajuan dalam diagnosis, pengobatan, dan pencegahan penyakit akan terhenti. Oleh karena itu, investasi dalam penelitian biomedis sangat penting untuk memastikan bahwa kita terus menemukan solusi yang lebih baik untuk tantangan kesehatan saat ini dan di masa depan.

5.3 Jenis-Jenis Penelitian Biomedis

Penelitian biomedis terdiri dari berbagai pendekatan yang bertujuan untuk memperdalam pemahaman tentang kesehatan manusia dan mengembangkan solusi medis yang efektif. Berdasarkan tujuan dan pendekatannya, penelitian biomedis dapat dibagi menjadi dua kategori utama: penelitian dasar dan penelitian terapan. Kedua jenis penelitian ini saling melengkapi dan berperan penting dalam membentuk kemajuan ilmu kedokteran.

5.3.1 Penelitian Biomedis Dasar

Penelitian dasar berfokus pada pemahaman mendasar tentang proses biologis tanpa mempertimbangkan aplikasi klinis langsung. Penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dasar terkait bagaimana sel, jaringan, organ, dan sistem tubuh bekerja dalam kondisi normal. Dengan mengkaji mekanisme biologis pada tingkat molekuler dan seluler, penelitian dasar

memberikan landasan yang kuat bagi penelitian terapan di kemudian hari.

Contoh penelitian biomedis dasar mencakup studi mengenai:

1. **Fungsi protein atau enzim tertentu dalam sel.**
2. **Interaksi antara gen dan lingkungan** yang mempengaruhi ekspresi gen.
3. **Mekanisme molekuler** yang mengatur pertumbuhan dan pembelahan sel.
4. **Jalur metabolisme** dalam tubuh manusia dan bagaimana mereka diatur.

Meskipun hasil penelitian dasar tidak langsung diterapkan dalam praktik klinis, penemuan-penemuan dari jenis penelitian ini sangat penting karena memberikan pemahaman yang lebih rinci mengenai dasar-dasar penyakit dan fungsi tubuh. Sebagai contoh, penemuan struktur DNA oleh Watson dan Crick pada tahun 1953 merupakan hasil penelitian dasar yang kemudian menjadi landasan bagi banyak perkembangan di bidang genetika medis.

5.3.2 Penelitian Biomedis Terapan

Berbeda dengan penelitian dasar, penelitian terapan bertujuan untuk mengatasi masalah klinis spesifik dan langsung berfokus pada pengembangan solusi yang bisa digunakan dalam pengobatan dan perawatan kesehatan. Penelitian terapan menggunakan pengetahuan dari penelitian dasar untuk mengembangkan produk medis seperti obat-obatan, vaksin, alat diagnostik, atau prosedur bedah yang lebih baik.

Penelitian terapan biasanya melibatkan beberapa tahapan, mulai dari uji pra-klinis hingga uji klinis pada manusia, untuk memastikan bahwa terapi atau teknologi yang dikembangkan aman dan efektif. Beberapa contoh penelitian terapan meliputi:

1. **Pengembangan obat-obatan baru**, di mana senyawa diuji untuk melihat efeknya terhadap sel atau organisme yang sakit.
2. **Pembuatan vaksin**, yang melibatkan eksperimen untuk memahami bagaimana vaksin dapat merangsang sistem kekebalan tubuh.

3. **Uji klinis**, di mana pengobatan baru diujikan pada pasien untuk memastikan efektivitas dan keamanannya.
4. **Inovasi teknologi medis**, seperti pencitraan medis baru, implan, atau alat bedah yang dirancang untuk meningkatkan hasil klinis.

Misalnya, penelitian terapan di bidang farmasi telah menghasilkan banyak obat yang efektif untuk mengobati penyakit seperti kanker, diabetes, dan hipertensi. Vaksin COVID-19 adalah contoh lain dari hasil penelitian terapan yang dikembangkan dengan cepat berdasarkan penelitian dasar tentang virus dan sistem kekebalan tubuh.

5.3.3 Penelitian Klinis

Penelitian klinis merupakan bagian dari penelitian terapan yang melibatkan uji coba pada manusia. Tujuan penelitian klinis adalah untuk menguji efektivitas, dosis yang tepat, dan efek samping dari terapi baru. Penelitian ini biasanya dilakukan dalam beberapa fase:

1. **Fase 1:** Pengujian awal pada sejumlah kecil sukarelawan sehat untuk mengevaluasi keamanan dan dosis.
2. **Fase 2:** Uji coba pada kelompok pasien yang lebih besar untuk menilai efektivitas dan efek samping umum.
3. **Fase 3:** Uji coba yang lebih besar dan lebih rinci untuk mengonfirmasi efektivitas, memantau efek samping, dan membandingkan dengan terapi yang sudah ada.
4. **Fase 4:** Pengamatan jangka panjang setelah produk medis tersedia untuk umum, untuk memantau efek jangka panjang.

5.3.4 Penelitian Translasi

Penelitian translasi merupakan jembatan antara penelitian dasar dan terapan, yang bertujuan untuk mempercepat proses penerapan hasil penelitian dasar ke dalam praktik klinis. Penelitian ini mengubah temuan laboratorium menjadi pengobatan yang bisa digunakan untuk pasien. Contohnya adalah pengembangan terapi berbasis gen yang muncul dari studi biologi molekuler dan genetika.

5.3.5 Penelitian Epidemiologi

Penelitian epidemiologi meneliti pola distribusi penyakit dalam populasi serta faktor risiko yang terkait. Penelitian ini penting untuk memahami penyebab penyakit di tingkat populasi dan untuk mengembangkan intervensi yang dapat mencegah penyebaran penyakit. Penelitian epidemiologi biasanya menggunakan data statistik yang diambil dari survei populasi, studi kohort, atau uji acak berbasis populasi.

Jenis-jenis penelitian biomedis ini saling melengkapi dalam membangun pemahaman yang lebih dalam tentang biologi manusia dan mengembangkan solusi kesehatan. Penelitian dasar menyediakan pengetahuan yang dibutuhkan untuk memahami mekanisme biologis, sementara penelitian terapan dan klinis menguji solusi medis untuk meningkatkan kesehatan manusia. Kolaborasi antara penelitian dasar, terapan, translasi, dan epidemiologi terus mendorong inovasi yang menyelamatkan nyawa dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

5.4 Metode Penelitian Biomedis

Penelitian biomedis merupakan disiplin ilmiah yang mencakup berbagai metode penelitian untuk mempelajari proses biologis dan mekanisme yang mendasari kesehatan dan penyakit. Metode-metode ini dirancang untuk mengungkap pengetahuan baru, mengembangkan terapi, dan meningkatkan kualitas kesehatan manusia. Dalam penelitian biomedis, terdapat berbagai pendekatan dan teknik yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian, yang biasanya dibagi menjadi dua kategori besar: penelitian kualitatif dan penelitian kuantitatif. Di luar itu, ada juga metode penelitian laboratorium, penelitian klinis, dan penelitian epidemiologi, yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian spesifik.

Berikut adalah pembahasan mengenai metode-metode utama dalam penelitian biomedis:

5.4.1 Penelitian Eksperimental

Penelitian eksperimental adalah salah satu metode paling umum dan penting dalam biomedis. Metode ini melibatkan kontrol ketat terhadap variabel untuk menguji hipotesis tertentu. Penelitian

eksperimental biasanya dilakukan di laboratorium menggunakan model hewan atau sel manusia. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memahami mekanisme biologis spesifik atau untuk menguji efek intervensi, seperti obat atau terapi baru.

Contoh dari penelitian eksperimental meliputi:

1. **Studi tentang efek obat** pada sel atau jaringan.
2. **Uji coba in vitro** yang dilakukan dalam tabung reaksi atau cawan petri untuk mengeksplorasi efek molekuler atau seluler dari suatu zat.
3. **Uji coba in vivo** yang menggunakan model hewan untuk melihat respons biologis terhadap terapi tertentu sebelum diuji pada manusia.

Metode ini penting untuk memahami mekanisme di tingkat molekuler atau jaringan dan sering kali menjadi langkah awal dalam mengembangkan terapi baru sebelum dilanjutkan ke pengujian klinis.

5.4.2 Penelitian Observasional

Penelitian observasional berfokus pada mengamati dan menganalisis subjek atau fenomena tanpa mempengaruhinya secara langsung. Metode ini sering digunakan untuk mempelajari hubungan antara faktor risiko dan penyakit, atau untuk melacak perkembangan kondisi medis dalam populasi tertentu. Ada beberapa tipe penelitian observasional, seperti:

1. **Studi kohort**, yang melacak sekelompok orang dari waktu ke waktu untuk melihat bagaimana faktor-faktor tertentu mempengaruhi risiko penyakit.
2. **Studi kasus-kontrol**, di mana sekelompok orang dengan penyakit dibandingkan dengan kelompok yang sehat untuk mengidentifikasi faktor risiko.
3. **Studi cross-sectional**, yang melihat hubungan antara faktor kesehatan dan variabel lain pada satu titik waktu.

Penelitian observasional sangat penting dalam memahami penyebab penyakit, pola penyebaran penyakit, dan faktor risiko yang terkait.

5.4.3 Penelitian Klinis

Penelitian klinis adalah metode yang digunakan untuk menguji efektivitas dan keamanan pengobatan baru pada manusia. Penelitian ini merupakan salah satu tahap akhir sebelum terapi dapat diadopsi secara luas dalam praktik kedokteran. Penelitian klinis dibagi menjadi beberapa fase:

1. **Fase I**, untuk menguji keamanan terapi pada sekelompok kecil sukarelawan sehat.
2. **Fase II**, untuk menguji efektivitas pengobatan pada pasien yang menderita penyakit yang ditargetkan.
3. **Fase III**, yang melibatkan lebih banyak pasien untuk memastikan keamanan dan efektivitas pengobatan dibandingkan dengan standar terapi.
4. **Fase IV**, setelah terapi disetujui, di mana pengamatan jangka panjang dilakukan untuk memantau efek samping yang mungkin terjadi.

Metode ini memastikan bahwa obat-obatan atau terapi baru aman dan efektif sebelum digunakan secara luas oleh pasien.

