

PENGANTAR BIOMEDIK

PANDUAN KOMPREHENSIF



Penulis:

Dani Prastiwi, S.Kep.,Ns.,M.Sc
Widia Lestari, S.Kep.,M.Sc
Rury Trisa Utami, S.Si.,M.Biomed
Nisha Dharmayanti Rinarto, S.Kep.,Ns.,M.Si
Nur Chabibah, S.Si.,M.Si
Nur Lu'lu Fitriyani, S.Si.,M.Si
Nur Insani Amir.,S.Si.,M.Si
Putu Irma Wulandari, S.ST.,M.DR
Ade Irma, S.Si.,M.Si
I Putu Eka Juliantara, S.Tr.Rad.,M.Tr.Kes(ID)
Ninik Ambar Sari, S.Kep.,Ns.M.Kep
Arafah Nurfadillah, S.Si.,M.Kes
Ayu Suraduhita, S.Si.,M.Biomed
Ummu Syauqah Al Musyahadah, M.Sc

SONPEDIA.COM

PT. Sonpedia Publishing Indonesia

PENGANTAR BIOMEDIK

(PANDUAN KOMPREHENSIF)

Penulis :

Dani Prastiwi, S.Kep.,Ns.,M.Sc
Widia Lestari, S.Kep.,M.Sc
Rury Trisa Utami, S.Si.,M.Biomed
Nisha Dharmayanti Rinarto, S.Kep.,Ns.,M.Si
Nur Chabibah, S.Si.,M.Si
Nur Lu'lu Fitriyani, S.Si.,M.Si
Nur Insani Amir.,S.Si.,M.Si
Putu Irma Wulandari, S.ST.,M.DR
Ade Irma, S.Si.,M.Si
I Putu Eka Juliantara, S.Tr.Rad.,M.Tr.Kes(ID)
Ninik Ambar Sari, S.Kep.,Ns.M.Kep
Arafah Nurfadillah, S.Si.,M.Kes
Ayu Suraduhita, S.Si.,M.Biomed
Ummu Syauqah Al Musyahadah, M.Sc

Penerbit:

SONPEDIA
Publishing Indonesia

PENGANTAR BIOMEDIK

(Panduan Komprehensif)

Penulis :

Dani Prastiwi, S.Kep.,Ns.,M.Sc
Widia Lestari, S.Kep.,M.Sc
Rury Trisa Utami, S.Si.,M.Biomed
Nisha Dharmayanti Rinarto, S.Kep.,Ns.,M.Si
Nur Chabibah, S.Si.,M.Si
Nur Lu'lu Fitriyani, S.Si.,M.Si
Nur Insani Amir.,S.Si.,M.Si
Putu Irma Wulandari, S.ST.,M.DR
Ade Irma, S.Si.,M.Si
I Putu Eka Juliantara, S.Tr.Rad.,M.Tr.Kes(ID)
Ninik Ambar Sari, S.Kep.,Ns.M.Kep
Arafah Nurfadillah, S.Si.,M.Kes
Ayu Suraduhita, S.Si.,M.Biomed
Ummu Syauqah Al Musyahadah, M.Sc

ISBN : 978-623-09-4655-4

Editor:

Putu Intan Daryaswanti

Penyunting :

Efitra

Desain sampul dan Tata Letak:

Yayan Agusdi

Penerbit :

PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Redaksi :

Jl. Kenali Jaya No 166 Kota Jambi 36129 Tel +6282177858344

Email: sonpediapublishing@gmail.com

Website: www.sonpedia.com

Anggota IKAPI : 006/JBI/2023

Cetakan Pertama, Juli 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara
Apapun tanpa ijin dari penerbit

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ini dengan baik dan lancar. Buku ini berjudul "**Pengantar Biomedik : Panduan Komprehensif**" merupakan buku yang menjelaskan fenomena hidup organ tubuh manusia dan hubungannya dengan pengetahuan dasar ilmu pengetahuan alam (biologi, kimia dan fisika). Buku ini menguraikan sejarah perkembangan biomedis, menjelaskan anatomi dan fisiologi tubuh manusia, dasar biokimia termasuk biologi molekuler juga dikupas dalam buku ini.

Selain itu teknologi medis terkini, imejing medis termasuk terapi radiasi juga diulas dalam buku ini dengan jelas. Buku "Pengantar Biomedik" ini membantu mahasiswa, Dosen, Praktisi klinis dalam menangani masalah Kesehatan yang belum terpecahkan dengan pendekatan klinis dan tidak hanya sekedar menyokong pendekatan klinis. Sebagai tenaga Kesehatan perlu mengetahui peran biomedik dalam pengembangan vaksin, obat-obatan dan terapi inovatif yang dilakukan seiring perkembangan ilmu Kesehatan saat ini. Etika dalam penelitian biomedik dan Isu kontemporer dalam biomedik juga disampaikan dalam buku ini.

Diharapkan buku ini dapat menjadi sumber referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, dosen, perawat klinik dan siapa saja yang tertarik dalam bidang biomedik. Buku ini mungkin masih terdapat kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu, saran dan kritik para pemerhati sungguh tim penulis harapkan. Semoga buku ini bermanfaat bagi para pembaca.

Pekalongan, Juli 2023
Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAGIAN 1 PENGANTAR ILMU BIOMEDIK	1
A. PENGERTIAN ILMU BIOMEDIK.....	1
B. TUJUAN MEMPELAJARI ILMU BIOMEDIK	1
C. RUANG LINGKUP ILMU BIOMEDIK.....	1
D. BIOMEDIK DAN KEPERAWATAN	4
BAGIAN 2 SEJARAH PERKEMBANGAN BIOMEDIS.....	5
A. PENDAHULUAN.....	5
B. PERKEMBANGAN BIOMEDIS.....	6
BAGIAN 3 ANATOMI TUBUH MANUSIA.....	15
A. PENGERTIAN ANATOMI	15
B. ISTILAH DAN POSISI ANATOMI	15
C. SISTEM MUSKULOSKELETAL	19
D. SISTEM KARDIOVASKULER.....	20
E. SISTEM PERNAFASAN	21
F. SISTEM SYARAF	23
G. SISTEM INTEGUMEN	24
H. SISTEM ENDOKRIN	25
I. SISTEM PENCERNAAN.....	25
J. SISTEM URINARIA	26
K. SISTEM REPRODUKSI	28

BAGIAN 4 FISILOGI TUBUH MANUSIA.....	30
A. FISILOGI SISTEM MUSKULOSKELETAL.....	30
B. FISILOGI SISTEM SIRKULASI DARAH.....	31
C. FISILOGI SISTEM RESPIRASI.....	32
D. FISILOGI SISTEM SARAF, INDERA, DAN ENDOKRIN.....	33
E. FISILOGI SISTEM PENCERNAAN.....	34
F. FISILOGI SISTEM URINARI.....	35
G. FISILOGI SISTEM IMUN.....	36
H. FISILOGI SISTEM REPRODUKSI.....	37
BAGIAN 5 DASAR-DASAR BOKIMIA.....	39
A. PENGERTIAN BOKIMIA.....	39
B. TUJUAN DAN MANFAAT BOKIMIA.....	39
C. RUANG LINGKUP BOKIMIA.....	41
BAGIAN 6 BIOLOGI MOLEKULER.....	50
A. GEN, DNA DAN RNA.....	50
B. REPLIKASI DNA.....	52
C. TRANSKRIPSI.....	54
D. TRANSLASI PROTEIN.....	56
BAGIAN 7 TEKNOLOGI MEDIS TERKINI.....	59
A. PENGERTIAN TEKNOLOGI.....	59
B. TEKNOLOGI KESEHATAN.....	61
C. TEKNOLOGI MASA DEPAN.....	66
BAGIAN 8 IMEJING MEDIS.....	69
A. PENGERTIAN DAN PERANAN IMEJING MEDIS (<i>MEDICAL IMAGING</i>).....	69

B.	KONSEP DASAR DAN PERKEMBANGAN IMEJING MEDIS.....	69
C.	MODALITAS IMEJING MEDIS	70
BAGIAN 9 PATOLOGI		82
A.	PENDAHULUAN TENTANG PATOLOGI	82
B.	SEJARAH PATOLOGI	82
C.	RUANG LINGKUP ILMU PATOLOGI	86
D.	PENYEBAB PENYAKIT	88
E.	KARAKTERISTIK PENDEKATAN PENYAKIT.....	90
BAGIAN 10 TERAPI RADIASI		92
A.	PENGERTIAN TERAPI RADIASI.....	92
B.	INSTRUMENTASI DAN PROSES TERAPI RADIASI	93
C.	JENIS DAN TEKNIK TERAPI RADIASI EKSTERNAL	97
D.	JENIS DAN TEKNIK TERAPI RADIASI INTERNAL	99
BAGIAN 11 PEMBEDAHAN.....		102
A.	DEFINISI PEMBEDAHAN	102
B.	INDIKASI PEMBEDAHAN	102
C.	KLASIFIKASI PEMBEDAHAN.....	103
D.	TAHAP-TAHAP PERIOPERATIF.....	104
E.	PERSIAPAN PEMBEDAHAN	105
BAGIAN 12 PERAN BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN VAKSIN, OBAT-OBATAN DAN TERAPI INOVATIF.....		108
A.	SEJARAH PERKEMBANGAN BIOMEDIK	108
B.	PERAN BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN VAKSIN.....	110
C.	PERAN BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN OBAT- OBATAN.....	114

D.	PERAN BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN TERAPI INOVATIF	116
BAGIAN 13 ETIKA DALAM PENELITIAN BIOMEDIK.....		120
A.	PENDAHULUAN.....	120
B.	UJI KLINIS PENGEMBANGAN OBAT.....	123
C.	ETIKA PENELITIAN MENGGUNAKAN HEWAN COBA, BAHAN BAKU TERSIMPAN DAN REKAM MEDIK.....	124
D.	KELAYAKAN ETIK	129
BAGIAN 14 ISU KONTEMPORER DALAM BIOMEDIK		131
A.	ISU KESEHATAN GLOBAL DAN REGIONAL.....	131
B.	TEKNOLOGI TERBARU DALAM ILMU BIOMEDIS DAN ASPEK ETIS.....	137
DAFTAR PUSTAKA		141
TENTANG PENULIS		154

BAGIAN 1

PENGANTAR ILMU BIOMEDIK

A. PENGERTIAN ILMU BIOMEDIK

Istilah biomedik berasal dari dua kata yaitu *bios* yang artinya hidup dan *medicus* yang artinya obat. Maksudnya adalah suatu ilmu dan tindakan pengobatan untuk mempertahankan hidup makhluk hidup dari penyakit.

Ilmu biomedik adalah cabang ilmu kedokteran yang menggunakan azas-azas dan pengetahuan dasar ilmu pengetahuan alam (biologi, kimia dan fisika) untuk menjelaskan fenomena hidup pada tingkat molekul, sel, organ dan organisme utuh.

Ilmu biomedik berkaitan dengan letak, struktur, fungsi serta cara kerja seluruh sistem tubuh yang menjelaskan perjalanan penyakit atau masalah kesehatan yang dihadapi oleh klien.

B. TUJUAN MEMPELAJARI ILMU BIOMEDIK

Ilmu biomedik bertujuan untuk memahami bagaimana tubuh manusia bekerja pada tingkat molekuler sehingga dapat menangani masalah kesehatan yang belum terpecahkan dengan pendekatan klinis. Pengetahuan ini akan menjadi dasar bagi penemuan dan perancangan strategis terapeutik seperti pengembangan vaksin, obat-obatan dan perawatan medis.

C. RUANG LINGKUP ILMU BIOMEDIK

Kelompok ilmu biomedik mencakup anatomi, fisiologi, biokimia, patofisiologi, farmakologi dan terapi, mikrobiologi, parasitologi dan gizi. Kelompok ilmu ini memberi penjelasan tentang perubahan yang

terjadi pada tubuh manusia akibat proses penyakit atau gangguan kesehatan.

1. Anatomi

Anatomi merupakan cabang ilmu yang menguraikan struktur tubuh dan kaitan antar struktur tubuh. Pada anatomi tubuh manusia, akan terlihat bahwa manusia memiliki banyak sekali elemen-elemen yang menyusun satu tubuh manusia. Elemen tersebut terdiri atas :

- a. Sistem kardiovaskuler
- b. Sistem saraf
- c. Sistem endokrin
- d. Sistem pernafasan
- e. Sistem pencernaan
- f. Sistem indera
- g. Sistem otot
- h. Sistem tulang
- i. Sistem kekebalan tubuh
- j. Sistem reproduksi
- k. Sistem perkemihan

Dari sudut medis, anatomi terdiri dari berbagai pengetahuan tentang bentuk, letak, ukuran dan hubungan berbagai struktur tubuh manusia sehat.

2. Fisiologi

Fisiologi merupakan ilmu yang mempelajari fungsi tubuh. Penekanan sering ditempatkan pada proses yang mengontrol dan mengatur fungsi-fungsi ini. Agar tubuh bisa berfungsi secara optimal, kondisi dalam tubuh disebut sebagai lingkungan internal yang harus diatur dengan hati-hati. Bidang kajian fisiologi sama dengan bidang kajian ilmu anatomi (Umar, 2020). Fisiologi dan anatomi adalah dua hal yang berkaitan erat satu sama lain sehingga muncul konsep yaitu semua fungsi yang spesifik dibentuk dari struktur yang spesifik.

3. Biokimia

Biokimia juga dapat diartikan sebagai ilmu yang membahas tentang zat-zat kimia penyusun tubuh makhluk hidup, serta reaksi-reaksi dan proses kimia, yang berlangsung dalam tubuh makhluk hidup. Biokimia mempelajari proses kehidupan dimulai dari sel sebagai satuan terkecil dari kehidupan. Secara khusus biokimia mempelajari terkait sel penyusun makhluk hidup dan susunan kimiawi penyusun selnya, sifat penyusun sel (faktor genetika, pertumbuhan sel, aktivitas enzim sebagai biokatalis dalam proses metabolisme), reaksi-reaksi kimia atau proses metabolisme yang terjadi di dalam sel makhluk hidup, senyawa-senyawa kimia yang menunjang semua aktivitas suatu makhluk hidup serta energi yang diperlukan ataupun dihasilkan dalam setiap aktivitas sel penyusun makhluk hidup.

4. Patofisiologi

Patofisiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang gangguan fungsi-fungsi mekanis, fisik dan biokimia, baik disebabkan oleh suatu penyakit, gejala atau kondisi abnormal. Ketika sesuatu berdampak pada fungsi fisiologis normal tubuh, misalnya penyakit, kondisi ini kemudian menjadi masalah patofisiologis.

5. Farmakologi dan terapi

Farmakologi adalah ilmu yang mempelajari tentang obat. Oleh sebab itu, perlu dipahami pengertian dari obat yang menjadi objek sentral dalam farmakologi dan terapi. Obat adalah suatu senyawa kimia yang telah diketahui strukturnya, tidak termasuk nutrisi atau bahan pangan esensial yang bila diberikan kepada organisme hidup, dapat menghasilkan efek biologis tertentu.

6. Mikrobiologi

Mikrobiologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup yang berukuran kecil atau tak kasat mata atau yang disebut dengan mikroorganisme. Mikroorganisme harus dilihat dengan menggunakan alat bantu lensa (mikroskop). Mikroorganisme meliputi virus, bakteri, jamur/fungi, archae,

protozoa dan alga. Dalam dunia kesehatan, mikrobiologi mempelajari mikroorganisme sebagai penyebab penyakit infeksi pada tubuh manusia, bagaimana cara mendiagnosis penyakit tersebut, bagaimana pengobatan dilakukan dan bagaimana proses pencegahan penyakit diterapkan sebagai bentuk pengendalian infeksi.

7. Parasitologi

Parasitologi dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari jasad-jasad yang hidup untuk sementara atau tetap di dalam atau pada permukaan jasad lain dengan maksud untuk mengambil makanan sebagian atau seluruhnya dari jasad tersebut.

8. Ilmu Gizi

Ilmu gizi adalah ilmu yang mempelajari proses organisme yang menggunakan makanan yang dimakan atau dikonsumsi secara normal melalui proses digesti, absorpsi dan transportasi. Penyimpanan, metabolisme serta pengeluaran zat yang dianggap tidak digunakan untuk dapat mempertahankan kehidupan, pertumbuhan, dan fungsi normal dari semua organ-organ serta menghasilkan energi.

D. BIOMEDIK DAN KEPERAWATAN

Permasalahan yang timbul dalam bidang kesehatan memerlukan jawaban dan penyelesaian secara ilmiah yang memerlukan metode ilmiah sehingga jawaban yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan. Untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada tubuh orang yang sakit, kita harus terlebih dahulu mengetahui struktur dan fungsi setiap susunan tubuh manusia yang sehat. Sehingga ilmu biomedik menjadi salah satu ilmu pengetahuan yang penting dalam melaksanakan asuhan keperawatan, yaitu dengan menafsirkan perubahan-perubahan yang terdapat pada tubuh seperti halnya yang dilakukan perawat profesional.

BAGIAN 2

SEJARAH PERKEMBANGAN BIOMEDIS

A. PENDAHULUAN

Ilmu biomedis menjadi ujung tombak kemajuan dibidang kesehatan. Peran biomedis sangat penting, terutama dalam hal penemuan terapi baru untuk penyembuhan penyakit. Ilmu biomedis terkait dengan penelitian dan mempelajari tubuh manusia untuk mendorong kemajuan di bidang medis. Ilmuwan biomedis melakukan penelitian dan eksperimen untuk mempelajari berbagai kondisi yang kemudian dapat digunakan dalam pengembangan obat dan perawatan baru. Sehingga erat kaitannya antara perkembangan ilmu biomedis dengan perkembangan medis dunia.

Sepanjang sejarah manusia, dokter dan tabib telah mengumpulkan dan menyempurnakan pengetahuan yang diwarisi dari generasi sebelumnya. Berbagai metode terapi efektif telah dirancang selama berbagai periode sejarah; ketika masing-masing dikembangkan hal ini dianggap sebagai "pengobatan ilmiah modern" pada masanya. Pengobatan klasik telah berkembang menjadi cabang-cabang yang sempit dan terspesialisasi, hal ini menyebabkan pendekatan holistik dan pandangan umum tentang kesehatan, penyakit, dan metode terapeutik menjadi semakin menghilang. Banyak metode pengobatan tradisional yang efektif telah dilupakan dan dihilangkan dari pengobatan utama. Padahal akan lebih baik bagi pendidikan kedokteran modern jika menggabungkan pengetahuan umum tentang modalitas terapi yang efektif secara historis dan mempelajari kasus-kasus praktis. Mahasiswa kedokteran harus diajari bagaimana memilih "metode yang baik" atau "obat yang baik" terlepas dari kapan metode atau pengobatan itu ditemukan. Namun, dia harus mengingat tujuan utama pengobatan: "Saya akan menggunakan

pengobatan untuk membantu orang sakit sesuai dengan kemampuan dan penilaian saya " (dari Sumpah Hipokrates).

Tidak ada dokumentasi yang memadai tentang praktik pengobatan dan terapi yang diamati oleh orang-orang yang menduduki benua Australia, Amerika, dan Afrika sebelum migrasi Eropa ke wilayah tersebut. Selain itu, tidak ada representasi sejarah yang valid dari praktik pengobatan di Eropa sebelum zaman Hippocrates. Hanya negara-negara Timur yang mempertahankan seni penyembuhan kuno, dan karenanya memiliki keuntungan untuk mengembangkannya menjadi sistem berbasis pengetahuan medis yang komprehensif.

Lahirnya ilmu biomedis berdasarkan pengamatan terhadap individu sakit secara langsung yang dibandingkan dengan individu sehat, ilmu biologi, kimia dan fisika membantu menjabarkan kondisi tersebut. Selama zaman kuno, teori dan prinsip medis yang serupa dipraktikkan di seluruh dunia terlepas dari perbedaan bahasa dan budaya. Teori ini berdasarkan pengamatan terhadap kebiasaan yang lazim dilakukan.

Hukum dan prinsip ini menganut konsep bahwa alam dan manusia disatukan oleh beberapa unsur dasar, dan cairan bersama dengan energi yang beredar di dalam tubuh manusia dan alam. Model alam dan tubuh manusia ini, meskipun tampak sederhana, memungkinkan berbagai penyakit diobati dengan menggunakan zat dan metode yang tersedia di lingkungan alami.

B. PERKEMBANGAN BIOMEDIS

Beberapa masa yang terdokumentasikan dalam perkembangan biomedis diantaranya:

1. Pengobatan tradisional Tiongkok

Pendekatan yang membentuk pengobatan tradisional Tiongkok (seperti akupunktur, tai chi, dan produk herbal) telah menjadi subyek dari banyak studi klinis dan tinjauan ilmiah pada masa sekarang. Di masa-masa awal tabib yang mempraktikkan pengobatan percaya bahwa energi dan darah bersirkulasi melalui saluran utama tubuh manusia menggunakan jalur khusus yang dikenal sebagai Jing Luo. Ini merupakan saluran utama komunikasi dan distribusi energy di dalam tubuh. Organ dalam (Zang Fu) berhubungan dengan berbagai jaringan di bagian permukaan tubuh. Dengan cara ini, mereka memungkinkan adaptasi internal terhadap perubahan eksternal. Mereka menghubungkan area permukaan tubuh yang berbeda. Jing Luo lebih eksternal daripada Organ Zang Fu yang berada didalam. Ketika patogen menembus tubuh dari Luar, mereka biasanya menembus saluran superfisial, lalu saluran utama, dan terakhir Organ Zang Fu. Jing Luo menutupi seluruh tubuhnya. Filosofi pengobatan tradisional Tiongkok percaya bahwa segala proses dalam tubuh manusia berhubungan dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Penyakit biasanya disebabkan oleh ketidakharmonisan antara lingkungan di dalam dan di luar tubuh manusia. Gejala ketidakseimbangan ini digunakan dalam pemahaman, pengobatan, dan pencegahan penyakit.

2. Kedokteran ilmiah modern di Yunani kuno

Penyakit adalah masalah yang sangat serius bagi orang Yunani, seperti halnya semua orang lain di dunia kuno dan abad pertengahan. Satu dari tiga bayi meninggal sebelum mereka berusia satu tahun. Setengah dari semua anak meninggal sebelum mereka berumur sepuluh tahun. Bahkan kebanyakan orang yang tumbuh dewasa meninggal di usia empat puluhan dan lima puluhan. Pada awalnya, dokter Yunani, seperti orang Mesir dan India, percaya bahwa setan menyebabkan penyakit, dan dewa seperti dewa pengobatan, putra Apollo, Asclepius, dapat menyembuhkan penyakit. Tabib Yunani mencoba menyembuhkan pasien dengan

pengorbanan dan doa. Orang sering membeli model bagian tubuh mereka yang sakit untuk ditinggalkan di kuil Asclepius. Begitulah cara mereka memberi tahu dewa apa yang harus diperbaiki.

Namun, pada saat yang sama, para dokter Yunani menggunakan obat-obatan yang manjur. Mereka menggunakan anggur, opium, dan henbane untuk membantu mengatasi rasa sakit dan sakit gigi, dan mereka menggunakan lidah buaya (berasal dari Mesir) untuk menyembuhkan luka bakar. Mereka menggunakan bawang putih yang dihancurkan untuk mendisinfeksi luka, dan teh mint untuk membantu mengatasi sakit perut. Namun sekitar tahun 500 SM, para dokter Yunani menjadi lebih tertarik untuk menggunakan observasi ilmiah dan logika untuk mencari tahu penyebab penyakit dan apa yang dapat Anda lakukan untuk mengatasinya. Perlahan-lahan para dokter Yunani menyusun sistem logis untuk memahami penyakit.

Pengetahuan medis Yunani kuno dapat ditemukan di Hippocrates Corpus yang merupakan kumpulan risalah medis yang ditulis oleh berbagai penulis selama dan sebelum masa Hippocrates (460–370 SM). Sistem logis ini dimulai dengan gagasan bahwa dokter pertamanya harus berhati-hati agar tidak membahayakan pasien mereka. Hippocrates merekomendasikan memulai pengobatan dengan diet dan olahraga yang baik. Itu tidak akan merugikan siapa pun. Jika pasien tidak membaik, maka dokter harus mencoba obat-obatan. Pembedahan hanya boleh digunakan sebagai upaya terakhir. Hippocrates memulai pemikiran mengenai cairan (humor), yang populer di seluruh Eropa dan Asia saat ini, di India dan Cina serta Yunani. Ide humor bahkan mungkin telah dimulai di Yunani, di mana ia muncul paling awal. Dokter Yunani seperti Hippocrates percaya bahwa manusia terbuat dari empat zat: darah, empedu hitam, empedu kuning, dan dahak (diucapkan FLEM).

3. Kedokteran ilmiah modern pada zaman Avicenna

Abu Ali Ibn Sina (Avicenna, 980–1037) adalah seorang dokter terkenal di Timur Tengah [10]. Bukunya yang berjudul *The Canon of Medicine (Qanun fi Thib)* ikhtisar semua pengetahuan medis digunakan pada masanya hingga sekarang. Itu sebabnya, Ibnu Sina dijuluki sebagai Bapak Kedokteran Modern. *Al Qanun fi al Tibb* atau biasa yang disebut “Canon” terbagi menjadi 5 seri buku. Seri pertama berisi empat risalah. Risalah yang pertama mengenai anatomi, risalah kedua mengenai etiologi (penyebab) dan gejala, risalah ketiga mengenai kebersihan, kesehatan, penyakit dan kematian yang tak terhindarkan, risalah keempat mengenai nosologi terapeutik (klasifikasi penyakit) dan gambaran umum tentang rejimen dan perawatan diet. Seri kedua Canon adalah *Materia Medica*, Seri ketiganya mencakup *Head-to-Toe Diseases*. Buku seri keempat membahas “*Diseases That Are Not Specific to Certain Organs*” (demam dan patologi sistemik dan humoral lainnya), dan Buku seri kelima menyajikan “*Compound Drugs*” (seperti: *theriacs, mithridates, electuaries, dan cathartics*). Buku II dan V masing-masing menawarkan ringkasan penting dari sekitar 760 obat. Sayangnya, catatan klinis Canon hilang, hanya tersisa teks Arab dalam *a Roman Publication of 1593*. Ibnu Sina juga menulis “*al-adwiyat al-Qalbia*” yang berisi obat cardio (Nasser, Tibi & Savage-Smith, 2009).