5.4.4 Penelitian Epidemiologi

Penelitian epidemiologi adalah metode penelitian yang mempelajari penyebaran penyakit dalam populasi dan mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang mempengaruhi prevalensi penyakit. Penelitian ini sering menggunakan analisis statistik untuk melihat pola kesehatan di berbagai kelompok demografis. Metode ini penting dalam kesehatan masyarakat, karena membantu mengembangkan kebijakan pencegahan dan penanganan penyakit di tingkat populasi.

Contoh penelitian epidemiologi meliputi:

1. **Survei populasi** untuk menentukan prevalensi penyakit tertentu.
2. **Studi analisis risiko**, di mana peneliti mencari hubungan antara faktor gaya hidup (misalnya, pola makan atau kebiasaan merokok) dan risiko penyakit.

Penelitian ini sering kali melibatkan pengumpulan data dalam skala besar dan membantu dalam pencegahan dan pengendalian wabah penyakit.

5.4.5 Penelitian Kualitatif

Penelitian kualitatif dalam biomedis berfokus pada memahami pengalaman subjektif pasien atau tenaga medis terkait kondisi kesehatan atau terapi tertentu. Metode ini sering digunakan dalam penelitian kesehatan masyarakat atau studi perilaku. Teknik kualitatif seperti wawancara mendalam, grup diskusi terfokus (*focus group discussions*), dan observasi digunakan untuk mengeksplorasi pengalaman individu, persepsi, atau sikap terhadap suatu kondisi atau pengobatan.

Penelitian kualitatif sangat penting untuk memahami aspek sosial dan psikologis dari penyakit, serta bagaimana intervensi medis dapat diterima dan dimanfaatkan oleh pasien.

5.4.6 Metode In Silico (Penelitian Komputasional)

Penelitian biomedis juga menggunakan pendekatan in silico, yaitu simulasi komputer dan pemodelan matematika untuk memprediksi hasil dari proses biologis atau respon terhadap pengobatan. Metode ini semakin populer seiring dengan kemajuan teknologi komputasi dan bioinformatika, yang memungkinkan peneliti untuk memproses data genetik, proteomik, dan metabolomik dalam skala besar.

Contoh dari penelitian in silico meliputi:

1. **Simulasi molekul** untuk memahami interaksi protein.
2. **Pemodelan penyakit** untuk memprediksi bagaimana penyakit akan berkembang di dalam tubuh manusia.
3. **Simulasi farmakokinetik** untuk memprediksi bagaimana obat diserap, didistribusikan, dimetabolisme, dan dieliminasi oleh tubuh.

5.4.7 Metode Kombinasi (*Mixed Methods*)

Sering kali, peneliti biomedis menggunakan metode kombinasi untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif. Misalnya, mereka mungkin menggabungkan penelitian kualitatif

dengan kuantitatif untuk memperoleh data yang kaya dan beragam, atau menggabungkan penelitian laboratorium dengan uji klinis untuk mengonfirmasi hasil eksperimen pada manusia.

Metode penelitian biomedis sangat beragam dan berfungsi untuk menjawab berbagai pertanyaan penting di bidang kedokteran dan kesehatan. Setiap metode memiliki kekuatan dan kelebihan sendiri, serta sering kali digunakan secara bersama-sama untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang penyakit dan pengobatannya. Dari penelitian dasar yang dilakukan di laboratorium hingga uji klinis pada manusia, semua pendekatan ini berperan penting dalam memajukan sains medis dan meningkatkan kesehatan masyarakat.

5.5 Tantangan dalam Penelitian Biomedis

Penelitian biomedis memainkan peran penting dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan kedokteran, dengan tujuan utama meningkatkan pemahaman tentang penyakit, mengembangkan terapi baru, dan memperpanjang harapan hidup. Namun, meskipun potensinya sangat besar, penelitian biomedis dihadapkan pada berbagai tantangan yang mempengaruhi efisiensi, validitas, dan dampak hasil penelitian. Tantangan-tantangan ini mencakup aspek teknis, etis, finansial, serta keterbatasan ilmiah. Berikut adalah beberapa tantangan utama yang dihadapi dalam penelitian biomedis:

5.5.1 Keterbatasan Dana dan Sumber Daya

Salah satu tantangan terbesar dalam penelitian biomedis adalah pendanaan yang terbatas. Proses penelitian biomedis sering kali memerlukan biaya yang sangat besar, baik untuk pengembangan teknologi, peralatan laboratorium, uji klinis, maupun analisis data. Banyak lembaga penelitian bergantung pada hibah dari pemerintah atau organisasi non-profit, yang sifatnya sangat kompetitif. Keterbatasan dana ini sering memaksa para peneliti untuk mencari cara-cara inovatif dalam menggunakan sumber daya yang terbatas, yang dapat berdampak pada kecepatan dan skala penelitian yang dilakukan.

5.5.2 Tantangan Etis

Penelitian biomedis sering kali menyentuh masalah yang sensitif secara etis, terutama ketika melibatkan manusia sebagai subjek penelitian atau hewan sebagai model eksperimen. Perlindungan terhadap subjek manusia dalam penelitian klinis menjadi prioritas utama, dan ada persyaratan ketat mengenai persetujuan tertulis (*informed consent*), kerahasiaan, dan kesejahteraan pasien. Peneliti harus memastikan bahwa subjek penelitian tidak dirugikan dan bahwa manfaat penelitian jauh lebih besar daripada risikonya.

Penelitian yang menggunakan hewan juga menghadapi tantangan serupa. Meskipun penggunaan hewan laboratorium memberikan wawasan penting tentang mekanisme biologis, banyak yang menentang praktik ini atas dasar kesejahteraan hewan. Oleh karena itu, peneliti sering kali dituntut untuk mematuhi standar etis yang ketat, mengurangi penggunaan hewan, atau mencari alternatif non-hewani.

5.5.3 Variabilitas Biologis

Salah satu tantangan yang menonjol dalam penelitian biomedis adalah variabilitas biologis antara individu. Manusia memiliki genetika, lingkungan, dan gaya hidup yang berbeda-beda, yang berarti bahwa suatu intervensi yang efektif untuk satu kelompok mungkin tidak berhasil pada kelompok lain. Variasi genetik dan faktor lingkungan ini sering mempersulit proses generalisasi hasil penelitian dari model laboratorium atau hewan ke populasi manusia yang lebih luas.

Selain itu, model hewan yang digunakan dalam penelitian biomedis sering tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi biologis manusia. Meskipun hewan seperti tikus banyak digunakan dalam studi dasar, hasil dari model ini tidak selalu bisa diterapkan secara langsung pada manusia karena perbedaan biologis yang mendasar.

5.5.4 Tantangan dalam Reprodusibilitas

Reprodusibilitas adalah prinsip utama dalam penelitian ilmiah, yang berarti bahwa hasil penelitian harus dapat direplikasi oleh peneliti lain dalam kondisi serupa. Namun, penelitian biomedis

sering kali menghadapi masalah reproduksibilitas. Faktor-faktor seperti desain penelitian yang kompleks, variasi dalam metode laboratorium, serta keterbatasan dalam pelaporan hasil dapat menyebabkan hasil penelitian sulit untuk direplikasi. Ketidakmampuan untuk mereproduksi temuan dapat mengurangi kepercayaan pada penelitian biomedis dan memperlambat kemajuan ilmu pengetahuan.

5.5.5 Kemajuan Teknologi yang Cepat

Meskipun kemajuan teknologi telah memberikan manfaat besar bagi penelitian biomedis, hal ini juga menciptakan tantangan tersendiri. Teknologi baru seperti pengurutan genom skala besar, analisis bioinformatika, dan pengembangan alat diagnostik berbasis kecerdasan buatan mengharuskan peneliti untuk terus memperbarui pengetahuan dan keterampilan mereka. Kecepatan perubahan teknologi ini sering kali membuat laboratorium dan lembaga riset tertinggal dalam hal adaptasi terhadap teknik dan alat terbaru. Selain itu, biaya investasi untuk mengadopsi teknologi baru ini bisa sangat tinggi.

5.5.6 Regulasi dan Proses Persetujuan

Pengembangan terapi baru, terutama obat-obatan dan alat medis, diatur oleh serangkaian regulasi yang ketat untuk memastikan keamanan dan efektivitas produk. Birokrasi dan regulasi yang rumit sering kali memperlambat proses penelitian, terutama dalam fase uji klinis. Pengajuan untuk persetujuan etis, lisensi penggunaan teknologi tertentu, dan memenuhi persyaratan badan pengawas seperti FDA (*Food and Drug Administration*) atau BPOM, dapat memakan waktu yang cukup lama, dan ini sering kali memperlambat perwujudan penelitian dari laboratorium hingga praktik klinis.

5.5.7 Kompleksitas Penyakit

Banyak penyakit, seperti kanker, diabetes, atau gangguan neurodegeneratif, bersifat multifaktorial dan dipengaruhi oleh kombinasi faktor genetik, lingkungan, dan gaya hidup. Kompleksitas ini membuat penelitian biomedis semakin menantang, karena tidak

ada satu solusi yang cocok untuk semua pasien. Peneliti harus mengembangkan pendekatan yang sangat spesifik untuk setiap jenis penyakit dan subkelompok pasien, yang memerlukan waktu dan sumber daya yang sangat besar.

5.5.7 Kolaborasi Antar Disiplin

Penelitian biomedis sering kali memerlukan kerjasama multidisiplin antara berbagai bidang, termasuk biologi molekuler, farmasi, teknik biomedis, serta ilmu komputer dan bioinformatika. Namun, kolaborasi ini tidak selalu berjalan dengan lancar karena adanya perbedaan metodologi, bahasa teknis, dan tujuan penelitian di masing-masing bidang. Tantangan komunikasi dan koordinasi antar disiplin ilmu ini dapat menghambat kemajuan penelitian.

5.5.9 Tantangan dalam Big Data dan Analisis

Penelitian biomedis modern melibatkan data dalam skala besar (big data), seperti data genomik, proteomik, metabolomik, dan citra medis. Meskipun kemajuan teknologi telah memungkinkan pengumpulan data dalam jumlah yang sangat besar, tantangan tetap ada dalam mengelola, menganalisis, dan menafsirkan data ini secara efektif. Peneliti membutuhkan keahlian yang sangat tinggi dalam bioinformatika dan analisis statistik untuk memperoleh wawasan yang berarti dari kumpulan data besar tersebut.