4. Perubahan besar dalam paradigma medis pada masa Dr. Paracelsus.

Tokoh penting dalam sejarah medis, Paracelsus mendorongnya kolega dan pengikut untuk mempertanyakan teks kuno dan pemanfaatan alam serta budaya cerita rakyat sebagai pedoman dalam bidang ilmu pengetahuan. Metode inovatifnya, meskipun luar biasa, menggunakan elemen anorganik sebagai pengobatan dasar untuk penyakit tertentu menimbulkan kontroversi di kalangannya sezaman. Meski demikian, Paracelsus dikenang sebagai Pionir dari

Toksikologi. Paracelsus diakui sebagai ilmuwan medis paling berpengaruh di Eropa Barat selama Renaisans. Dia melakukan perjalanan secara ekstensif ke seluruh Eropa untuk mempelajari teknik pengobatan dan penyembuhan luka. Misalnya, dia belajar kimia dan toksikologi saat bekerja di tambang Austria, di mana dia mengamati penyakit penambang yang disebabkan oleh asap logam cair di laboratorium. Dia berinteraksi dengan dokter dan alkemis dari Spanyol ke Belanda dan Alexandria (Mesir). Paracelsus menolak teori kedokteran dan farmakope Galen (129-c. 200) dan Avicenna (980–1037), yang telah berlaku selama 15 abad, dan sebaliknya memperkenalkan penggunaan zat kimia, seperti mineral, ke dalam kedokteran. Dia juga orang pertama yang menekankan pentingnya dosis dalam perawatan obat (Pai-Dhungat & Parikh, 2015; Lund, 1931; Eknoyan, 1996). Selama berabad-abad, hanya ada perubahan bertahap dalam pengetahuan medis. Di setiap generasi, dokter meningkatkan pengetahuan yang mereka warisi dari generasi sebelumnya. Untuk penelitian dan praktik sehari-hari, para dokter masih mengacu pada buku-buku klasik yang ditulis beberapa dekade dan abad sebelumnya karena kebutuhan medis manusia tidak banyak berubah selama berabad-abad. Perubahan penting dalam kedokteran dimulai dengan perkembangan berbagai bidang ilmu pengetahuan. Perubahan ini terkait dengan obat berbahan kimia dengan pemilihan bahan kimia yang tepat.

5. Evolusi kedokteran dapat ditelusuri ke Samuel Hahnemann (1755–1843)

Kecenderungan lain yang muncul dari evolusi kedokteran dapat ditelusuri ke Samuel Hahnemann (1755–1843), pendiri homeopati. Melalui teori dan eksperimennya, Samuel Hahnemann menyimpulkan bahwa "racun" yang menyebabkan gejala tertentu dalam tubuh, yang dikenal sebagai "patogenesis", dapat digunakan untuk mengobati gejala khusus ini jika diberikan kepada pasien dalam dosis kecil. "Racun terapeutik" homeopati berasal dari

lingkungan alami, misalnya, zat beracun dari mineral, tumbuhan dan obat khusus organ selama berabad-abad konsep menggunakan "obat khusus organ" untuk mengobati organ yang sakit cukup umum di kalangan dokter kuno. Berridge menulis bahwa prinsip similia similibus curantur atau "obat serupa" sebagai cara pengobatan empiris rasional sudah dikenal di Eropa setidaknya pada abad ke-12.

6. Penerapan jaringan dan organ hewan untuk terapi penggantian Upaya pertama untuk menggunakan produk asal hewan untuk injeksi, transfusi atau bahkan transplantasi bedah dilaporkan pada abad ke-17. Pada tahun 1667, kasus awal transfusi darah dari domba ke manusia dilaporkan di Perancis dan di Inggris. Pada tahun 1668, seorang ahli bedah Belanda J. van Meek'ren mengutip sebuah kasus dari Rusia di mana tulang anjing dicangkokkan ke tengkorak pasien.

7. Terapi seluler dirancang oleh Dr. Charles-Édouard Brown-Séquard

Produk khusus organ dari hewan digunakan dalam pengobatan klasik bahkan selama pertengahan abad ke-19. Pada tahun 1857, bab khusus "Produk yang Menghasilkan Hewan yang Digunakan dalam Pengobatan" dimasukkan dalam Suplemen Farmakope, diterbitkan di London. Ini merinci deskripsi umum berbagai hewan, serta indikasi dan resep pengobatan hewani yang disusun dari buku-buku medis abad yang lalu. Sebuah langkah baru dalam pengembangan kedokteran modern mengikuti Pengembangan lebih lanjut dari obat ilmiah berbasis kimia.

8. Pada akhir abad ke-18, Dr. John Brown (dan G. Cullen)

Mereka percaya bahwa semua kondisi patologis dan sehat dapat diklasifikasikan sebagai penyakit sthenic (aktif) dan asthenic (nonaktif), dengan kondisi normal di antaranya. Penyakit sthenic bisa berubah menjadi asthenic, dan sebaliknya. Mereka menggunakan terapi perangsang atau penenang, termasuk obat tonik dan metode

pemanasan atau pembersihan dan pertumpahan darah, sesuai dengan aktivitasnya.

9. Perkembangan teknik biomedis sebagai bagian dari ilmu biomedis.

Ilmu biomedis sinergi antara bidang biologi dan kedokteran dengan berbagai ilmu dasar dan rekayasa. Keahlian teknik biomedis berkaitan dengan rekayasa, sains dan teknologi. Beberapa momentum terdokumentasi, terkait dengan perkembangan teknik biomedis dan ilmu biomedis. Diawali pada tahun 1816 penemuan baru dimulai dari penemuan stetoskop. Tonggak awal dalam elektrofisiologi terjadi pada tahun 1848 ketika DuBois Reymond menerbitkan *Ueber die tierische Elektrizität* yang diakui secara luas. Pada tahun 1895, Wilhelm Roentgen secara tidak sengaja menemukan bahwa tabung sinar katoda dapat membuat selembar kertas yang dilapisi dengan barium platinocyanide menjadi bercahaya, bahkan ketika tabung dan kertas berada di ruangan yang terpisah. Roentgen memutuskan bahwa tabung itu pasti memancarkan semacam sinar tembus, yang disebutnya sinar "X" karena tidak diketahui. Hal ini memicu serangkaian penelitian tentang sifat sinar-X yang menembus jaringan dan menghancurkan jaringan, sebuah rangkaian penelitian yang pada akhirnya menghasilkan serangkaian teknologi pencitraan medis modern.

Tahun 1921 antara Perang Dunia I dan Perang Dunia II sejumlah laboratorium melakukan penelitian di bidang biofisika dan teknik biomedis. Hanya satu yang menawarkan pelatihan formal: Institut Oswalt untuk Fisika dalam Kedokteran, didirikan pada tahun 1921 di Frankfurt, Jerman, cikal bakal Institut bulu Biophysik Max Planck. Setelah Perang Dunia Kedua, komite administrasi mulai dibentuk di sekitar gabungan bidang teknik, kedokteran, dan biologi. Sebuah masyarakat biofisik dibentuk di Jerman pada tahun 1943. konferensi teknik kedokteran dan biologi pertama diadakan di Amerika Serikat

tahun 1948 di bawah naungan Institute of Radio Engineers (cikal bakal Institute of Electrical and Electronics Engineers), American Institute for Electrical Engineering, dan Instrument Society of America. juga pada awal 1960-an NIH mengambil tiga langkah penting untuk mendukung rekayasa biomedis. Pertama, ia menciptakan komite program-proyek di bawah Institut Ilmu Kedokteran Umum untuk mengevaluasi aplikasi program-proyek, banyak di antaranya melayani biofisika dan teknik biomedis. Kemudian dibentuk bagian studi pelatihan teknik biomedis untuk mengevaluasi aplikasi hibah pelatihan, dan dibentuk dua bagian studi biofisika. Bagian studi "mengambang" khusus memproses aplikasi. Masyarakat menganugerahkan Alza Distinguished Lectureship untuk mendorong teori dan praktik teknik biomedis. Penghargaan Dosen Terhormat BME5 didirikan pada tahun 1991 untuk mengakui pencapaian luar biasa dalam teknik biomedis. Sebagai langkah menuju unifikasi, institut Amerika untuk teknik medis dan biologi didirikan pada tahun 1992.

Pada tahun 2000, arkeolog Jerman menemukan mumi berusia 3.000 tahun dari Thebes dengan prostetik kayu yang diikatkan pada kakinya untuk berfungsi sebagai jempol kaki. Ditahun yang sama Perkembangan besar terjadi pada akhir tahun 2000 ketika Presiden Clinton menandatangani undang-undang yang menciptakan Institut Nasional Pencitraan Biomedis dan Bioengineering di NIH. Institut NIH terbaru, NIBIB menghabiskan sebagian besar tahun 2001 membangun program dan staf administrasi, menyiapkan permintaan anggaran, menyiapkan ruang kantor, menentukan pendanaan dan memberikan kode dan prosedur identifikasi, dan mengidentifikasi area fokus program (penelitian, pelatihan, dan komunikasi). dan peluang. NIBIB mengambil alih administrasi Konsorsium Rekayasa Hayati (BECON) NIH pada bulan September 2001, dan memberikan hibah penelitian pertamanya pada bulan April 2002.

10. Biomedis masa kini dan akan datang

Pada masa sekarang biomedis memiliki peran yang signifikan dalam kemajuan kesehatan. Vaksin baru telah ditemukan dan diproduksi untuk menggantikan yang lama. ini dapat dilakukan dengan bantuan proses rekayasa genetika. dan itu adalah salah satu disiplin Biomedis. Kanker masih dianggap sebagai penyakit yang mematikan. Beberapa jenis kanker masih belum dapat disembuhkan. Seiring waktu, ada beberapa jenis obat dari teknologi biomedis yang mampu memberikan efek penuh pada pasien kanker. Memaksimalkan penggunaan mikro bakteri dan nanobakteri, Nanobakteri juga dibutuhkan dalam dunia medis, khususnya dalam rekayasa genetika. Produksi antibodi dilakukan dengan menggunakan bakteri sebagai antigen. Antigen merupakan faktor penting dalam pembentukan kekebalan terhadap suatu penyakit. Jadi jika antigen bergabung dengan sel patogen, maka akan membentuk kekebalan terhadap patogen tersebut. Di sinilah rekayasa biomedis masih sangat dibutuhkan. Penggunaan teknologi biomedis juga dapat digunakan untuk memperpanjang hidup atau kehidupan manusia. Penerapan teknologi ini seperti alat pacu jantung. Ini adalah perangkat yang digunakan untuk pasien penyakit jantung koroner dan masih banyak digunakan. Proses operasi pasien secara digital, dengan persentase tingkat kegagalan operasi yang tinggi bagi pasien, Penggunaan teknik biomedis seperti pemberian asam amino melalui infus untuk mengurangi rasa sakit atau efek parsial lainnya dapat membantu proses operasi berjalan lebih efektif dan efisien. Pengembangan ilmu biomedis sendiri akan terus berinovasi sebagai langkah sentral dalam merancang terapi dan perawatan canggih untuk industri kesehatan. Diharapkan kedepannya ilmu biomedis dapat menemukan solusi atas permasalahan kesehatan yang terjadi selama ini dan penerapannya secara langsung.

BAGIAN 3

ANATOMI TUBUH MANUSIA

A. PENGERTIAN ANATOMI

Anatomi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur tubuh manusia, berasal dari bahasa Yunani “ana” yang berarti habis atau ke atas dan “tomos” yang berarti memotong atau mengiris. Maksudnya anatomi adalah ilmu yang mempelajari struktur tubuh (manusia) dengan cara menguraikan tubuh (manusia) menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sampai ke bagian yang paling kecil, dengan cara memotong atau mengiris tubuh (manusia) kemudian diangkat, dipelajari, dan diperiksa dengan menggunakan mikroskop.

Berdasarkan aspek yang dipelajari, Anatomi terbagi atas dua yaitu (1) anatomi mikroskopik dan (2) anatomi makroskopik. Anatomi mikroskopik adalah mempelajari suatu struktur yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang. Bentuk pemeriksaan mikroskopis adalah pemeriksaan sitology dan histology. Sitology mempelajari suatu sel secara individual sedangkan histologi mempelajari suatu jaringan. Anatomi makroskopik mempelajari suatu struktur yang besar yang bisa dilihat dengan mata telanjang, antara lain yaitu anatomi permukaan (ciri-ciri dari permukaannya), anatomi regional (fokus pada area tertentu), anatomi sistemik (mempelajari organ secara sistem pencernaan, sistem reproduksi, sistem kardiovaskuler dan lain-lain.), serta anatomi perkembangan (mempelajari perubahan tubuh dari sudut pandang struktur).

B. ISTILAH DAN POSISI ANATOMI

1. Garis-garis dan bidang-bidang khayal (imajiner)

- a. Garis tengah atau sagital merupakan garis imajiner yang melintas secara vertikal menembus garis tengah tubuh dari bagian atas kepala sampai ke bawah, diantara kaki yang membagi sisi menjadi dua, kanan dan kiri.
 - b. Pembelahan horizontal membagi tubuh menjadi bagian superior dan inferior.
 - c. Pembelahan sagital membagi tubuh menjadi bagian kanan dan kiri, sejajar dengan garis tengah.
 - d. Pembelahan koronal membagi tubuh menjadi bagian anterior dan posterior.
2. Istilah anatomi berdasarkan posisi anatomi serta memperhatikan garis arah maupun bidang-bidang imajiner, antara lain sebagai berikut:
- a. Anterior : lebih dekat ke depan, contoh lambung terletak anterior terhadap limpa.
 - b. Medial : bagian tengah atau lebih dekat ke bidang median, contoh jari manis terletak medial terhadap jari jempol.
 - c. Superior : atas, contoh mulut terletak superior terhadap dagu.
 - d. Dextra : bagian kanan
 - e. Ventral : bagian depan ruas tulang belakang
 - f. Interna : dalam
 - g. Proximal : lebih dekat dengan pangkal tubuh atau pangkal atau mendekati batang tubuh, contoh siku terletak proksimal terhadap telapak tangan.
 - h. Parietal : lapisan luar
 - i. Superfisial : dangkal atau lebih dekat ke/di permukaan, contoh otot kaki terletak superfisial dari tulangnya.
 - j. Horizontal : bidang datar
 - k. Transversal : potongan melintang
 - l. Posterior : lebih dekat ke belakang, contoh jantung terletak posterior terhadap tulang rusuk.

- m. Lateral : bagian samping, menjauhi bidang median, contoh telinga terletak lateral terhadap mata.
 - n. Inferior : bawah, contoh pusar terletak inferior terhadap payudara.
 - o. Sinistra : bagian kiri
 - p. Dorsal : bagian belakang ruas tulang belakang
 - q. Externa : bagian luar
 - r. Distal : ujung atau menjauhi batang tubuh, contoh pergelangan tangan terletak distal terhadap siku.
 - s. Perifer : pinggir (tepi)
 - t. Visceral : lapisan dalam
 - u. Profunda : dalam atau lebih jauh dari permukaan, contoh tulang hasta dan pengumpil terletak lebih profunda dari otot lengan bawah.
 - v. Vertica : bidang tegak
 - w. Longitudinal : potongan memanjang
 - x. Sentral : bagian tengah
 - y. Asenden : bagian naik
 - z. Desenden : bagian turun
 - aa. Cranial : bagian kepala
 - bb. Caudal : bagian ekor
 - cc. Palmar : ke arah palmaris manus (anggota gerak atas)
 - dd. Plantar : ke arah plantar pedis (anggota gerak bawah)
 - ee. Ulnar : ke arah ulna (tulang hasta)
 - ff. Radial : ke arah radius (tulang pengumpil)
 - gg. Tibial : ke arah tibia (tulang kering)
 - hh. Fibular : ke arah fibula (tulang betis)
3. Arah Gerakan Arah gerakan tubuh manusia
- a. Fleksi dan Ekstensi
 - 1) Fleksio : Membengkokkan, melipat sendi atau gerakan menekuk.

- 2) Ekstensio : Gerakan meluruskan kembali sendi, contoh: gerakan ayunan lutut pada kegiatan gerak jalan.
- b. Adduksio dan Abduksio
- 1) Adduksio : Gerakan mendekati badan.
 - 2) Abduksio : Gerakan menjauhi badan.
- c. Rotasio
- 1) Rotasio : Gerakan memutar sendi.
 - 2) Sirkumduksio : Gerakan sirkuler atau pergerakan gabungan fleksi, ekstensi, aduksi dan adduksi. Contoh: gerakan abduksi (menjauhi) Bila kaki digerakkan kembali ke posisi siap merupakan gerakan adduksi (mendekati tubuh).
- d. Elevasi dan depresi
- 1) Elevasi merupakan gerakan mengangkat.
 - 2) Depresi adalah gerakan menurunkan. Contohnya: Gerakan membuka mulut (elevasi) dan menutupnya (depresi) juga gerakan pundak keatas (elevasi) dan kebawah (depresi).
- e. Inversi dan eversi
- 1) Inversi adalah gerak memiringkan telapak kaki ke dalam tubuh.
 - 2) Eversi adalah gerakan memiringkan telapak kaki ke luar. Istilah inversi dan eversi hanya untuk wilayah di pergelangan kaki.
- f. Supinasi dan pronasi
- 1) Supinasi adalah gerakan menengadahkan tangan.
 - 2) Pronasi adalah gerakan menelungkupkan. Supinasi dan pronasi hanya digunakan untuk wilayah pergelangan tangan saja.
- g. Endorotasi dan eksorotasi
- 1) Endorotasi adalah gerakan ke dalam pada sekeliling sumbu panjang tulang yang bersendi (rotasi).
 - 2) Eksorotasi adalah gerakan rotasi ke luar.

C. SISTEM MUSKULOSKELETAL

1. Tulang

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 calsiun kurang lebih 67 % dan bahan seluler 33%.

Fungsi dari tulang adalah sebagai berikut :

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

Berdasarkan bentuknya tulang dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. 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 epifisis dan diafisis dan merupakan pusat pertumbuhan longitudinal pada anak-anak. Yang pada orang dewasa akan mengalami kalsifikasi. Misalnya pada tulang humerus dan femur.

b. 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.

c. 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

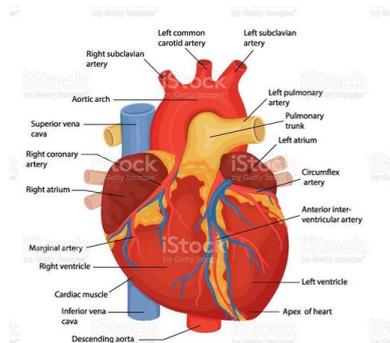
hematopoesis. Tulang pipih tersusun dari tulang kanelus diantara 2 tulang kortikal.

d. Tulang Tak Beraturan Berbentuk unik sesuai dengan fungsinya. Struktur tulang tidak teratur, terdiri dari tulang kanelous di antara tulang kortikal. Contoh : tulang vertebra, dan tulang wajah.

e. Tulang Sesamoid Merupakan tulang kecil disekitar tulang yang berdekatan dengan persendian dan didukung oleh tendon dan jaringan fasial. Contoh : tulang patella (Kap lutut).

D. SISTEM KARDIOVASKULER

Sistem kardiovaskuler merupakan organ sirkulasi darah yang terdiri dari jantung, komponen darah dan pembuluh darah yang berfungsi memberikan dan mengalirkan suplai oksigen dan nutrisi keseluruh jaringan tubuh yang di perlukan dalam proses metabolisme tubuh. Sistem kardiovaskuler memerlukan banyak mekanisme yang bervariasi agar fungsi regulasinya dapat merespons aktivitas tubuh, salah satunya adalah meningkatkan aktivitas suplai darah agar aktivitas jaringan dapat terpenuhi. Pada keadaan berat, aliran darah tersebut, lebih banyak di arahkan pada organ-organ vital seperti jantung dan otak yang berfungsi memelihara dan mempertahankan sistem sirkulasi itu sendiri.



Gambar 3.1 Anatomi Jantung

Jantung berbentuk seperti pir/kerucut seperti piramida terbalik dengan apeks (superiorposterior:C-II) berada di bawah dan basis (anterior-inferior ICS – V) berada di atas. Pada basis jantung terdapat aorta, batang nadi paru, pembuluh balik atas dan bawah dan pembuluh balik. Jantung sebagai pusat sistem kardiovaskuler terletak di sebelah rongga dada (cavum thoraks) sebelah kiri yang terlindung oleh costae tepatnya pada mediastinum. Untuk mengetahui denyutan jantung, kita dapat memeriksa dibawah papilla mammae 2 jari setelahnya. Berat pada orang dewasa sekitar 250350 gram. Hubungan jantung dengan alat sekitarnya yaitu: a) Dinding depan berhubungan dengan sternum dan kartilago kostalis setinggi kosta III-I. b) Samping berhubungan dengan paru dan fasies mediastilais. c) Atas setinggi torakal IV dan servikal II berhubungan dengan aorta pulmonalis, bronkus dekstra dan bronkus sinistra. d) Belakang alat-alat mediastinum posterior, esophagus, aorta desendes, vena azigos, dan kolumna vetebrata torakalis. e) Bagian bawah berhubungan dengan diafragma

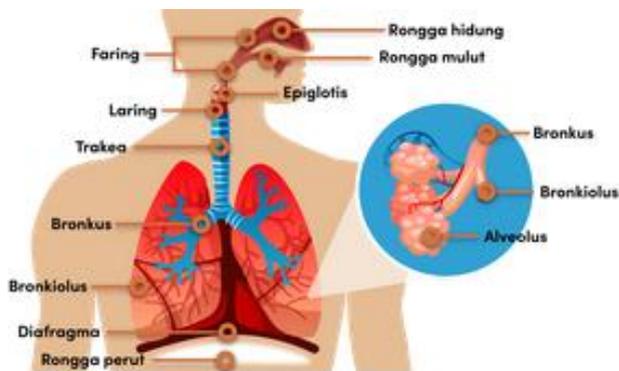
E. SISTEM PERNAFASAN

Bernafas adalah proses menghirup oksigen (O₂) dan mengeluarkan karbodioksida (CO₂). Inspirasi adalah proses menghirup oksigen (O₂) dari udara. Ekspirasi adalah proses menghembuskan nafas keluar dari alat pernafasan.

Ada beberapa tujuan dalam bernafas yaitu: Mengeluarkan karbodioksida (CO₂), Memperoleh energy, Melakukan pembakaran zat – zat dalam tubuh. Berdasarkan gambar sistem pernapasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pernapasan pada manusia terdiri dari:

1. Hidung
2. Rongga hidung
3. Concha
4. Langit-langit lunak

5. Farink
6. Larink
7. Trakea
8. Rongga pleura
9. Paru-paru kanan
10. Paru-paru kiri
11. Tulangrusuk
12. Ototintercosta
13. Diafragma



Gambar 3.2 Sistem Pernafasan

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.

F. SISTEM SYARAF

Sistem Persyarafan adalah salah satu organ yang berfungsi untuk menyelenggarakan kerja sama yang rapih dalam organisasi dan koordinasi kegiatan tubuh. Dengan persyarafan kita dapat menghisap rangsangan dari luar pengendalian pekerja otot.

Pembagian susunan saraf terdiri dari :

1. Susunan Saraf Pusat (Central Neuvous System : CNS)
 - a. Medula spinalis (sumsum tulang belakang)
 - b. Otak (Otak Besar, Otak kecil, dan Batang Otak)
2. Susunan Saraf Perifer (Peripheral Nervous System)
 - a. Susunan Saraf Somatik adalah susunan saraf yang mempunyai peranan spesifik untuk mengatur aktivitas otot sadar dan serat lintang.
 - b. Susunan Saraf Otonom adalah susunan saraf yang mempunyai peranan penting mempengaruhi pekerjaan otot

tak sadar (otot polos) seperti jantung, hati, pankreas , jalan pencernaan, kelenjar, dan lain –lain.

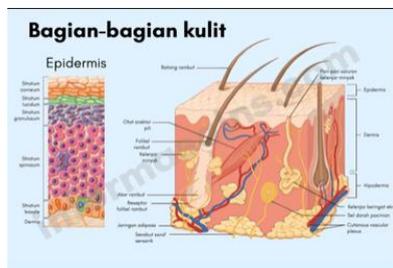
G. SISTEM INTEGUMEN

Kulit adalah suatu organ pembungkus seluruh permukaan tubuh paling luar, dan merupakan salah satu organ terbesar dimana membentuk 15% dari berat badan keseluruhan.