Meskipun penelitian biomedis memiliki tantangan yang kompleks dan beragam, inovasi terus berkembang untuk mengatasi hambatan-hambatan ini. Kesadaran akan tantangan-tantangan ini memungkinkan para ilmuwan untuk merancang penelitian yang lebih kuat, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta mematuhi standar etika yang tinggi. Dengan demikian, tantangan dalam penelitian biomedis tidak hanya menjadi hambatan, tetapi juga peluang untuk mengembangkan solusi inovatif yang akan membawa dampak positif bagi kesehatan manusia di masa depan.

5.6 Peran Kolaborasi dan Teknologi

Kolaborasi dan teknologi merupakan dua pilar penting yang mempercepat perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang penelitian biomedis. Dengan kemajuan teknologi yang pesat

serta kebutuhan untuk menghadapi tantangan yang semakin kompleks, kolaborasi antar peneliti dari berbagai disiplin ilmu menjadi kunci dalam mencapai hasil penelitian yang signifikan dan inovatif. Di sisi lain, teknologi memberikan alat dan metode baru yang memungkinkan para peneliti untuk memecahkan masalah yang sebelumnya sulit dijangkau. Berikut adalah peran penting kolaborasi dan teknologi dalam mendorong kemajuan penelitian biomedis.

5.6.1 Kolaborasi Multidisiplin

Penelitian biomedis bukan lagi terbatas pada satu disiplin ilmu, tetapi telah berkembang menjadi bidang yang membutuhkan kontribusi dari berbagai ilmu pengetahuan. Kolaborasi multidisiplin melibatkan kerjasama antara ahli dari berbagai bidang seperti biologi, kedokteran, farmasi, teknik biomedis, ilmu komputer, bioinformatika, hingga ilmu sosial dan etika. Setiap disiplin ilmu ini membawa perspektif yang berbeda dalam memahami dan menyelesaikan masalah kesehatan yang kompleks.

Sebagai contoh, kolaborasi antara ahli biologi molekuler dan ahli komputer telah menghasilkan kemajuan dalam bidang bioinformatika, yang memungkinkan analisis data genom skala besar. Di bidang rekayasa jaringan, kolaborasi antara insinyur biomedis dan ahli farmasi memungkinkan pengembangan jaringan dan organ buatan yang dapat digunakan dalam transplantasi. Kolaborasi ini tidak hanya memperluas cakupan penelitian, tetapi juga mempercepat proses inovasi dan penemuan baru.

5.6.2 Kolaborasi Global

Selain kolaborasi antar disiplin, kolaborasi global juga memainkan peran penting dalam penelitian biomedis. Penyakit yang bersifat global, seperti pandemi COVID-19, membutuhkan kerjasama lintas negara untuk mempercepat pengembangan vaksin dan pengobatan yang efektif. Melalui jaringan global, peneliti dapat berbagi data, hasil penelitian, serta teknologi baru secara lebih cepat dan efisien.

Kolaborasi internasional memungkinkan akses ke sumber daya yang lebih luas, seperti kumpulan data pasien dari berbagai

latar belakang geografis dan budaya, yang dapat memperkaya hasil penelitian dan meningkatkan validitas temuan. Selain itu, proyek-proyek penelitian global yang melibatkan lembaga dari berbagai negara juga dapat membuka peluang pendanaan dan dukungan infrastruktur yang lebih besar.

5.6.3 Peran Teknologi dalam Penelitian Biomedis

Kemajuan teknologi dalam dekade terakhir telah secara drastis mengubah cara penelitian biomedis dilakukan. Teknologi baru memungkinkan pengumpulan data yang lebih cepat, lebih akurat, dan dalam skala yang jauh lebih besar daripada yang pernah dibayangkan sebelumnya. Berikut adalah beberapa teknologi kunci yang berperan dalam penelitian biomedis:

1. **Teknologi Genomik:** Pengurutan genom (genome sequencing) memungkinkan pemetaan lengkap DNA manusia dan identifikasi gen yang terkait dengan berbagai penyakit. Teknologi ini telah membuka jalan bagi medis presisi, di mana pengobatan dapat disesuaikan dengan profil genetik individu, meningkatkan efektivitas terapi dan mengurangi efek samping.
2. **Bioinformatika dan Big Data:** Dengan jumlah data biomedis yang sangat besar, **bioinformatika** dan analisis big data menjadi sangat penting. Teknologi ini memungkinkan analisis data genetik, proteomik, dan metabolomik dalam skala besar, memberikan wawasan baru tentang mekanisme biologis dan pengembangan obat.
3. **Kecerdasan Buatan (AI):** AI telah digunakan dalam berbagai aspek penelitian biomedis, mulai dari analisis citra medis hingga prediksi interaksi obat dan penyaringan molekul obat baru. Dengan kemampuan untuk belajar dari data dalam jumlah besar, AI mempercepat proses penelitian dan pengembangan terapi baru.
4. **Teknologi CRISPR-Cas9:** Teknik editing gen ini memungkinkan modifikasi genetik dengan presisi yang tinggi. Teknologi ini tidak hanya berperan dalam penelitian dasar, tetapi juga membuka kemungkinan untuk mengembangkan terapi gen untuk penyakit genetik yang sebelumnya tidak dapat diobati.

5. **Teknologi 3D Printing dan Rekayasa Jaringan:** Teknologi ini memungkinkan pencetakan jaringan dan organ buatan yang dapat digunakan dalam transplantasi atau untuk pengujian obat baru. Ini merupakan salah satu inovasi yang sangat penting dalam mengatasi masalah ketersediaan organ untuk transplantasi.
6. ***Internet of Things (IoT) dan Wearable Devices:*** IoT dan perangkat wearable memberikan data real-time tentang kesehatan pasien, seperti denyut jantung, tekanan darah, dan kadar gula darah. Teknologi ini memudahkan pemantauan kondisi kesehatan secara terus-menerus dan memberikan wawasan penting dalam penelitian kesehatan populasi.

5.6.4 Integrasi Kolaborasi dan Teknologi dalam Penelitian

Perpaduan antara kolaborasi dan teknologi membuka peluang untuk penelitian yang lebih efisien, efektif, dan inovatif. Kolaborasi antar disiplin dan penggunaan teknologi terbaru memungkinkan peneliti untuk memecahkan masalah yang lebih kompleks dan menghasilkan solusi yang lebih baik dalam perawatan kesehatan. Sebagai contoh, dalam pengembangan obat, kolaborasi antara ahli farmakologi, bioteknologi, dan ilmuwan komputer menggunakan model komputasi dan simulasi molekuler untuk memprediksi interaksi obat dengan target biologis, sehingga mempercepat proses penemuan obat.

Teknologi juga memungkinkan peneliti untuk bekerja secara lebih terkoordinasi melalui platform kolaborasi digital, di mana data dan temuan dapat dibagikan secara real-time di seluruh dunia. Dalam uji klinis, penggunaan teknologi berbasis cloud memudahkan koordinasi antar tim peneliti dari berbagai negara, memungkinkan uji klinis yang lebih luas dan lebih inklusif.

Peran kolaborasi dan teknologi dalam penelitian biomedis sangat krusial untuk mengatasi tantangan-tantangan yang ada di bidang ini. Dengan adanya kolaborasi yang baik antar disiplin ilmu dan dukungan teknologi canggih, penelitian biomedis dapat menghasilkan inovasi yang lebih cepat, lebih akurat, dan lebih relevan dengan kebutuhan masyarakat. Kombinasi keduanya memungkinkan pemecahan masalah kesehatan yang lebih holistik

dan membuka jalan bagi pengobatan dan terapi yang lebih personal dan efektif di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asman, A. (2022). Modul pembelajaran ilmu biomedik dasar. Universitas Negeri Padang.
- Suryadi, D., & lainnya. (2024). Dasar-dasar ilmu biomedik: Struktur dan fungsi. Eureka Media Aksara.
- Husen, F. (2023). Dasar-dasar biomedik: Pengantar ilmu biomedik. ResearchGate.
- Rahman, B. (2021). Biomedik dan aplikasinya dalam kedokteran. Gramedia Pustaka Utama.
- Wijaya, R. (2020). Ilmu biomedik: Teori dan praktik. Alfabeta.
- Santoso, A. (2022). Biomedik: Dasar-dasar dan aplikasi. Airlangga University Press.
- Pratama, I. (2023). Pengantar biomedik untuk mahasiswa kedokteran. Gadjah Mada University Press.
- Lestari, S. (2021). Biomedik: Konsep dan implementasi. Universitas Brawijaya Press.
- Nugroho, D. (2024). Biomedik: Teori, penelitian, dan aplikasi. Diponegoro University Press.

BAB 6

INOVASI DAN TANTANGAN BIOMEDIK DASAR DALAM ILMU KEDOKTERAN

Oleh Ida Bagus Nyoman Putra Dwija

6.1 Pendahuluan

Populasi dunia saat ini menghadapi tantangan yang besar dalam bidang Kesehatan. Munculnya penyakit baru (*emerging diseases*) dan *re-emerging diseases* seperti Sar-Cov 2, Ebola, dan berbagai penyakit dengan vector binatang (Zoonosis), munculnya mikroorganisme yang tahan terhadap berbagai jenis obat serta populasi manusia yang terinfeksi HIV AIDS semakin meningkat (Wang *et al.*, 2021). Selain itu penyakit non infeksi juga mengalami peningkatan seperti diabetes, penyakit jantung, kanker dan penyakit metabolic lainnya terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan rendah-menengah (*low and Low-middle income country, LLMCs*)(Allen *et al.*, 2017). Perubahan pola dan gaya hidup juga turut memberi kontribusi yang signifikan dalam berbagai masalah Kesehatan dunia. Berbagai permasalahan Kesehatan tersebut tentunya memerlukan tindakan yang komprehensif dan berkelanjutan. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dibarengi dengan perkembangan sarana dan prasarana baik laboratorium maupun fasilitas kesehatan lainnya merupakan salah satu upaya untuk menangani masalah- masalah Kesehatan yang dihadapi secara global. Salah satu ilmu dasar yang berkembang dengan cepat adalah ilmu biomedik, sehingga semakin banyak perguruan tinggi di Indonesia yang mendirikan program studi biomedik baik ditingkat sarjana maupun pasca sarjana, hal ini bertujuan untuk mempercepat perkembangan inovasi dibidang Kesehatan di Indonesia.

Ilmu Biomedik memiliki peran yang penting, sebagaimana dinyatakan oleh Menteri Kesehatan Perancis :

“Biomedical research, in its broadest sense, that is to say, widely crossing over into human sciences, can permeate, influence, guide – in a word, humanize – all great scientific advances and prepare humankind for its future”. (Simone Veil, French Health Minister, 1975) bahwa ilmu biomedik serta penelitian dibidang biomedik memiliki cakupan yang sangat luas dan kompleks yang bertujuan untuk mempengaruhi, menuntun serta mempersiapkan masa depan manusia untuk lebih baik.

Bidang ilmu biomedik dasar dalam ilmu kedokteran telah mengalami berbagai inovasi yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Inovasi ini mencakup berbagai aspek, mulai dari teknologi molekuler hingga teknik-teknik baru dalam penelitian kedokteran, perkembangan metode baru serta penemuan-penemuan baru dalam mendiagnosis, pencegahan dan pengobatan dari suatu penyakit. Biomedis merupakan cabang ilmu yang memiliki cakupan sangat luas, yang berusaha menghubungkan antara ilmu kedokteran modern dan penelitian dilaboratorium, sehingga penemuan-penemuan dilaboratorium dapat diaplikasikan untuk kepentingan Kesehatan secara praktis. Inovasi dan tantangan dalam biomedik dasar dalam ilmu kedokteran terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi dan pemahaman yang lebih mendalam tentang biologi manusia. Perkembangan ilmu biomedik yang sangat pesat tentu membawa keuntungan sekaligus tantangan yang dihadapi, untuk itu dalam bab ini akan dibahas mengenai inovasi – inovasi, teknologi terkini dan tantangan – tantangan yang dihadapi didalam ilmu biomedis. Beberapa inovasi dan tantangan utama dalam bidang ini meliputi:

6.2 Inovasi biomedik dasar dalam ilmu kedokteran

Inovasi dalam dunia Ilmu Biomedik dasar memainkan peran yang sangat penting dalam memajukan penelitian dan praktik kesehatan. Inovasi-inovasi ini menunjukkan bagaimana kemajuan dalam ilmu biomedik dasar dapat berdampak besar pada penelitian dan praktik medis, membuka jalan untuk diagnosis dan terapi yang lebih efektif dan dipersonalisasi. Sehingga di beberapa negara ilmu biomedik dasar ini menjadi pusat penelitian yang menghubungkan antara laboratorium dan

ruang perawatan atau banyak diistilahkan dengan *from bench to bedside* (Freeman and Dervan, 2014), Dimana hal ini menunjukkan bahwa penelitian-penelitian di bidang biomedis ini di harapkan untuk mampu memberi solusi kesehatan. Berikut ini merupakan beberapa hal yang terkait dengan inovasi dalam bidang Biomedik dasar.

6.2.1 Genomik dan Terapi Gen

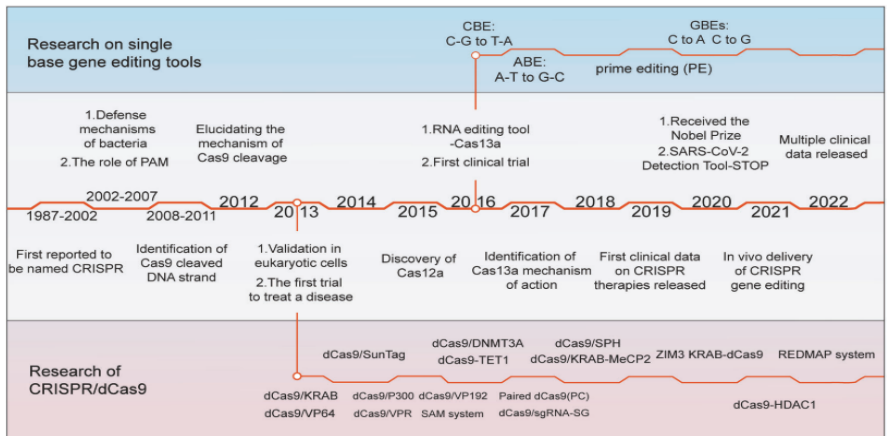
Sejak ditemukannya struktur DNA oleh Watson dan Crick puluhan tahun silam telah mengilhami perkembangan ilmu biologi molekuler yang sangat cepat dan semakin canggih(Pray, 2008). Penemuan ini juga mengawali sebuah proyek ambisius untuk pemetaan genom manusia yang disebut dengan *Human Genom Project* (HGP) yang dimulai sejak Oktober 1999 dan berakhir pada April 2003, proyek ini akan menjadi cetak biru genome manusia (Hood and Rowen, 2013) yang bertujuan untuk pengembangan kedokteran presisi (*Precision medicine* atau *personal medicine*)(Roth, 2019). Penemuan struktur dasar DNA dan basa nukleotida penyusunnya menjadi dasar dari berbagai perkembangan dalam ilmu Biomedik dan merupakan fokus penelitian yang sangat aktif dengan aplikasi yang sangat luas.

Penemuan mengenai struktur DNA, juga berimbas pada penemuan dibidang molekuler lainnya, seperti penemuan metode amplifikasi berantai yang dikenal dengan nama *Polymerase Chain Reaction* (PCR) yang diawali oleh penemuan Kary Mullis (1985), Dimana penemuan ini memungkinkan untuk memperbanyak potongan DNA dari jumlah yang sangat kecil menjadi banyak hanya dalam hitungan jam, dengan menggunakan kombinasi suhu dan bantuan enzim Tag Polimerase. Atas penemuannya ini Kary Mullis dan Michael Smith dianugerahi hadiah Nobel bidang Kimia pada tahun 1993. Metode PCR ini kemudian mengalami berbagai modifikasi dan pembaharuan baik dari sisi metode maupun alat yang digunakan semakin canggih dengan tingkat sensitifitas dan spesifisitas yang semakin tinggi sehingga saat ini dikenal berbagai metode PCR (Zhu *et al.*, 2020).

Penemuan DNA juga menginisiasi penelitian dan pengembangan teknologi untuk melakukan pengurutan basa

nukleotida penyusun suatu DNA dengan metode sekuensing yang dipelopori oleh F. Sanger dan kolega (F. Sanger, S. Nicklen, 1997), metode ini juga dikenal dengan “metode terminasi rantai” penemuan ini kemudian memicu perkembangan teknologi sekuensing menjadi teknologi canggih dan relative murah (Heather and Chain, 2016) yang memungkinkan untuk melakukan sekuensing potongan gen target bahkan melakukan sekuensing genom secara keseluruhan. Penemuan – penemuan teknologi pengurutan nukleotida ini tentu memberi pengaruh besar dalam teknologi diagnosis dan pengembangan obat mengingat setiap orang memiliki karakteristik unik baik dari sisi fisiologis, molekuler dan juga kebiasaan yang tentu berpengaruh dalam proses suatu penyakit (Goetz and Schork, 2018), yang kemudian memunculkan ide kedokteran presisi atau *personalized medicine*.

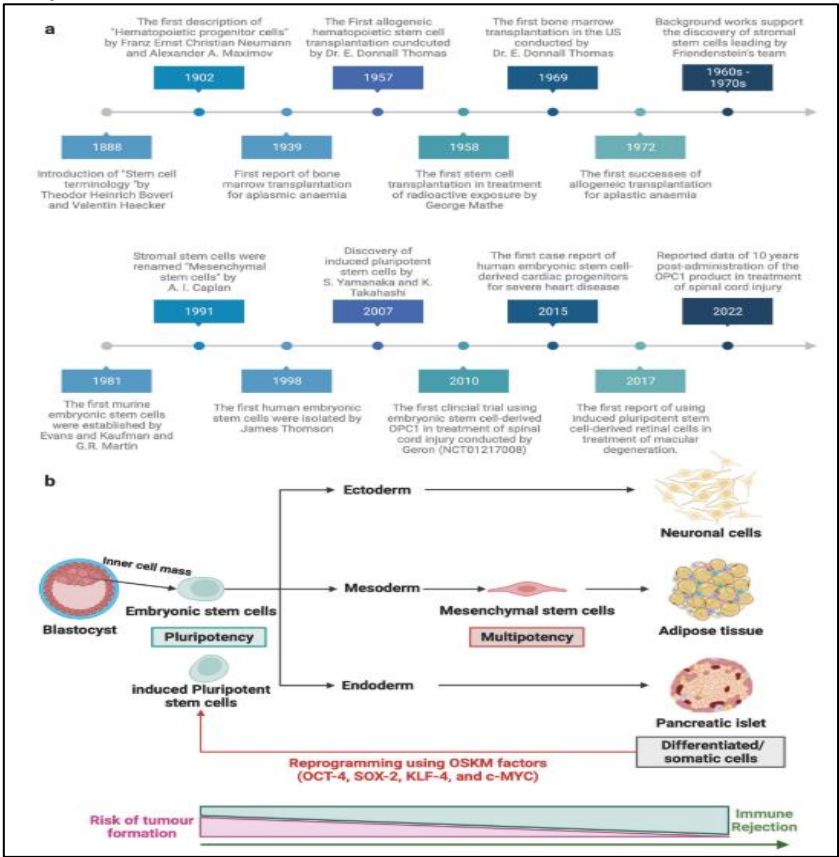
Penemuan dalam metode pengeditan gen melalui teknologi **CRISPR-Cas9** telah merevolusi berbagai hal dalam bidang biomedik, terutama untuk penanganan penyakit-penyakit genetic. Sistem **CRISPR-Cas9** merupakan sebuah mekanisme pertahanan yang umum ditemukan pada bakteri dan arkhea, untuk mempertahankan diri dari phage dan juga transfer plasmid. Namun demikian teknologi ini dapat diaplikasikan secara *in vivo* dan *in vitro*, dengan hasil yang cepat dan akurat (Ran *et al.*, 2013). Para peneliti telah melakukan berbagai metode untuk bisa menggunakan system ini sebagai alat editing gen untuk penanganan penyakit seperti kanker dan penyakit heriditer lainnya (Mani, 2021). Namun, masih banyak hal yang harus diperhatikan terkait penggunaan teknologi ini untuk terapi pada manusia (Li *et al.*, 2023)(Jiang F and Doudna JA, 2017)(Chehelgerdi *et al.*, 2024).



Gambar 6.1. Peta perkembangan teknologi CRISPR-Cas9. Sejak pertama ditemukan pada bakteri pada 1987, system CRISPR-Cas9 mengalami perkembangan sangat pesat, dan sejak 2016 sudah mulai digunakan dalam terapi penyakit. Gambar diambil dari (Li *et al.*, 2023).