Fungsi Kulit Kulit menutupi dan melindungi permukaan tubuh dan bersambung dengan selaput lendir yang melapisi rongga, dan berfungsi sebagai berikut: Sebagai pelindung, Sebagai peraba atau alat komunikasi, Sebagai alat pengukur panas, Sebagai tempat penyimpanan, Sebagai alat absorpsi, Sebagai alat ekskresi

- Lapisan Kulit,
1. Lapisan Epidermis/Kutikula: Stratum Karneum, Stratum Lusidum, Stratum Granulosum, Stratum Spinosum, Stratum Basale
 2. Lapisan Dermis: Bagian atas, parspilare (stratum papilar), Bagian bawah, parsretikulare (stratum retikulare)

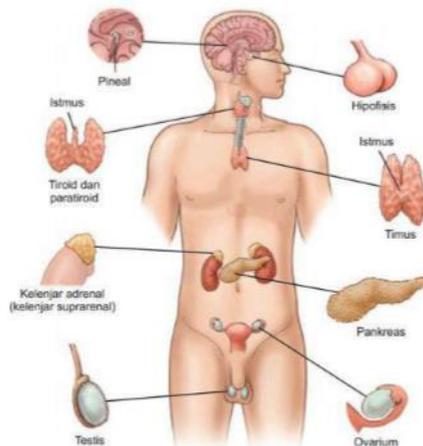
Pelengkap Kulit: Rambut Rambut adalah organ seperti benang yang tumbuh di kulit hewan dan manusia, terutama mamalia. Kuku Kuku adalah bagian tubuh yang terdapat atau tumbuh di ujung jari. Kelenjar Kulit Ada 2 kelenjar yang terdapat pada kulit; a. Kelenjar Keringat, menghasilkan kelenjar Sudorivera b. Kelenjar Tulang, menghasilkan kelenjar sebasa Terdiri dari; badan kelenjar, saluran kelenjar, dan muara kelenjar



Gambar 3.3 Bagian Kulit

H. SISTEM ENDOKRIN

Kelenjar endokrin adalah sekelompok sel sekretori yang dikelilingi oleh jejaring besar kapiler. Kelenjar endokrin ditemukan pada sebagian besar tubuh manusia yang mensekresikan hormon ke dalam cairan interstitial. Hormon kemudian masuk kedalam darah untuk dibawa ke jaringan dan organ lainnya dimana mereka melakukan aksinya dengan mengubah fungsi seluler.



Gambar 3.4 Kelenjar Endokrin di dalam tubuh

I. SISTEM PENCERNAAN

Fungsi utama sistem ini adalah untuk menyediakan makanan, air, dan elektrolit bagi tubuh dari nutrisi yang dicerna sehingga siap diabsorpsi. Pencernaan berlangsung secara mekanik dan kimia, dan meliputi proses-proses berikut:

1. Ingesti adalah masuknya makanan ke dalam mulut.
2. Pemotongan dan penggilingan makanan dilakukan secara mekanik oleh gigi. Makanan kemudian bercampur dengan saliva sebelum ditelan (menelan).

3. Peristalsis adalah gelombang kontraksi otot polos involunter yang menggerakkan makanan tertelan melalui saluran pencernaan.
4. Digesti adalah hidrolisis kimia (penguraian) molekul besar menjadi molekul kecil sehingga absorpsi dapat berlangsung.
5. Absorpsi adalah pergerakan produk akhir pencernaan dari lumen saluran pencernaan ke dalam sirkulasi darah dan limfatik sehingga dapat digunakan oleh sel tubuh.
6. Egesti (defekasi) adalah proses eliminasi zat-zat sisa yang tidak tercerna, juga bakteri, dalam bentuk feses dari saluran pencernaan.

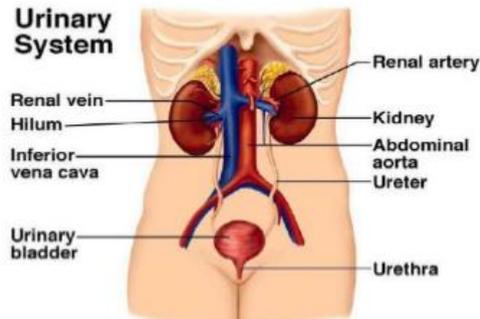
Enzim Pencernaan Selama pencernaan, ada 3 kelompok molekul yang biasa ditemui. Masing masing dipecah-pecah menjadi komponen molekulnya oleh enzim-enzim khusus:

1. Kompleks karbohidrat atau polisakarida (seperti tepung) dipeceh menjadi oligosakarida (mengandung 2-10 monosakarida yang berhubungan), disakarida (seperti maltosa), atau monosakarida tunggal (seperti glukosa dan fruktosa). Enzim yang disebut amilase memecah amilum (tepung)
2. Protein dipecah menjadi rantai asam amino pendek (peptida) atau asam amino tunggal oleh enzim yang disebut protease.
3. Lemak (lipida) dipecah menjadi gliserol dan asam lemak (peptida) oleh enzim yang disebut lipase.

J. SISTEM URINARIA

Sistem perkemihan atau sistem urinaria adalah suatu sistem tempat terjadinya proses penyaringan darah sehingga darah bebas dari zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh dan menyerap zat-zat yang masih dipergunakan oleh tubuh. Zat-zat yang tidak dipergunakan oleh tubuh larut dalam air dan dikeluarkan berupa urin (air kemih). Sistem perkemihan atau biasa juga disebut Urinary System adalah suatu sistem kerjasama tubuh yang memiliki tujuan utama mempertahankan keseimbangan internal atau homeostatis. Fungsi

lainnya adalah untuk membuang produk-produk yang tidak dibutuhkan oleh tubuh.



Gambar 3.5. Sistem Urinaria

Sistem perkemihan melibatkan organ ginjal, ureter, kandung kemih dan uretra, beserta komponen-komponen pendukungnya yaitu sistem peredaran darah dan sistem persarafan. Ginjal merupakan organ terpenting dalam mempertahankan homeostasis cairan tubuh secara fisiologi. Berbagai fungsi ginjal untuk mempertahankan homeostasis dengan mengatur volume cairan, keseimbangan osmotik, asam basa, ekskresi sisa metabolisme, sistem pengaturan hormonal dan metabolisme. Ginjal terdiri dari dua komponen struktur, yaitu: a. Bagian dalam (internal) medula. Substansia medularis terdiri dari piramid renalis jumlahnya antara 8-16 buah yang mempunyai basis sepanjang ginjal, sedangkan apeksnya menghadap ke sinus renalis; b. Bagian luar (eksternal) korteks. Substansia kortekalis berwarna cokelat merah, konsistensi lunak dan bergranula. Substansia ini tepat di bawah tunika fibrosa, melengkung sepanjang basis pyramid yang berdekatan dengan sinus renalis, bagian dalam di antara piramid, dinamakan kolumna renalis. Ureter terdiri dari dua buah tabung/saluran yang menghubungkan ginjal dengan kandung kemih (vesika urinaria). Ureter merupakan lanjutan pelvis renis, menuju distal & bermuara pada vesica urinaria. Panjangnya 25-30 cm dan diameternya 0,5 cm. Piala ginjal

berhubungan dengan ureter, menjadi kaku ketika melewati tepi pelvis dan ureter menembus kandung kemih. Lapisan ureter terdiri dari; 1. Dinding luar jaringan ikat (jaringan fibrosa), 2. Lapisan tengah (otot polos) dan 3. Lapisan sebelah dalam (mukosa) Persarafan ureter oleh plexus hypogastricus inferior T11- L2 melalui neuron-neuron simpatis. Lapisan dinding ureter menimbulkan gerakan-gerakan peristaltik tiap 5 menit sekali yang akan mendorong air kemih masuk ke dalam kandung kemih (vesika urinaria). Gerakan peristaltik mendorong urin melalui ureter yang dieskresikan oleh ginjal dan disemprotkan dalam bentuk pancaran, melalui ostium uretralis masuk ke dalam kandung kemih.

K. SISTEM REPRODUKSI

1. Anatomi Sistem Reproduksi Wanita

a. Ovarium

Ovarium, atau indung telur, berada di sisi kanan dan kiri rongga panggul yang bersebelahan dengan bagian rahim atas. Ovarium bertanggung jawab untuk memproduksi hormone seks wanita seperti estrogen, progesterone dan ovum yang biasa disebut sel telur.

b. Tuba falopi

Tuba falopi memiliki bentuk seperti saluran bercorong yang masing-masing membentang dari ujung kanan dan kiri pada rahim atas ke ujung ovarium. Tuba falopi bertanggung jawab untuk mengangkat ovum yang dilepaskan dan membawanya kedalam infundibulum untuk dipindahkan ke rahim.

c. Rahim (uterus) Rahim (uterus) adalah tempat di mana embrio ditanamkan dan kemudian tumbuh. Bagian ini menyelimuti dan mendukung janin yang sedang berkembang. Selain itu, rahim menyokong embrio selama tahap perkembangan awal. Otot-otot dinding rahim berkontraksi selama persalinan untuk mendorong janin melewati jalan lahir.

d. Vagina

Vagina terletak dalam tubuh di belakang kandung kemih, lebih rendah dari rahim. Salah satu fungsi vagina adalah sebagai jalan keluar darah saat menstruasi dan jalur lahir bayi saat persalinan. Tanggung jawab utamanya adalah sebagai “terowongan” bagi sperma berenang menuju rahim dan tuba falopi untuk pembuahan.

e. Vulva adalah tampak luar dari anatomi vagina yang terdiri dari labia majora, labia minora, bukan saluran kemih untuk buang air kecil, dan klitoris. Fungsinya adalah untuk melindungi vagina. Vulva juga merupakan bagian sensitive pada tubuh wanita yang mudah dirangsang dan menghasilkan kenikmatan seksual.

2. Anatomi Sistem Reproduksi Pria

a. Organ reproduksi internal yang meliputi:

- 1) Testis
- 2) Saluran pengeluaran (epididymis, vas deferens, saluran ejakulasi, uretra)
- 3) Kelenjar aksesoris (vestibula seminalis, kelenjar prostat, kelenjar Cowper) yang mensekresikan getah esensial bagi kelangsungan hidup dan pergerakan sperma.

b. Organ reproduksi eksternal meliputi:

- 1) Penis
- 2) Skrotum

BAGIAN 4

FISIOLOGI TUBUH MANUSIA

A. FISIOLOGI SISTEM MUSKULOSKELETAL

1. Fisiologi Sistem Muskulus (Otot)

Hansen dan Huxley (1955) mengembangkan teori kontraksi otot yang disebut model *sliding filament* dari penelitian dan pengamatan menggunakan mikroskop elektron dan difraksi sinar-X. Model ini mendalilkan bahwa kontraksi disebabkan oleh dua set filamen dalam sel otot yang berkontraksi, yaitu filamen aktin dan filamen myosin. Akibat rangsangan dengan asetilkolin, terjadi kontraksi (kontraksi) aktomyosin. Kontraksi ini membutuhkan energi. Selama kontraksi, filamen aktin meluncur di antara myosin dan zona-H (zona-H adalah bagian terang di antara dua zona gelap). Ini memperpendek serat otot sambil mempertahankan panjang Zona A (zona gelap), sedangkan Zona I (zona terang) dan Zona H mempersingkat waktu kontraksi. Kepala myosin dapat mengikat ATP dan mengubahnya menjadi ADP. Sebagian energi dilepaskan dengan mengganggu transfer ATP ke myosin, yang berubah menjadi konfigurasi energi tinggi. Myosin berenergi tinggi ini kemudian berikatan dengan aktin di tempat tertentu, membentuk jembatan. Kemudian simpanan energi myosin dilepaskan dan kepala myosin beristirahat pada energi rendah, menghasilkan relaksasi. Relaksasi ini mengubah sudut perlekatan kepala myosin menjadi sudut perlekatan ekor myosin. Ikatan antara myosin berenergi rendah dan aktin terputus ketika molekul ATP baru menempel pada ujung myosin. Siklus tersebut berulang terus menerus secara berkesinambungan.

Kerja otot tubuh meliputi beberapa gerakan yaitu :

- a. Fleksor (bengkok) >< Ekstensor (meluruskan)
- b. Supinasi(menengadah) >< Pronasi (tertelungkup)

- c. Defresor(menurunkan) >< Lepator (menaikkan)
- d. Sinergis (searah) >< Antagonis (berlawanan)
- e. Dilatator(melebarkan) >< Konstriktor (menyempitkan)
- f. Adduktor(dekat) >< Abduktor (jauh)

2. Fisiologi Sistem Skeletal (Tulang)

Secara umum, tulang memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Mendukung jaringan tubuh dan membentuk tubuh.
- b. Melindungi organ (misalnya jantung, otak dan paru-paru) dan jaringan lunak.
- c. Memberikan gerakan (otot yang terlibat dalam kontraksi dan gerakan).
- d. Pembentukan sel darah merah di sumsum tulang belakang (hematopoiesis).

B. FISILOGI SISTEM SIRKULASI DARAH

1. Sirkulasi Sistemik

Sirkulasi sistemik mengalirkan darah ke seluruh jaringan tubuh kecuali paru-paru. Hal yang paling penting dalam memahami fisiologi sirkulasi sistemik adalah komponen anatomi sirkulasi sistemik, sifat fisik sistem peredaran darah dan darah, faktor-faktor yang menentukan dan mengatur sirkulasi darah, pengaturan tekanan darah sistemik, dan pengaturan curah jantung dan pengembalian darah. Komponen sirkulasi sistemik meliputi arteri, arteriol, kapiler, vena, dan venula. Sirkulasi sistemik membawa sekitar 80% dari volume darah yang ada di sistem paru dan kardiovaskular. Sekitar 64% volume darah dalam sistem peredaran darah ada di vena dan 7% di ventrikel. Jantung secara teratur memompa darah ke aorta karena tekanan darah di aorta berfluktuasi sekitar 120 mm Hg dan nilai diastolik sekitar 80 mm Hg.