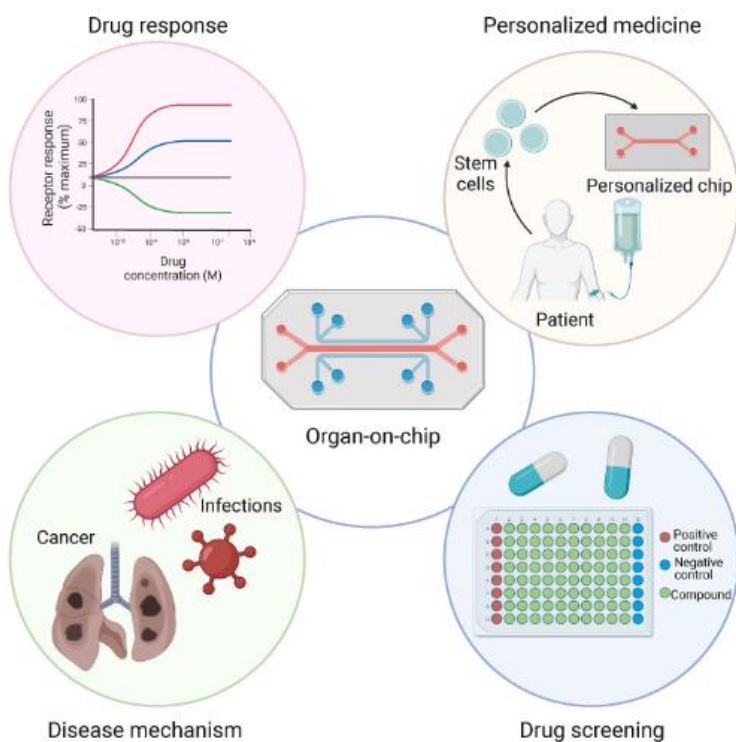
Selain teknologi *CRISPR-Cas9*, perkembangan dalam dunia biologi molekuler juga ditandai dengan teknologi sel punca (*Stem cells*). Sel punca merupakan sekelompok sel unik yang bisa ditemukan disemua tahap perkembangan tubuh manusia, sel punca merupakan sel yang tidak terspesialisasi (*unspecialized*) didalam tubuh manusia. Sel-sel ini dapat berkembang menjadi sel apa saja dalam tubuh manusia dan memiliki kemampuan untuk memperbaharui dirinya sendiri. Sel punca merupakan mediator kunci dalam proses perkembangan bayi dan juga proses perbaikan setelah terjadi luka maupun suatu penyakit, sehingga sel punca merupakan terobosan baru dalam kedokteran *restorative* (Kolios and Moodley, 2013). Terdapat beberapa jenis dari sel punca seperti *embryonic stem cell*, *pluripotent stem cell*, dan *induced pluripotent stem cell* (Hoang *et al.*, 2022). Sel punca dapat diambil/diekstraksi dari berbagai sumber didalam tubuh kita seperti sumsum tulang, sel amniotik, jaringan adiposa, tali pusat dan jaringan plasenta. Dalam dunia kedokteran meskipun penggunaan sel punca masih sangat awal namun memberikan harapan yang baik untuk

berbagai penyakit seperti penyakit saraf (Parkinson, Alzheimer dan lainnya) (Sivandzade and Cucullo, 2021), diabetes (Wu *et al.*, 2024), namun masih perlu banyak penelitian untuk penyakit jantung (Mahmud *et al.*, 2022). Beberapa hal mendasar yang menjadi tantangan dalam pengembangan sel punca ini adalah etik penelitian di beberapa negara, stabilitas dari sel yang dipakai dan juga efek samping lainnya (Sivandzade and Cucullo, 2021).



Gambar 6.2. Terapi berdasarkan pada penggunaan sel punca. Sejarah dan sumber sel punca. A. Sejarah perkembangan sel punca. B. sumber sel punca dan perkembangannya, ditampilkan juga bahwa sel punca memiliki resiko yang besar untuk terjadinya tumor, tetapi rendah dalam penolakan system imun (Hoang *et al.*, 2022).

Inovasi lain dalam bidang biomedik yang sedang berkembang saat ini adalah teknologi Organ-on-Chips (OoCs). *Organ-on-Chips* merupakan teknologi yang digunakan untuk meniru organ manusia pada skala kecil pada cip yang terbuat dari plastic atau silicon yang dilengkapi saluran-saluran berisi sel hidup sehingga system ini menyerupai fisiologis organ manusia, beberapa produk yang sudah dibuat seperti hati-on-chips, paru-paru-on-chip (Leung *et al.*, 2022) sehingga memungkinkan untuk melakukan penelitian mengenai suatu penyakit maupun pengembangan obat. Penggunaan OoCs ini juga memberikan keuntungan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional seperti hewan coba maupun kultur sel (Srivastava *et al.*, 2024), karena penggunaan OoCs ini mampu mengatasi beberapa kelemahan jika menggunakan hewan ataupun kultur sel seperti misalnya pada hewan coba tidak persis sama dengan dengan fisiologis manusia, sedangkan pada kultur sel meskipun berasal dari sel pada manusia tetapi tidak *micro environment* yang sama. Namun demikian beberapa tantangan juga menjadi focus para peneliti seperti penggunaan cairan mirip darah yang berisi nutrisi dan stabil jika digunakan, serta standarisasi untuk penyiapan chip yang digunakan (Ma *et al.*, 2021).



Gambar 6.3. Skema pemanfaatan teknologi OOCs untuk skrining dan pengujian obat, mekanisme penyakit dan *personalized medicine*. (Srivastava *et al.*, 2024).

Perkembangan biomedik mengalami perkembangan pesat dengan penemuan-penemuan dalam bidang biologi molekuler yang memungkinkan kita untuk melakukan inovasi yang lebih jauh lagi, baik dalam pengembangan obat, terapi maupun pengembangan alat diagnostic yang lebih akurat dan murah. Selain beberapa platform teknologi laboratorium yang berkembang dalam biomedis seperti yang disebutkan diatas teknologi lain yang sedang mengalami perkembangan sangat cepat seperti teknologi microarray, Dimana dengan teknologi ini memungkinkan untuk melakukan pemeriksaan banyak sampel atau banyak target bahkan hingga ribuan target dalam satu waktu, sehingga akan menghemat waktu serta dengan hasil yang lebih cepat dan akurat (Bumgarner, 2013).

6.2.2 Bioinformatika dan *Big Data*.

Bidang yang juga mengalami lonjakan signifikan beberapa tahun belakangan adalah penggunaan atau penggabungan antara ilmu computer, biologi dan juga kedokteran untuk melakukan telaah terhadap suatu fenomena Kesehatan. Dua bidang yang paling berpengaruh adalah mengenai Bioinformatika dan big data, kedua bidang ini memiliki kertakitan satu dengan yang lainnya. Bioinformatika merupakan gabungan antara ilmu computer, biologi dan matematika, sehinga dengan bioinformatika dapat dilakukan analisis sekuensing dari suatu gen atau urutan nukleotida dari suatu organisme, kemudain dapat dilihat pemodelan dan analisis genetic lainnya sehingga bisa dijadikan dasar untuk menentukan perkembangan suatu penyakit atau kelainan genetic. Bioinformatika juga banyak digunakan untuk melakukan analisis proteomic, metabolomic, serta interaksi biologis.

Penggunaan kecerdasan buatan (*Artificial intelligence/AI*) dan *Machine learning* juga turut memberi andil dalam perkembangan dunia biomedik. Penggunaan AI dan *machine learning* terutama dalam melakukan analisa data besar memungkinkan untuk dilakukan lebih cepat, lebih akurat dan juga presisi. Bioinformatik dan *big data* memiliki peran penting dalam penanganan wabah penyakit, sebagai contoh dalam penanganan pandemi Covid-19, Bioinformatik memegang peran vital dalam percepatan pembuatan vaksin (Rawat *et al.*, 2023) dengan tersedianya urutan basa nukleotida dari virus Sars Cov2 melalui teknologi sekuensing, kemudian dapat dilakukan analisa untuk menentukan titik potensial untuk kandidat vaksin (Umitaibatin *et al.*, 2023) sehingga pada saat Covid 19 melanda vaksin sudah bisa tersedia dalam hitungan bulan hal ini disamping karena kegawat daruratan, tetapi juga teknologi vaksin sudah tersedia tersedia. Sementara AI dan *Machine learning* memungkinkan untuk menganalisa tren dan kemungkinan perkembangan dari penyakit tersebut, sehingga dapat dilakukan prediksi perjalanan pandemi yang terjadi, sehingga meningkatkan kesiapsiaagan untuk penanganan wabah tersebut.

Perkembangan teknologi sekuensing saat ini berupa *Next Generation Sequencing* (NGS) memungkinkan untuk melakukan

sekuensing total genome suatu organisme yang disebut dengan “*whole genome sequencing*” data-data dari sekuensing ini dapat dianalisa dengan bantuan bioinformatika (Gao *et al.*, 2021). Bioinformatika juga dapat digunakan untuk melakukan Analisa keragaman mikrobia dari suatu bahan tanpa melakukan penanaman pada media di laboratorium yang disebut dengan Analisa microbiome (*microbiome analysis*). Analisa mikrobiom dengan target unik 16s RNA yang hanya dimiliki oleh bakteri, memungkinkan untuk mengetahui jenis mikroorganisme yang terdapat pada suatu bahan berdasarkan data urutan nukleotidanya, seperti analisa mikrobiota pada usus untuk menentukan peran suatu gen dalam perkembangan suatu oenyakit, missal kanker kolon (Arthur, 2020).

6.2.3 Penggunaan bahan alam untuk Kesehatan

Pada beberapa dekade belakangan ini, muncul kecenderungan baru untuk memanfaatkan bahan alam seperti tumbuhan, hewan, mineral dan mikroorganisme digunakan untuk melakukan pengobatan, mencegah serta perawatan berbagai kondisi kesehatan. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa bahan alam tersebut tersedia melimpah, mudah didapat dan dapat digunakan secara holistic serta memiliki kemanan dan efikasi yang relative baik jika dibandingkan dengan bahan obat dari produk kimia. Penggunaan bahan alam dalam praktiknya telah dilakukan oleh masyarakat diberbagai wilayah/negara sebagai kearifan local ditempat tersebut. Seperti misalnya di China, Korea, Jepang, beberapa negara di Afrika, Asia Tenggara termasuk Indonesia dikenal dengan pengobatan tradisional yang berbahan dasar tumbuh-tumbuhan, karena dipercaya bahwa tumbuhan tertentu atau campuran beberapa jenis tumbuhan memiliki khasiat untuk pengobatan, sehingga ko-eksistensi dari pengobatan tradisional dengan kedokteran modern berjalan seiring (Zank and Hanazaki, 2017).

Berdasarkan pada pada kondisi data yang ada maka kemudian dilakukan eksplorasi lebih dalam mengenai kandungan, atau zat aktif yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan baik obat-obatan maupun perawatan. Sehingga praktik Kesehatan

tradisional bisa dimasukkan kedalam kedokteran modern dengan cara yang ilmiah. Pada proses inilah ilmu biomedik berperan dalam mengintegrasikan pengobatan tradisional menjadi pengobatan modern (Sharma *et al.*, 2023).

Penggunaan bahan alam terutama dari bahan tumbuhan yang dikenal dengan nama *etnomedicine* dan juga dari bahan alam yang lain sudah banyak dilakukan penelitian seperti misalnya penggunaan Ginseng di Korea maupun China yang dipercaya mampu menjaga daya tahan tubuh dan stamina, serta kegunaan lain dalam kedokteran (Irfan, Kim and Rhee, 2020). Tanaman kunyit juga banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat, di Indonesia selain sebagai bumbu, juga dimanfaatkan sebagai produk obat herbal yang dikemas secara modern karena kandungan Kurkumin dipercaya memiliki sifat anti inflamasi dan antioksidan. Bahan-bahan yang mengandung antioksidan tinggi seperti manggis (Xie *et al.*, 2015), ubi jalar ungu (Suladra, 2020), serta tanaman lainnya juga banyak di manfaatkan untuk kesehatan terutama yang terkait dengan penuaan dan kecantikan.

Selain dari tanaman, bahan atau produk berpotensi obat juga di eksplorasi dari berbagai sumber seperti dari laut (Leychenko, 2022) karena banyak organisme laut seperti sponge, rumput laut dan lainnya memiliki kandungan yang berpotensi sebagai antimikrobia dan bioaktif lainnya (Miguel *et al.*, 2023). Pemanfaatan produk hewan juga sudah banyak dilakukan inovasi dan eksplorasi dalam usaha pengembangan bahan obat seperti untuk pengobatan luka (Yupanqui Miele *et al.*, 2022), kandungan Omega 3 yang tinggi dari beberapa jenis ikan juga sudah ditemukan kegunaannya dalam kehidupan manusia.

Dalam satu dekade terakhir studi tentang mikrobiota serta interaksinya dengan lingkungan hidupnya mengalami peningkatan sangat signifikan, karena diyakini bahwa komposisi mikrobiota mempengaruhi kondisi Kesehatan seseorang. Pada tubuh manusia telah dipelajari mengenai mikrobiota usus, mikrobiota rongga mulut, mikrobiota kulit, dan mikrobiota saluran nafas (Hou *et al.*, 2022). Dari beberapa grup mikrobiota,

mikrobiota usus menjadi pusat perhatian karena dari beberapa studi mikrobiota usus sangat menentukan status Kesehatan seseorang (Fan and Pedersen, 2021). Ketidak seimbangan komposisi mikrobiota pada usus manusia akan menimbulkan gangguan-gangguan Kesehatan seperti penyakit terkait dengan metabolic (Fan and Pedersen, 2021), penyakit pada system saraf pusat (Rutsch, Kantsjö and Ronchi, 2020) dan lainnya. Pemberian probiotik (bakteri menguntungkan pada usus) dan prebiotic (asupan makanan yang dapat digunakan oleh bakteri probiotik) serta melakukan modulasi dan transplantasi mikrobiota untuk pencegahan maupun terapi penyakit sudah banyak dilakukan (Rajpal and Brown, 2013).

6.2.4 Tantangan Biomedik dalam kedokteran

Meskipun sudah sangat banyak hal yang bisa di eksplorasi melalui pengembangan ilmu Biomedik, seperti penemuan bahan obat, alat diagnosis, serta metode terapi, akan tetapi banyak tantangan yang masih dihadapi, berikut akan sedikit diulas mengenai tantangan yang sering ditemui dalam kaitannya dengan ilmu biomedis:

1. Etika dan Regulasi

Pengeditan Genetik, Penggunaan teknologi seperti CRISPR-Cas9 dalam pengeditan genom manusia,serta pengembangan sel punca embrionik menimbulkan pertanyaan etis yang kompleks tentang potensi penyalahgunaan dan implikasi jangka panjang bahkan perubahan geopolitik (Karan A; DeUgarte D; Barry M, 2017), disamping itu terdapat penolakan dari lapisan masyarakat yang menganggap bahwa kegiatan seperti itu melanggar kodrat Tuhan. Sementara itu secara global belum ada kesepakatan dan kejelasan mengenai penggunaan teknologi editing genom secara utuh, sehingga selalu muncul perdebatan (Feeney, Cockbain and Sterckx, 2021), sehingga masih butuh jalan panjang dan regulasi yang jelas untuk mengaturnya.

Permasalahan juga muncul ketika kita berbicara mengenai data-data seseorang, dengan kemajuan teknologi data yang bersifat rahasia seperti data pribadi, data riwayat kesehatan,

data genomic dan lainnya yang disimpan bisa diretas dan disalahgunakan sehingga perlu perlindungan hukum yang jelas untuk mengaturnya. Penguatan keamanan siber, peningkatan *awareness* Masyarakat, peningkatan pemahaman serta kerjasama lintas sectoral sangat diperlukan (Marune and Hartanto, 2021). Selain data – data elektronik, penyimpanan bahan biologis (*biobanking*) baik yang berasal dari manusia maupun non manusia, prosedur penggunaan bahan-bahan tersebut untuk kepentingan penelitian serta hak kepemilikan juga menjadi sebuah isu yang sangat krusial (Ashcroft and Macpherson, 2019; Singh, Cadigan and Moodley, 2022). Isu mengenai biosafety (keamanan bekerja dilaboratorium) dan Biosecurity (kemanan bahan biologis dari penyalahgunaan) dan bioetik (AL-Eitan and Alnemri, 2022) juga menjadi hal penting untuk dibahas, mengingat sering nya terjadi kesalahpahaman mengenai suatu kejadian, seperti missal saat terjadi pandemi Covid-19, banyak isu mengenai asal-usul virus tersebut sehingga muncul berbagai dugaan mengenai kemanan hayati disuatu laboratorium (Rutjes *et al.*, 2023).

2. Pendanaan dan Aksesibilitas

Permasalahan lainnya yang muncul adalah pendanaan dan aksesibilitas. Meskipun secara global dana Kesehatan mengalami peningkatan yang signifikan baik berasal dari pemerintah maupun sektor swasta (McCoy, Chand and Sridhar, 2009) akan tetapi Penelitian-penelitian biomedis sering memerlukan pendanaan besar dan berkesinambungan, hal ini sering menjadi permasalahan di negara-negara berkembang (Rahman *et al.*, 2020). Kurangnya akses terhadap dana penelitian juga menjadi permasalahan tersendiri sehingga komitmen dari para pemegang kebijakan sangat diperlukan (Ahmed *et al.*, 2020). Disamping pendanaan, fasilitas laboratorium dan juga peralatan penunjang lainnya tidak merata dari satu negara dengan negara lainnya atau antara satu wilayah dengan wilayah lainnya dalam satu negara, sehingga kesetaraan dan juga kolaborasi antara negara berkembang dan negara maju sangat diperlukan sehingga tercipta kesetaraan

dalam bidang biomedis (Chu *et al.*, 2014). Dengan demikian translasi hasil penelitian dari laboratorium ke pasien lebih mudah terwujud (Freeman and Dervan, 2014). Hal lain yang juga penting adalah pemberian insentif dan bantuan untuk melakukan publikasi di jurnal ilmiah (Uddin and Alharbi, 2023).

3. Kompleksitas Biologis

Dalam penanganan suatu penyakit, kompleksitas dari pasien juga akan mempengaruhi keberhasilan pengobatan maupun pencegahan yang dilakukan, hal ini terkait dengan variasi yang terdapat antar individu. Variasi – variasi ini terjadi karena variasi genetic, makanan yang dikonsumsi maupun sebab lainnya (Benton *et al.*, 2021), sehingga perbedaan ini akan menjadi tantangan tersendiri dalam ilmu biomedik.

Terkait dengan penggunaan bahan alam misalnya tumbuhan, terdapat beberapa hal yang menjadi perhatian seperti variasi kualitas dari bahan yang digunakan, hal ini disebabkan perbedaan kondisi lingkungan akan menyebabkan perbedaan kandungan metabolit sekunder dari tanaman (Karimi *et al.*, 2020). Belum banyak penelitian klinis yang dilakukan menggunakan bahan alam dalam dunia kedokteran sehingga masih diperlukan banyak bukti untuk menyatakan sebuah produk dapat digunakan secara klinis pada manusia (Paller, Denmeade and Carducci, 2016) hal ini juga disebabkan oleh kurangnya regulasi dan standar yang harus dipenuhi untuk keamanan penggunaan bahan tersebut, dan kemungkinan adanya reaksi dengan obat lain juga menjadi perhatian (Paller, Denmeade and Carducci, 2016). Munculnya mikroorganisme patogen yang semakin kompleks seperti bakteri atau virus yang mengalami resistensi terhadap antibiotik maupun antivirus yang disebut superbugs menjadi tantangan tersendiri secara global dalam penanganannya (Parmanik *et al.*, 2022). Penggunaan partikel nano menjadi salah satu yang menjanjikan dalam penanganan mikrobial yang resisten antibiotika namun masih perlu banyak penelitian yang harus dilakukan untuk mengetahui efektifitas penggunaan partikel nano tersebut (Singh, Smitha and Singh, 2014).