2. Sirkulasi Pulmonal

Sirkulasi paru memiliki sifat yang berbeda karena anatomi, histologi, dan fungsi kedua sirkuit yang berbeda. Sirkulasi pulmonal dimulai

dari katup pulmonal ventrikel kanan dan berlanjut hingga memasuki vena pulmonal dari dinding atrium kiri jantung. Arteri pulmonal memasok semua kapiler di dinding alveoli dan membentuk permukaan paru-paru, yang menempati dua pertiga area lapangan tenis, sekitar 70 m². Arteri paru memiliki dinding yang lebih tipis daripada arteri sistemik. Ketebalan struktur penampang yang terlibat dalam difusi oksigen dan karbon dioksida adalah 1/10 dari jarak penampang difusi di jaringan perifer. Sirkulasi aliran darah paru dipengaruhi oleh volume paru, heterogenitas dan resistensi vaskular. Resistensi pembuluh paru dapat dipengaruhi secara pasif, misalnya oleh gravitasi, postur dan volume paru, atau secara aktif dengan mengatur tendon otot polos pembuluh paru.

C. FISILOGI SISTEM RESPIRASI

Peran utama pernapasan adalah membawa oksigen ke sel-sel tubuh dan membawa karbon dioksida yang dihasilkan oleh sel-sel. Respirasi mencakup semua proses yang menyebabkan transpor pasif oksigen dari atmosfer ke jaringan untuk mendukung metabolisme sel dan transpor pasif sisa metabolisme karbon dioksida dari jaringan ke atmosfer.

Sistem pernapasan berperan sangat penting dalam menjaga stabilitas tubuh (homeostatis). Mengambil oksigen dari udara dan melepaskan karbon dioksida di luar tubuh. Sistem ini membantu mengatur pH lingkungan internal dengan mengontrol laju pembuangan asam karbon dioksida. Selain itu, organ pernapasan bermanfaat bagi kehidupan sel karena sel secara konstan membutuhkan oksigen untuk mendukung berbagai reaksi kimia penghasil energi dan menghasilkan karbon dioksida yang harus dihilangkan.

Mekanisme pernapasan dibagi menjadi empat proses utama, yaitu (1) ventilasi pulmonal, yang berarti keluar masuknya udara antara atmosfer dan alveoli paru-paru; (2) Difusi oksigen dan karbon dioksida antara alveoli dan darah; (3) pengangkutan oksigen dan

karbon dioksida dalam darah dan cairan tubuh ke dan dari sel-sel jaringan tubuh; dan (4) penyediaan ventilasi.

Paru-paru adalah struktur elastis yang mengempis seperti balon, memaksa semua udaranya melalui trakea ketika tidak ada kekuatan untuk mempertahankan ekspansinya dan tidak ada perlekatan antara paru-paru dan dinding rongga dada. Paru-paru mengapung di rongga toraks dan dikelilingi oleh lapisan tipis cairan pleura, yang memfasilitasi pergerakan paru-paru di rongga toraks. Saat mengembang dan berkontraksi, paru-paru bebas bergerak karena dilumasi secara merata

D. FISILOGI SISTEM SARAF, INDERA, DAN ENDOKRIN

Di dalam sistem saraf, serabut saraf menghubungkan setiap bagian tubuh ke sistem saraf pusat. Impuls yang dihasilkan oleh rangsangan indera berjalan melalui serat dendritik ke neuron sensorik di ganglia dekat sumsum tulang belakang, dari mana mereka melakukan perjalanan ke sumsum tulang belakang melalui serat akson. Stimulus seperti itu juga ditransmisikan ke neuron motorik. Sel-sel neuron motorik mengirimkan impuls di sepanjang aksonnya untuk menginervasi otot-otot yang menggerakkan anggota tubuh. Impuls juga dapat muncul dari perintah sadar untuk menggerakkan anggota tubuh dan bagian-bagiannya.

Indera adalah system sensorik yang memiliki kemampuan unik untuk mendeteksi perubahan lingkungan. Indera manusia adalah organ khusus yang menerima jenis rangsangan tertentu. Serabut saraf yang melayaninya adalah mediator yang mengirimkan informasi sensorik dari organ sensorik ke otak, tempat emosi diinterpretasikan. Beberapa efek rasa muncul melalui reseptor eksternal (sentuhan, rasa, penglihatan, penciuman, suara) dan interoseptor internal (lapar, haus, sakit).

Agar persepsi dapat terjadi, empat syarat mutlak harus dipenuhi, yaitu : (1) Adanya stimulus atau perubahan lingkungan yang dapat memicu respons sistem saraf. (2) Reseptor atau alat indera yang menerima rangsangan dan mengubahnya menjadi impuls saraf. (3) Impuls saraf berjalan melalui jalur saraf dari reseptor atau organ sensorik ke otak. (4) Pusat sensorik otak yang relevan harus mampu mengubah impuls saraf yang diterima menjadi kesan.

Sistem endokrin dan sistem saraf adalah komunikator utama tubuh antara berbagai jaringan dan sel. Sistem saraf sering dipelajari sebagai pembawa pesan melalui sistem struktural yang solid. Cara kerja sistem endokrin menggunakan prinsip mekanisme umpan balik. Untuk mempertahankan fungsi pengaturan yang tepat, kelenjar endokrin menerima umpan balik terus menerus tentang status sistem yang diatur, memungkinkan sekresi hormon untuk menyesuaikannya. Tingkat hormon harus dipertahankan dalam batas yang sesuai, karena jumlah hormon yang tepat sangat penting untuk menjaga kesehatan sel atau organ. Faktor yang berhubungan dengan kontrol hormonal adalah reaksi. Contoh : Kelenjar A dirangsang untuk menghasilkan hormon X. Hormon X merangsang organ B untuk menaikkan atau menurunkan zat Y. Perubahan pada zat Y menghambat produksi hormon X.

E. FISILOGI SISTEM PENCERNAAN

Beberapa proses pencernaan yang terjadi di dalam tubuh manusia meliputi :

1. Mobilitas : Mendorong makanan dari mulut ke anus dan mencampur makanan dengan cairan pencernaan sehingga makanan dapat dengan mudah dicerna dan diserap.
2. Sekresi : Pada lapisan usus terdapat kelenjar eksokrin yang mengeluarkan berbagai cairan pencernaan. Sekresi dapat dirangsang oleh saraf atau hormon. Sekresi ini dilepaskan ke dalam rongga usus untuk mendukung proses pencernaan dan

diserap kembali dengan cairan makanan. Kegagalan proses reabsorpsi (misalnya dengan diare atau muntah) dapat menyebabkan dehidrasi.

3. Pencernaan : Ini dilakukan melalui proses hidrolisis enzimatik yang memecah molekul makanan menjadi potongan-potongan kecil yang dapat diserap.
4. Absorpsi : Sebagian besar diserap dalam kapiler darah (misalnya asam amino, monosakarida, gliserol), sebagian pertama diserap dalam pembuluh limfatik (misalnya asam lemak) dan kemudian melalui V. Porta ke hati.
5. Eksresi : Proses ekskresi dan penyerapan memainkan peran penting dalam perjalanan dari mulut ke anus. Jika kita menjumlahkan zat yang dikeluarkan, kita mencapai 7000 ml/hari, sementara hanya 150 ml/hari yang dikeluarkan melalui feses. Hal ini menunjukkan bahwa zat yang dikeluarkan diserap kembali sehingga hanya sedikit yang dikeluarkan melalui tinja.

F. FISILOGI SISTEM URINARI

1. Filtrasi Glomerulus

Pembentukan urin dimulai dengan darah mengalir melalui arteri yang memasok ginjal ke glomerulus, yang terdiri dari kapiler darah. Ketika darah memasuki glomerulus, tekanan darah meningkat, memaksa air dan zat-zat kecil keluar melalui pori-pori kapiler, menciptakan filtrat. Cairan yang disaring (filtrat) terdiri dari: urobilin; urea; glukosa; air; asam amino; ion seperti natrium, kalium, kalsium dan klorin. Filtrat kemudian disimpan sementara dalam kapsul Bowman dan disebut sebagai urin primer. Fase utama pembentukan urin ini disebut fase filtrasi. Pada saat yang sama, darah dan protein tetap berada di dalam kapiler darah karena tidak dapat menembus pori-pori glomeruli.

2. Rearbsorpsi Tubulus

Urin primer yang terbentuk pada fase filtrasi memasuki tubulus proksimal. Di sinilah proses reabsorpsi zat-zat yang masih dibutuhkan tubuh berlangsung (fase resorpsi). Glukosa, asam amino, ion kalium dan zat yang masih dibutuhkan tubuh diangkut ke sel dan dari sana ke kapiler darah di ginjal. Pada saat yang sama, hanya sedikit urea yang diserap. Cairan yang dihasilkan oleh proses reabsorpsi disebut urin sekunder dan mengandung air, garam, urea (yang memberi bau pada urin) dan urobilin (yang memberi warna kuning pada urin). Urin sekunder yang dihasilkan dari proses reabsorpsi kemudian mengalir ke ansa Henle dan selanjutnya masuk ke tubulus distal. Selama aliran dalam ansa Henle, air dalam urin sekunder juga terus diserap kembali.

3. Sekresi/Augmentasi Tubulus

Proses penyerapan air, ion natrium, klorin dan urea masih berlangsung di tubulus distal. Di sinilah proses augmentasi berlangsung, yaitu. pembuangan zat yang tidak perlu dari tubuh ke urin sekunder. Pencampuran adalah urin asli. Hal ini kemudian diarahkan ke pelvis ginjal (ginjal). Urine yang terbentuk kemudian meninggalkan ginjal melalui ureter menuju kandung kemih, yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara urine. Kandung kemih memiliki dinding elastis dan dapat mengembang untuk menampung sekitar 0,5liter urin. Urin dikeluarkan dari kandung kemih dengan tekanan, yang merupakan sinyal bahwa kandung kemih sudah penuh. Kontraksi otot perut dan kandung kemih terjadi saat kandung kemih memiliki sinyal penuh. Akibat kontraksi tersebut, urin dapat keluar dari tubuh melalui uretra.

G. FISILOGI SISTEM IMUN

Sistem kekebalan tubuh memiliki tiga fungsi utama :

1. Pertahanan Tubuh

Fungsi pertahanan tubuh mengacu pada pertahanan terhadap antigen yang masuk dari luar tubuh, seperti masuknya

mikroorganisme dan parasit ke dalam tubuh. Terdapat dua kemungkinan yang terjadi di dalam tubuh saat system imun bekerja, yaitu, tubuh dapat terbebas dari akibat yang merugikan, atau sebaliknya, jika patogen lebih kuat, tubuh akan mengalami sakit.

2. Homeostasis

Fungsi homeostatis memenuhi persyaratan umum semua organisme multisel yang membutuhkan keberadaan bentuk yang seragam semua jenis sel tubuh. Untuk mencapai keseimbangan ini, proses perakitan dan penguraian yang normal terjadi sehingga elemen seluler yang rusak dapat dikeluarkan dari tubuh. Misalnya saat membersihkan eritrosit dan leukosit yang sudah usang.

3. Surveilans

Peran pengawasan melibatkan surveilans di seluruh bagian tubuh, yang tujuan utamanya adalah untuk memeriksa identifikasi sel-sel yang menjadi tidak normal akibat proses mutasi. Perubahan seluler ini dapat terjadi secara spontan atau disebabkan oleh bahan kimia tertentu, radiasi, atau infeksi virus. Fungsi pengawasan sistem kekebalan harus waspada dan mendeteksi setiap perubahan dan kemudian dengan cepat menghilangkan akumulasi baru pada permukaan sel yang tidak normal.

H. FISILOGI SISTEM REPRODUKSI

Manusia bereproduksi secara generatif. Alat reproduksi laki-laki dan wanita meskipun banyak homolognya akan tetapi juga memiliki struktur dan fungsi yang berbeda. Alat reproduksi laki-laki terdiri atas penis, skrotum, dan testis yang berfungsi untuk menghasilkan sel sperma. Proses pembentukan sel sperma disebut spermatogenesis. Alat reproduksi ini juga dilengkapi oleh saluran yang berfungsi sebagai alat transportasi dan kelenjar yang berfungsi untuk menghasilkan cairan sperma yang menutrisi sel sperma. Saluran yang

terdapat pada alat reproduksi laki-laki di antaranya epididimis, vas deferens, ejakulasi, dan urethra. Sedangkan kelenjar-kelenjar tambahannya terdiri atas seminal vesike, prostat, dan bulbourethral.

Alat reproduksi wanita terdiri atas organ internal dan eksternal. Organ internal meliputi ovarium yang berfungsi untuk menghasilkan sel telur, saluran telur, uterus, dan vagina. Sel telur atau ovum dihasilkan melalui proses yang disebut oogenesis. Sedangkan bagian eksternal terdiri atas vulva dan kelenjar payudara.

Pada satu titik dalam perkembangannya, wanita akan mengalami menstruasi, yaitu degenerasi jaringan yang terbentuk tiap bulan di dinding rahim sebagai tahapan persiapan kehamilan. Namun, proses kehamilan tersebut tidak terjadi karena sel sperma tidak membuahi sel ovum. Proses menstruasi ini terjadi di ovarium dan rahim dan hormon GnRH, FSH, serta LH terlibat dalam proses ini. Biasanya periode siklus menstruasi ini sekitar 28 hari, tetapi biasanya 40 hari atau 21 hari.