6.3 Kesimpulan

Perkembangan ilmu Biomedik sangat berperan dalam mempercepat penemuan-penemuan di dunia kedokteran, sehingga peran Ilmu Biomedik sangat vital. Berbagai inovasi telah ditemukan dan sangat membantu dalam pencegahan, diagnosis maupun pengobatan terhadap berbagai jenis penyakit, namun demikian masih banyak hal yang harus menjadi perhatian bagi masyarakat akademik seperti kolaborasi dengan berbagai disiplin ilmu sehingga mendapatkan pendekatan yang lebih lengkap, selain itu kerjasama dengan berbagai sektor seperti pemerintahan terkait dengan regulasi dan pendanaan, swasta terkait dengan pendanaan dan fasilitas dan juga industri untuk hilirisasi hasil penelitian biomedik tetap harus digalakkan sehingga tercipta iklim riset yang kondusif dan berkesinambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A. *et al.* (2020) 'Challenges and strategies for biomedical researchers returning to low- And middle-income countries after training', *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 102(3), pp. 494–496. Available at: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.19-0674>.
- AL-Eitan, L. and Alnemri, M. (2022) 'Biosafety and biosecurity in the era of biotechnology: The Middle East region', *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 4(2), pp. 130–145. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jobbb.2022.11.002>.
- Allen, L. *et al.* (2017) 'Socioeconomic status and non-communicable disease behavioural risk factors in low-income and lower-middle-income countries: a systematic review', *The Lancet Global Health*, 5(3), pp. e277–e289. Available at: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30058-X](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30058-X).
- Arthur, J.C. (2020) 'Microbiota and colorectal cancer: colibactin makes its mark', *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 17(6), pp. 317–318. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41575-020-0303-y>.
- Ashcroft, J.W. and Macpherson, C.C. (2019) 'The complex ethical landscape of biobanking', *The Lancet Public Health*, 4(6), pp. e274–e275. Available at: [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(19\)30081-7](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(19)30081-7).
- Benton, M.L. *et al.* (2021) 'The influence of evolutionary history on human health and disease', *Nature Reviews Genetics*, 22(5), pp. 269–283. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41576-020-00305-9>.
- Bumgarner, R. (2013) 'Overview of dna microarrays: Types, applications, and their future', *Current Protocols in Molecular Biology*, 6137(SUPPL.101), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.1002/0471142727.mb2201s101>.
- Chehelgerdi, Mohammad *et al.* (2024) 'Comprehensive review of CRISPR-based gene editing: mechanisms, challenges, and applications in cancer therapy', *Molecular Cancer*, 23(1), pp. 1–45. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12943-023-01925-5>.

- Chu, K.M. *et al.* (2014) 'Building Research Capacity in Africa: Equity and Global Health Collaborations', *PLoS Medicine*, 11(3), pp. 1–4. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001612>.
- F. Sanger, S. Nicklen, and A.R.C. (1997) 'DNA sequencing with chain-terminating inhibitors', *Proc. Nati. Acad. Sci.*, 74(12), pp. 5463–5467. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2015.11.003>.
- Fan, Y. and Pedersen, O. (2021) 'Gut microbiota in human metabolic health and disease', *Nature Reviews Microbiology*, 19(1), pp. 55–71. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0433-9>.
- Feeney, O., Cockbain, J. and Sterckx, S. (2021) 'Ethics, Patents and Genome Editing: A Critical Assessment of Three Options of Technology Governance', *Frontiers in Political Science*, 3(September), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpos.2021.731505>.
- Freeman, M.W. and Dervan, A.P. (2014) 'The Path from Bench to Bedside: Considerations before Starting the Journey Growing Interest in Translating Discoveries into New Therapeutics', 59(5), pp. 746–751. Available at: <https://doi.org/10.231/JIM.0b013e3182160d70.The>.
- Gao, B. *et al.* (2021) 'An introduction to next generation sequencing bioinformatic analysis in gut microbiome studies', *Biomolecules*, 11(4), pp. 1–22. Available at: <https://doi.org/10.3390/biom11040530>.
- Goetz, L.H. and Schork, N.J. (2018) 'Personalized medicine: motivation, challenges, and progress', *Fertility and Sterility*, 109(6), pp. 952–963. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2018.05.006>.
- Heather, J.M. and Chain, B. (2016) 'The sequence of sequencers: The history of sequencing DNA', *Genomics*, 107(1), pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2015.11.003>.
- Hoang, D.M. *et al.* (2022) 'Stem cell-based therapy for human diseases', *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 7(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01134-4>.

- Hood, L. and Rowen, L. (2013) 'The human genome project: Big science transforms biology and medicine', *Genome Medicine*, 5(9). Available at: <https://doi.org/10.1186/gm483>.
- Hou, K. *et al.* (2022) 'Microbiota in health and diseases', *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 7(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41392-022-00974-4>.
- Irfan, M., Kim, M. and Rhee, M.H. (2020) 'Anti-platelet role of Korean ginseng and ginsenosides in cardiovascular diseases', *Journal of Ginseng Research*, 44(1), pp. 24–32. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2019.05.005>.
- Jiang F and Doudna JA (2017) 'CRISPR-Cas9 structures and mechanisms', *Annual Review of Biophysics*, 46(1), pp. 505–529. Available at: <https://www.annualreviews.org/docserver/fulltext/biophys/46/1/annurev-biophys-062215-010822.pdf?expires=1713971234&id=id&accname=guest&checksum=3ECCF93CD48F239C00BE55A62B3C0CEA>.
- Karan A; DeUgarte D; Barry M (2017) 'AMA Journal of Ethics 2019', *AMA Journal of Ethics*, 19(6), pp. 617–628.
- Karimi, A. *et al.* (2020) 'Variation of Secondary Metabolite Profile of *Zataria multiflora* Boiss. Populations Linked to Geographic, Climatic, and Edaphic Factors', *Frontiers in Plant Science*, 11(July), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00969>.
- Kolios, G. and Moodley, Y. (2013) 'Introduction to stem cells and regenerative medicine', *Respiration*, 85(1), pp. 3–10. Available at: <https://doi.org/10.1159/000345615>.
- Leung, C.M. *et al.* (2022) 'A guide to the organ-on-a-chip', *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00118-6>.
- Leychenko, E. (2022) 'Marine Natural Compounds with Biomedical Potential', *Biomolecules*, 12(9), pp. 10–12. Available at: <https://doi.org/10.3390/biom12091242>.
- Li, T. *et al.* (2023) 'CRISPR/Cas9 therapeutics: progress and prospects', *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 8(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01309-7>.
- Ma, C. *et al.* (2021) 'Organ-on-a-Chip: A New Paradigm for Drug

- Development', *Trends in Pharmacological Sciences*, 42(2), pp. 119–133. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tips.2020.11.009>.
- Mahmud, S. *et al.* (2022) 'Opportunities and challenges in stem cell therapy in cardiovascular diseases: Position standing in 2022', *Saudi Pharmaceutical Journal*, 30(9), pp. 1360–1371. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2022.06.017>.
- Mani, I. (2021) *CRISPR-Cas9 for treating hereditary diseases*. 1st edn, Progress in Molecular Biology and Translational Science. 1st edn. Elsevier Inc. Available at: <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2021.01.017>.
- Marune, A.E.M.S. and Hartanto, B. (2021) 'Strengthening Personal Data Protection, Cyber Security, and Improving Public Awareness in Indonesia: Progressive Legal Perspective', *International Journal of Business, Economics, and Social Development*, 2(4), pp. 143–152. Available at: <https://doi.org/10.46336/ijbesd.v2i4.170>.
- McCoy, D., Chand, S. and Sridhar, D. (2009) 'Global health funding: How much, where it comes from and where it goes', *Health Policy and Planning*, 24(6), pp. 407–417. Available at: <https://doi.org/10.1093/heapol/czp026>.
- Miguel, S.P. *et al.* (2023) 'An antibacterial and bioactive sponge incorporating Codium sp.-mediated biosynthesized silver nanoparticles for the management of high exudate wounds', *Algal Research*, 72(April). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103129>.
- Paller, C.J., Denmeade, S.R. and Carducci, M.A. (2016) 'Challenges of conducting clinical trials of natural products to combat cancer', *Clinical Advances in Hematology and Oncology*, 14(6), pp. 447–455.
- Parmanik, A. *et al.* (2022) 'Current Treatment Strategies Against Multidrug-Resistant Bacteria: A Review', *Current Microbiology*, 79(12), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00284-022-03061-7>.
- Pray, L.A. (2008) 'Discovery of DNA Double Helix : Watson and Crick | Learn Science at Scitable Discovery of DNA Structure and Function : Watson and Crick The landmark ideas of Watson

and Crick relied heavily on the work of other scientists . What did the duo Aa The First P', *Nature Education*, 1(1), p. 100.

- Rahman, M.M. *et al.* (2020) 'Biomedical research in developing countries: Opportunities, methods, and challenges', *Indian Journal of Gastroenterology*. Springer, pp. 292–302. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12664-020-01056-5>.
- Rajpal, D.K. and Brown, J.R. (2013) 'Modulating the human gut microbiome as an emerging therapeutic paradigm', *Science Progress*, 96(3), pp. 224–236. Available at: <https://doi.org/10.3184/003685013X13691404141587>.
- Ran, F.A. *et al.* (2013) 'Genome engineering using the CRISPR-Cas9 system', *Nature Protocols*, 8(11), pp. 2281–2308. Available at: <https://doi.org/10.1038/nprot.2013.143>.
- Rawat, S.S. *et al.* (2023) 'Immunoinformatics Approaches for Vaccine Design: A Fast and Secure Strategy for Successful Vaccine Development', *Vaccines*, 11(2), pp. 11–14. Available at: <https://doi.org/10.3390/vaccines11020221>.
- Roth, S.C. (2019) 'What is genomic medicine?', *Journal of the Medical Library Association*, 107(3), pp. 442–448. Available at: <https://doi.org/10.5195/jmla.2019.604>.
- Rutjes, S.A. *et al.* (2023) 'Biosafety and biosecurity challenges during the COVID-19 pandemic and beyond', *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11(March), pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1117316>.
- Rutsch, A., Kantsjö, J.B. and Ronchi, F. (2020) 'The Gut-Brain Axis: How Microbiota and Host Inflammasome Influence Brain Physiology and Pathology', *Frontiers in Immunology*, 11(December), pp. 1–24. Available at: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.604179>.
- Sharma, N. *et al.* (2023) 'Blending Ethnomedicine with Modern Technology—From Conventional to Tailored Products: Modulating Biopharmaceutical Properties of Berberis Extract by Solid Lipid Nanoparticles for Wound Healing', *Journal of Functional Biomaterials*, 14(8). Available at: <https://doi.org/10.3390/jfb14080418>.
- Singh, R., Smitha, M.S. and Singh, S.P. (2014) 'The role of

- nanotechnology in combating multi-drug resistant bacteria', *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 14(7), pp. 4745–4756. Available at: <https://doi.org/10.1166/jnn.2014.9527>.
- Singh, S., Cadigan, R.J. and Moodley, K. (2022) 'Challenges to biobanking in LMICs during COVID-19: Time to reconceptualise research ethics guidance for pandemics and public health emergencies?', *Journal of Medical Ethics*, 48(7), pp. 466–471. Available at: <https://doi.org/10.1136/medethics-2020-106858>.
- Sivandzade, F. and Cucullo, L. (2021) 'Regenerative stem cell therapy for neurodegenerative diseases: An overview', *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), pp. 1–21. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms22042153>.
- Srivastava, S.K. *et al.* (2024) 'Organ-on-chip technology: Opportunities and challenges', *Biotechnology Notes*, 5(January), pp. 8–12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biotno.2024.01.001>.
- Suladra, M. (2020) 'Pengaruh Penambahan Ubi Jalar Ungu (Ipomea Batatas L.) Terhadap Sifat Organoleptik Dan Aktivitas Antioksidan Pada Kue Yangko', *Agrotech: Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 3(1). Available at: <https://doi.org/10.37631/agrotech.v3i1.171>.
- Uddin, M. and Alharbi, N.K. (2023) 'The landscape of biomedical research progress, challenges and prospects in Saudi Arabia-A systematic review', *Digital Health*, 9. Available at: <https://doi.org/10.1177/20552076231178621>.
- Umitaibatin, R. *et al.* (2023) 'Immunoinformatics Study: Multi-Epitope Based Vaccine Design from SARS-CoV-2 Spike Glycoprotein', *Vaccines*, 11(2), pp. 1–21. Available at: <https://doi.org/10.3390/vaccines11020399>.
- Wang, W.-H. *et al.* (2021) 'pathogens Emerging and Re-Emerging Diseases'. Available at: <https://doi.org/10.3390/pathogens10070827>.
- Wu, J. *et al.* (2024) 'Treating a type 2 diabetic patient with impaired pancreatic islet function by personalized endoderm stem cell-derived islet tissue', *Cell Discovery*, 10(1), pp. 0–4. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41421-024-00662-3>.

- Xie, Z. *et al.* (2015) 'Daily consumption of a mangosteen-based drink improves in vivo antioxidant and anti-inflammatory biomarkers in healthy adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial', *Food Science and Nutrition*, 3(4), pp. 342–348. Available at: <https://doi.org/10.1002/fsn3.225>.
- Yupanqui Miele, J. *et al.* (2022) 'Honey: An Advanced Antimicrobial and Wound Healing Biomaterial for Tissue Engineering Applications', *Pharmaceutics*, 14(8), pp. 1–36. Available at: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14081663>.
- Zank, S. and Hanazaki, N. (2017) 'The coexistence of traditional medicine and biomedicine: A study with local health experts in two Brazilian regions', *PLoS ONE*, 12(4), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174731>.
- Zhu, H. *et al.* (2020) 'Review PCR past , present and future', *BioTechniques*, 69(4), pp. 1–9.

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Netty Ino Ischak, Dra., M.Kes

Dosen Program Studi S2 Kesehatan Masyarakat Pasca Sarjana
Universitas Negeri Gorontalo

Penulis lahir di Gorontalo tanggal 23 Pebruari 1968. Lulus Pendidikan sarjana (SI) di bidang Kimia pada Universitas Samratulangi Manado, Pascasarjana (S2) Biokimia Kesehatan UNPAD Bandung, dan menyelesaikan studi Pascasarjana Doktorat (S3) bidang Ilmu Kesehatan di UNAIR pada tahun 2013. Saat ini aktif menulis tentang Biokimia, Kimia Nutrisi dan Herbal Medicine dan buku ilmu kesehatan lainnya. Buku yang telah terbit diantaranya , Biokimia dasar, Toksikologi Dasar, Kimia Medisinal, Epidemiologi Diabetes Gestasional, Kimia dasar untuk Kesehatan, Kedokteran, dan Farmasi. Sejak tahun 1993 sampai sekarang tercatat sebagai dosen aktif mengajar di Program studi S2 Kesehatan Masyarakat dan Program studi Kimia FMIPA Universitas Negeri Gorontalo.

BIODATA PENULIS



Rury Trisa Utami, S.Si.,M.Biomed,

Dosen tetap di Prodi Farmasi, Institut Kesehatan Mitra Bunda

Rury Trisa Utami, S.Si.,M.Biomed, Seorang penulis dan dosen tetap di Prodi Farmasi, Institut Kesehatan Mitra Bunda. Lahir di Padang, 10 Januari 1999 Sumatera Barat. Penulis merupakan anak ke-tiga dari empat bersaudara dari pasangan bapak Dance dan Ibu Nurleli. Pendidikan di SMA N 9 Padang, dan melanjutkan Pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Negeri Padang, Prodi Biologi, lulus 3,5 th dengan predikat Cumlaude. Menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Universitas Andalas Program Studi Ilmu Biomedik Kedokteran, dengan focus bidang *Immunology* dengan Predikat Cumlaude. Th 2020- 2022 menjadi analis laboratorium COVID-19 di Labor PDRPI (Pusat Diagnostik dan Riset Penyakit Infeksi) di Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. Desember 2022 Begabung dalam Keanggotaan ADPI (Asosisasi Dosen Pengabdian Indonesia). Total karya sementara semenjak menjadi DOSEN (Oktober 2022 -Juli 2023) yang sudah penulis hasilkan adalah 9 Buku Ajar dan 1 buku Monograf dengan Judul Cengkeh sebagai "IMUNOMODULATOR", 5 artikel pada Jurnal Nasional Terakreditasi (SINTA 1-6) dan artikel pada jurnal Nasional.

BIODATA PENULIS



Dr. Korry Novitriani, M.Si

Dosen Program Studi Teknologi Laboratorium Medis
Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Bakti Tunas Husada

Penulis menekuni bidang biokimia dan merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Bakti Tunas Husada. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia di Universitas Jenderal Achmad Yani tahun 2022, kemudian menyelesaikan S2 pada Jurusan Kimia di Institut Teknologi Bandung tahun 2012 dan menyelesaikan S3 di Universitas Padjadjaran tahun 2021. Penulis dapat dihubungi di surel korrygerindra@gmail.com

BIODATA PENULIS



Dr. Dessy Arisanty, M.Sc

Dr. Dessy Arisanty, M.Sc lahir di Padang, pada 12 Januari 1979. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana FMIPA Universitas Andalas, jenjang Master (S2) di Biomedical Department of Medical Faculty and Health Sciences Universiti Putra Malaysia dibidang *Medical Biochemistry*. Selanjutnya studi Doktor pada Program Doktor Ilmu Biomedis dengan kajian *Molecular Cancer of Epigenetic*. Wanita yang kerap disapa Dessy ini adalah anak dari pasangan Anwar Manan (ayah) dan Dasmiaty (ibu). Penulis sebagai staf pengajar di Departmen Biokimia Fakultas Kedokteran Univeristas Andalas (UNAND). Dan saat menulis ini, penulis menjabat sebagai Ketua Program Studi Ilmu Biomedis Program Sarjana, Fakultas Kedokteran UNAND. Penulis bukanlah orang baru di dunia Pendidikan. Berbagai kegiatan ilmiah dan banyak artikel yang sudah dipublikasikan. Penghargaan yang pernah diraih adalah sebagai lulusan terbaik Fakultas MIPA, Medali Perak pada ITEX exhibition Malaysia. Medali emas pada Inovation Technology 2023.

BIODATA PENULIS



A.Maya Rupa Anjeli, S.Kep., M.Kes.

Dosen Program Studi D3 Teknologi Bank Darah
Fakultas Kesehatan Universitas Dr. Soetomo

Lahir di Bantaeng pada 4 November 1986, A. Maya Rupa Anjeli adalah dosen di Program Studi D3 Teknologi Bank Darah, Fakultas Kesehatan, Universitas Dr. Soetomo. Memiliki latar belakang gelar sarjana di bidang Ilmu Keperawatan dan melanjutkan pendidikan magisternya dalam bidang Ilmu Biomedik di Universitas Hasanuddin Makassar.

Dengan komitmen yang mendalam terhadap pengembangan ilmu biomedik, penulis tidak hanya aktif dalam penelitian tetapi juga berperan penting dalam pendidikan dan pelatihan di bidang kesehatan. Dedikasinya untuk memajukan praktik dan pengetahuan biomedik tercermin dalam berbagai publikasi dan kontribusinya yang signifikan dalam mengembangkan kurikulum serta praktik klinis di institusi tempat beliau mengajar. Penulis terus berupaya menjembatani teori dan praktik untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan aplikasi dalam dunia kesehatan.

BIODATA PENULIS



Ida Bagus Nyoman Putra Dwija, SSi., M.Biotech., Ph.D
Dosen pada Departemen Mikrobiologi Fakultas Kedokteran
Universitas Udayana, Bali

Ida Bagus Nyoman Putra Dwija, SSi., M.Biotech., Ph.D, lahir di Desa Tista, Buleleng, Bali pada tanggal 5 Juni 1979, merupakan staff dosen pada Departemen Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, Bali. Menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Biologi, F MIPA Universitas Udayana (2003), kemudian melanjutkan S2 pada Program Studi Bioteknologi, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada (2009) dan kemudian menyelesaikan program Doktorat di National Cheng Kung University (NCKU), Taiwan (2021), dalam bidang Basic Medical Science dengan fokus penelitian pada pathogenesis bakteri. Saat ini selain aktif mengajar pada Program studi sarjana kedokteran, FK Universitas Udayana, juga mengajar di Prodi Magister Ilmu Biomedik FK Universitas Udayana. Selain mengajar juga melaksanakan kegiatan pengabdian maupun penelitian. Bidang penelitian penulis saat ini adalah Antimicrobial Resistance (AMR), Eksplorasi bahan alam untuk bahan antiinfeksi, biologi molekuler, dan Onkogenik virus (HPV dan EBV). Penulis dapat dihubungi melalui p.dwija@unud.ac.id.