BAGIAN 5

DASAR-DASAR BIOKIMIA

A. PENGERTIAN BIOKIMIA

Istilah biokimia dikemukakan oleh Karl Neuberg, kimiawan Jerman, pada tahun 1903. Penemuan dua bersaudara Eduard dan Hans Buchner menyatakan bahwa ekstrak dari sel ragi yang telah mati tetap dapat menyebabkan terjadinya proses fermentasi gula menjadi alkohol. Penemuan ini sebagai pembuka analisis reaksi biokimia dan proses biokimia pada skala laboratorium (*in vitro*) dan dalam makhluk hidup (*in vivo*). Istilah "Biokimia" berasal dari Bahasa Yunani *Bios* dan *Chemis*. *Bios* berarti kehidupan dan *Chemis* berarti kimia. Biokimia merupakan ilmu yang mempelajari reaksi kehidupan serta interaksi molekul dalam sel makhluk hidup. Biokimia merupakan disiplin ilmu yang menghubungkan antara disiplin ilmu kimia dengan biologi khususnya biologi sel, molekuler, genetika, bioteknologi dan beberapa bidang biologi lainnya.

Biokimia dianggap sebagai perekat antara disiplin ilmu biologi dan kimia dengan memanfaatkan hukum-hukum fisika dan kimia untuk menjelaskan proses kehidupan yang dimulai dari sel sebagai satuan terkecil kehidupan. Sel juga memiliki struktur dan organisasi yang unik. Keunikan sel itulah yang dijelaskan oleh biokimia. Secara simultan, biokimia mempelajari aspek biologi dan kimiawi senyawa-senyawa penyusun sel.

B. TUJUAN DAN MANFAAT BIOKIMIA

Tujuan mempelajari biokimia adalah:

1. Mendiskripsikan struktur, organisasi dan fungsi zat hidup pada tingkat molekuler yang terkait bagaimana suatu organisme

membentuk struktur supramolekul yang dimulai dari tingkat sel, jaringan, organ, dan sistem organ.

2. Membahas bagaimana mekanisme reaksi-reaksi kimia di dalam sel berlangsung dan reaksi-reaksi kimia apa saja yang berkaitan dengan proses reproduksi, pertumbuhan dan kematian suatu sel/organisme, dan bagaimana organisme menyimpan dan menyalurkan informasi genetik dengan sangat tepat dan akurat, proses metabolisme sel, termasuk reaksi-reaksi yang menggunakan enzim.
3. Mempelajari dan mengembangkan hasil temuan penelitian biokimia telah banyak dipakai secara luas baik di laboratorium maupun di luar laboratorium termasuk di bidang pertanian, kedokteran, farmasi, nutrisi, dan bidang lainnya. Misalnya manfaat hasil temuan biokimia antara lain: Pada pemeriksaan darah ditemukannya kadar kolesterol, SGPT-SGOT, bilirubin. Pada obat-obatan antibiotik misalnya: penisilin, streptomisin, erythromycin.

Adapun manfaat Biokimia dalam kehidupan sehari-hari antara lain:

1. Mempermudah mempelajari ilmu – ilmu dasar seperti biofisika, ilmu gizi, kimia organik, mikrobiologi, genetika, fisiologi dan farmakologi.
2. Menganalisa perkembangan bakteri penyebab penyakit, mempelajari sifatnya dan cara pengendaliannya dengan menggunakan bahan-bahan kimia.
3. Digunakan sebagai dasar terapi berbagai penyakit.
4. Mengidentifikasi reaksi yang terjadi pada proses kehidupan sehingga mampu menganalisa terjadinya penyakit hingga level molekuler
5. Menentukan cara baru dalam menanggulangi penyakit yang berkembang.
6. Mengetahui fungsi enzim dalam proses metabolisme, 7). Berperan dalam pembuatan pestisida dengan cara menghambat enzim dalam tubuh hama (bidang pertanian).

C. RUANG LINGKUP BIOKIMIA

Seluruh reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh, mulai dari makanan masuk dalam mulut, terbentuknya energi, senyawa pembangun, komponen sel dan jaringan, senyawa cadangan sel dan seterusnya sampai pengolahan dan ekresi limbah metabolisme dipelajari dalam biokimia. Biokimia mempelajari fungsi dan struktur komponen selular biomolekul seperti: karbohidrat, protein, lipid, asam nukleat, enzim dan ko enzim, vitamin, air, mineral dan hormon. Selain itu di dalam tubuh manusia juga terdapat unsur-unsur kimia anantara lain: oksigen, hydrogen, karbon, nitrogen, kalsium, fosfor, kalium, sulfur, natrium, klor, magnesium, besi, fluor, seng, tembaga, yodium, selenium, kromium, mangan, dan cobalt.

1. Karbohidrat

Karbohidrat adalah senyawa organik yang tersusun dari unsur C (karbon), H (hidrogen), dan O (oksigen). Perbandingan jumlah atom hidrogen dan oksigen adalah 2:1 seperti halnya pada molekul air. Karbohidrat berasal dari kata karbo (unsur karbon dan hidrat/air). Unsur C mengikat molekul H_2O dengan rumus kimia CH_2O . contoh dari karbohidrat adalah glukosa ($C_6H_{12}O_6$), Sukrosa $C_{12}H_{22}O_{11}$ dan selulosa ($C_6H_{10}O_5$). Karbohidrat mempunyai rumus umum $C_n(H_2O)_n$. Nama lain dari karbohidrat adalah sakarida. Kata sakarida berasal dari Arab “sakkar” yang artinya manis.

Karbohidrat mengandung gugus fungsi karbonil (sebagai aldehida/ keton) dan banyak gugus hidroksil. Energi yang terkandung dalam karbohidrat berasal dari energi matahari. Pembentukan karbohidrat (glukosa) dibentuk dari karbondioksida dan air dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun melalui proses fotosintesis. Secara biokimia karbohidrat adalah polihidroksil aldehida atau polihidrolisis atau senyawa yang menghasilkan senyawa-senyawa ini bila dihidrolisis. Bobot molekul karbohidrat terdiri dari 1.000 - 500.000 sehingga rumus kimia karbohidrat ditulis dalam bentuk $(CH_2O)_n$ atau

$C_n(H_2O)_n$, dimana n adalah jumlah atom C. Karbohidrat banyak terdapat dalam beras, jagung, sagu, singkong dan gula. Selain itu terdapat karbohidrat yang tidak dapat dicerna seperti kayu dan serat kapas karena tumbuhan tersebut mengandung selulosa.

Fungsi Karbohidrat

Kandungan dalam karbohidrat berperan penting dalam penyedia energi dan menjaga sistem imun tubuh. Fungsi karbohidrat adalah sebagai berikut:

- a. Sumber energi utama tubuh
- b. Memperlancar Pencernaan
- c. Sebagai Pemanis Alami
- d. Berperan penting untuk proses metabolisme
- e. Mencegah terjadinya ketidaksempurnaan proses oksidasi lemak
- f. Mengoptimalkan kerja protein ketika tubuh mengalami kekurangan asupan karbohidrat
- g. Sebagai pengganti energi dan zat pembentuk tubuh
- h. Memberikan efek kenyang karena kandungan selulosanya
- i. Di dalam hepar berfungsi untuk detoksifikasi zat-zat toksik tertentu
- j. Beberapa jenis karbohidrat mempunyai fungsi khusus di dalam tubuh.

Klasifikasi Karbohidrat

Berdasarkan Gugus Gula, karbohidrat dibagi menjadi:

- a. Monosakarida ($C_6H_{12}O_6$). Karbohidrat yang terdiri atas satu gugus gula, memiliki rasa manis, mudah larut dalam air. Contoh heksosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, monosakaribosa dan deoksiribosa.
- b. Disakarida ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Karbohidrat yang terdiri dari dua gugus gula sama sama seperti monosakarida. Disakarida adalah laktosa (gabungan antara glukosa dan galaktosa) dan maltose (gabungan antara dua glukosa..)

- c. Oligosakarida. Karbohidrat yang terdiri dari 3 – 10 unit monosakarida dan digabungkan dengan ikatan kovalen. Contoh rafinosa, stakiosa,
- d. Polisakarida ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Karbohidrat yang terdiri atas banyak gugus gula disebut polisakarida. Sifatnya sukar larut dalam air. Tidak berasa, kadang pahit.

Penyakit yang berhubungan dengan karbohidrat

- a. Obesitas. Kelebihan berat badan akibat kelebihan kalori/kelebihan karbohidrat
- b. Marasmus. Suatu kondisi serius malnutrisi kekurangan kalori dan protein
- c. Diabetes Militus. Gangguan metabolisme karbohidrat
- d. Laktose Intolerant. Gangguan metabolisme laktosa karena defisiensi lactase

Identifikasi Karbohidrat

Uji Umum Identifikasi Karbohidrat, meliputi: Uji Molisch, Uji Anthron, Percobaan Iod, Reaksi Fenilhidrazin (Pembentukan Osazon), Sukrosa, Maltosa, Galaktosa, Fruktosa, Laktosa, Rafinosa, Amilum, Glikogen, Selulosa. Uji Khusus Karbohidrat Pereduksi, meliputi: Uji Fehling, Uji Benedict, Uji Asam Pikrat, Uji Tollens, Uji Barfoed. uji khusus untuk mengidentifikasi ketosa meliputi reaksi Selliwanof. Dan uji khusus identifikasi pentose meliputi uji Bial dan uji Tauber.

2. Lipid

Kata lemak berasal dari Bahasa Yunani Greece yaitu lipos. Sedangkan dalam Bahasa Inggris berarti lipid. Lemak merupakan senyawa organik yang tidak larut dalam air tetapi dapat diekstraksi dengan pelarut non polar seperti kloroform, eter, dan benzene. Lipid adalah kelompok molekul alami yang meliputi lemak, lilin, sterol, vitamin yang larut dalam lemak (seperti vitamin A, D, E, dan K), monogliserida, digliserida, trigliserida, fosfolipid, dan lain-lain.

Fungsi Lipid

Lipid berfungsi: 1) Sumber energi yang efisien secara langsung dan potensial bila disimpan dalam jaringan adipose, 2). Mengisi struktur tubuh dibawah kulit dan memperindah bentuk tubuh terutama pada wanita seperti di sekitar organ-organ tubuh yang halus, lunak, vital dan mengisi rongga-rongga yang kosong, 3) Menjadi isolator tubuh terhadap perubahan suhu maupun benturan, 4) Menjadi cadangan energi dalam bentuk sel lemak, 5) Lemak mempunyai fungsi selular dan komponen structural pada membrane sel yang berkaitan dengan karbohidrat dan protein demi menjalankan aliran air, ion, dan molekul lain yang keluar dan masuk ke dalam sel, 6) Lipid dapat berguna sebagai penyerap dan pembawa vitamin A, D, E, dan K, 7) Sebagai hormone dan vitamin. Hormon mengatur komunikasi antar sel, sedangkan vitamin membantu regulasi proses-proses biologis, 8) Lipid sebagai sumber steroid, yang sifatnya meningkatkan fungsi-fungsi biologis yang penting seperti: Sterol (kolesterol) dilibatkan dalam sistem pemeliharaan membran, untuk transpor lipid dan sebagai prekursor vitamin D3 asam empedu, adrenal dan kortikosteroid, 9) Dari aspek teknologi makanan, lipid bertindak sebagai pelicin makanan yang berbentuk pellet, sebagai zat yang mereduksi kotoran dalam makanan dan berperan dalam kelezatan makanan.

Klasifikasi Lipid

Berdasarkan struktur kimianya, lipid dibedakan menjadi: homolipid/ lipid sederhana, heterolipid/lemak majemuk/lemak campuran. Heterolipid tersusun atas asam lemak beda jenis antara lain: fosfolipid, steroid, dan glikolipid. Berdasarkan kejenuhannya asam lemak dibagi menjadi: asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Berdasarkan sifat mengering asam lemak dibagi menjadi: minyak yang tidak mengering (non-drying oil), minyak setengah mengering (semi-drying oil), dan minyak nabati mengering (drying-oil). Berdasarkan sumbernya lemak dibagi menjadi dua: berasal dari

tanaman (minyak nabati) dan berasal dari hewan (lemak hewani). Berdasarkan kegunaannya asam lemak dibagi menjadi: minyak mineral (minyak bumi), minyak nabati/ hewani, minyak atsiri (essential oil).

Penyakit yang Berhubungan dengan Lemak

Penyakit yang berhubungan dengan kelebihan lipid antara lain: kolesterol tinggi, sembelit, kerusakan pada dinding arteri, obesitas, kerusakan otak, meningkatkan resiko kanker. Sedangkan kekurangan lemak dapat menyebabkan kekeringan pada kulit, sulit focus dan konsentrasi, lemas dan mudah lelah, kedinginan, ketidakstabilan kadar gula darah.

Identifikasi Lemak

Identifikasi lemak dapat dilakukan dengan uji kualitatif lemak untuk menentukan ada tidaknya lipid dengan cara uji pengenalan lemak (dapat melalui uji kertas buram dan uji sudan III), uji kelarutan lipid, Uji Acrolein, Uji kejenuhan, Uji ketengikan (bilangan peroksida, jumlah karbonil, oksigen aktif, uji asam tiobarbiturat, uji oven schaal), uji salkowski untuk kolesterol. Uji kuantitatif lemak dapat dilakukan dengan: Uji bilangan Reichert Meisel (BRM), Uji Bilangan Polenske (BP), Uji Bilangan Kirschner Baru (New Kirschner value), Uji Bilangan Penyabunan (BP), Uji Bilangan Hebner, Uji bilangan Iodin, dan Uji Lieberman Buchard.

3. Protein

Protein adalah senyawa organik kompleks dengan bobot molekul besar yang terdiri dari asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida. Struktur protein mengandung N, C, H, O, S, akan tetapi kadang-kadang mengandung P, Fe, dan Cu. Sumber utama protein adalah daging, ikan telur, biji dan kacang-kacangan, dan produk susu. Struktur Protein dibagi menjadi: struktur primer, sekunder, tersier, dan kuartener.

Fungsi Protein

Protein berfungsi:

- a. Pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh
- b. Pembentukan senyawa penting tubuh seperti hormone, enzim, hemoglobin
- c. Pembentukan antibodi tubuh
- d. Berperan dalam pengangkutan zat-zat gizi
- e. Sumber energi. Jika tubuh kekurangan energi, fungsi protein sebagai pembangun berkurang untuk menyediakan energi
- f. Mengganti sel yang rusak
- g. Sebagai pembawa materi genetika.

Klasifikasi Protein

Berdasarkan bentuknya, protein dikelompokkan menjadi: protein serat dan protein globular. Berdasarkan kelarutannya protein dibagi menjadi: Albumin, Globulin, Glutelin, Plolamin/Gliadin, Histon, dan Protmin. Berdasarkan Fungsi biologinya, protein dibagi menjadi: enzim, protein transport, Protein nutrient dan penyimpan, protein kontraktile, protein pembangun, protein pelindung dan pertahanan, protein pengatur. Berdasarkan sumbernya protein dibagi menjadi: protein hewani dan protein nabati. Berdasarkan hasil hidrolisanya protein dibagi menjadi: protein tunggal(protein sederhana), protein jamak(protein konjugasi/protein kompleks).

Denaturasi Protein

Denaturasi adalah hilangnya sifat-sifat struktur lebih tinggi karena terpecahnya ikatan hydrogen, interaksi hidrofobik, ikatan garam, dan terbukanya lipatan molekul protein sehingga hilangnya sifat biologis protein tersebut. Denaturasi bersifat reversibel dan renaturasi protein umumnya berjalan sangat lambat atau tidak terjadi sama sekali.

Faktor-faktor penyebab denaturasi yaitu: perubahan temperatur, denaturasi karena logam berat, denaturasi karena asam dan basa,

perubahan pH, detergen, radiasi, adanya zat pengoksidasi atau pereduksi, dan perubahan tipe pelarut.

Penyakit Yang Berhubungan dengan Protein

Adapun penyakit yang berhubungan dengan kekurangan protein adalah marasmus, kwashiorkor, cachexia, gagal hati, apati, edema, rambut rontok, gangguan otak, penyakit jantung, kelelahan, ginjal, pengasaman darah, osteoporosis, PKU (Fenilketonuria).

Identifikasi Protein

Cara mengidentifikasi protein dapat dilakukan dengan cara uji kualitatif meliputi: uji biuret, uji xantoproteat, uji millon, uji timbel sulfida, uji ninhidrin, dan uji kelarutan protein. Sedangkan uji kuantitatif dengan metode kjeldahl, dilakukan dengan cara destruksi dengan asam pekat.

4. Asam Nukleat

Asam nukleat adalah polimer yang tersusun dari sejumlah nukleotida. Asam nukleat merupakan makromolekul biokimia yang kompleks, berbobot molekul tinggi, dan tersusun atas rantai nukleotida yang mengandung informasi genetik. Dinamakan asam nukleat karena berada di dalam inti (nucleus) sel. Komponen penyusun asam nukleat yaitu: gula pentosa, fosfat, dan basa nitrogen. Asam nukleat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu DNA (Deoxyribonucleic Acid) dan RNA (Ribonucleic Acid). Perbedaan DNA dan RNA yaitu:

No	Unsur Pembeda	DNA	RNA
1	Komponen gula pentosa	Gula pentosa terikat pada β -D-deoksiribosa	Gula pentose terikat pada β -D-ribosa
2	Struktur basa pirimidin	Terdiri atas sitosin (C) dan Timin (T)	Terdiri atas Sitosin (C) dan Urasil (U)

3	Bentuk rantai	Bentuk DNA double heliks	Bentuk RNA rantai tunggal
---	---------------	--------------------------	---------------------------

Fungsi Asam Nukleat

Asam nukleat berfungsi untuk: 1).Menyimpan dan mentransfer informasi genetik, 2).Menggunakan informasi genetik untuk mengarahkan sintesis protein baru, 3).Asam deoksiribonukleat adalah tempat penyimpanan untuk informasi genetik dalam sel, 4).DNA mengontrol sintesis RNA di dalam sel, 5).Informasi genetik yang ditransmisikan dari DNA ke pembentukan protein dalam sel, 6). RNA juga mengarahkan produksi protein baru dengan mengirimkan informasi genetik pada struktur bangunan protein, 7).Fungsi dari urutan basa nitrogen dalam tulang punggung DNA menentukan protein yang di sintesis, 8).Fungsi dari heliks ganda DNA adalah bahwa tidak ada gangguan terjadi pada informasi genetik jika hilang atau rusak, 9).RNA mengarahkan sintesis protein, 10).m-RNA mengambil pesan genetik dari RNA, 11).transfer t-RNA mengaktifkan asam amino, ke tempat sintesis protein, 12).r-RNA sebagian besar hadir dalam ribosom, dan bertanggung jawab atas stabilitas m-RNA.

DNA (DEOKSIRIBONUCLEIC ACID)

DNA mempunyai berat molekul sampai 7.000.000 dengan struktur double helix yang panjangnya mencapai 30.000 A dan lebar 15-20 A. sifat spesifik dari basa N menentukan struktur rangkaian DNA. DNA mempunyai struktur yang fleksibel tergantung dari posisi ikatan fosfodiester yang menghubungkan gula dengan fosfat. Struktur DNA terdiri dari 3 macam yaitu: bentuk A, bentuk B, dan bentuk Z. DNA mempunyai struktur primer, sekunder, tersier dan kuarter.

RNA (RIBONUCLEIC ACID)

Terdiri dari rantai tunggal poliribonukleotida. Terdapat di sitoplasma dengan berat molekul rendah sekitar 100 nukleotida. RNA terdiri dari 3 macam yaitu:

- a. t-RNA (transfer-RNA). Berfungsi untuk mengangkut (transport) asam amino spesifik ke ribosom untuk proses sintesis protein.
- b. m-RNA (messenger-RNA), Berfungsi sebagai pembawa informasi genetic dari DNA untuk sintesis protein
- c. r-RNA (ribosomal-RNA). Berfungsi sebagai penanggung jawab atas stabilitas m-RNA

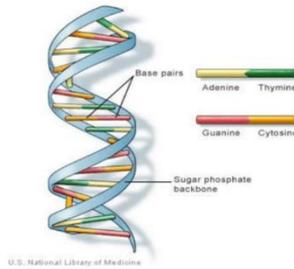
BAGIAN 6

BIOLOGI MOLEKULER

A. GEN, DNA DAN RNA

Informasi genetik akan diwariskan oleh tetua kepada anaknya. Informasi tersebut berisi tentang pembentukan komponen hidup organisme, baik secara anatomi maupun fisiologi. Dogma sentral biologi menjelaskan bagaimana suatu urutan asam nukleat akan menjadi cetak biru bagi sifat suatu individu. Aliran informasi tersebut diawali dari sederet asam nukleat yang berperan dalam membentuk 1 sifat yang disebut dengan **gen**. Gen terletak di dalam molekul panjang asam deoksiribosa (**DNA**). Molekul ini merupakan bagian struktur kromosom yang tersimpan di dalam setiap sel penyusun tubuh makhluk hidup.

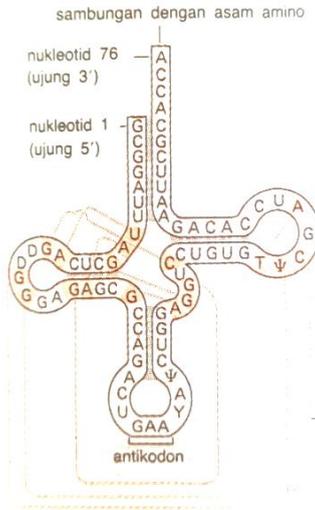
Asam nukleat deoksiribosa (DNA) merupakan polimer panjang, tak bercabang, yang tersusun atas nukleotida-nukleotida. Setiap nukleotida tersusun dari gula pentosa deoksiribosa, gugus fosfat, basa purin (adenin, guanin) dan basa pirimidin (timin dan sitosin). Struktur DNA pada organisme eukariot merupakan struktur untai ganda yang menyerupai struktur anak tangga yang diikat dengan ikatan hidrogen menyerupai tangga dengan satu tiang utama, dimana basa nitrogen (Gambar 6.1).



Gambar 6.1 Struktur untai ganda (double helix) DNA (US National Library of Medicine, 2018)

Dalam urutan dogma sentral biologi, molekul DNA sebagai kode genetik akan diterjemahkan menjadi bentuk lain asam nukleat yang disebut *Ribose Nucleic Acid* (RNA). RNA memiliki bentuk yang berbeda dengan DNA. Molekul RNA merupakan asam nukleat untai tunggal. Komponen RNA tidak memiliki basa nitrogen timin, tetapi memiliki urasil (U) dengan gula pentose berupa ribosa. Berdasarkan fungsinya, RNA terbagi menjadi 3 jenis, yaitu :

1. RNA transfer (tRNA) berperan sebagai adaptor yg akan mengenali untai mRNA dalam membentuk protein. Bentuk molekul tRNA menyerupai sehelai daun semanggi pada gambar 2D (gambar 6.2)
2. RNA kurir atau *messenger* (mRNA) merupakan hasil cetakan DNA (transkrip RNA) yang mengatur sintesis molekul-molekul protein
3. RNA ribosom (rRNA) merupakan RNA dengan jumlah terbanyak dan komponen structural dari ribosom.



Gambar 6.2 Struktur tRNA yang menyerupai daun semanggi (Alberts et.al., 1994)

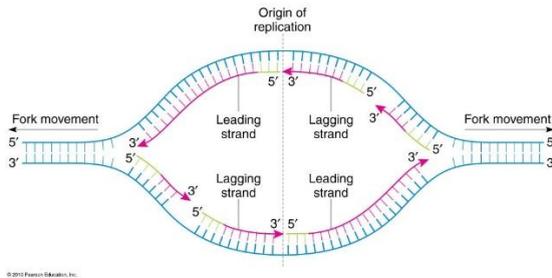
B. REPLIKASI DNA

Replikasi merupakan serangkaian proses membuat salinan DNA baru dari DNA cetakan (template) yang berbentuk untai ganda. Hasil salinan DNA baru untai ganda terdiri atas 1 rantai DNA lama dan 1 rantai baru, sehingga dikenal dengan model replikasi semi konservatif. DNA template akan disimpan kembali di dalam kromosom sebagai cetakan untuk keperluan selanjutnya. Proses replikasi membutuhkan enzim DNA polymerase dalam membentuk salinan DNA. Enzim DNA polymerase pada organisme prokariot ada 3 jenis, sedangkan pada organisme eukariot terdapat 5 jenis, yaitu:

1. DNA polymerase α , berfungsi dalam mengawali replikasi pada kedua ujung untai
2. DNA polymerase δ yang berfungsi dalam proses pemanjangan kedua untai
3. DNA polymerase β yang berperan dalam proses reparasi DNA
4. DNA polymerase ϵ , berperan dalam proses reparasi DNA

5. DNA polymerase γ berfungsi dalam proses replikasi DNA mitokondria.

Proses replikasi DNA diawali dengan tahap inisiasi. Salah satu ciri akan dimulinya proses replikasi DNA adalah terdapat banyak titik awal replikasi (*ori*= *origin of replication*) pada organisme eukariot dan hanya ada satu titik ori pada DNA prokariot. Perpanjangan rantai DNA berlangsung dari arah ujung 5' ke ujung 3'. Untai ganda DNA akan terbuka dengan menempelnya enzim helikase yang berperan membuka untai ganda DNA bersama dengan enzim primase. Bagian untai DNA yang “membuka” akan membentuk *replication bubble* (Gambar 6.3). Enzim lain yang berperan selama proses replikasi adalah enzim gyrase yang berada mengurangi tegangan pada untai DNA serta enzim ligase yang bertugas memperbaiki/ menyambung untai DNA baru yang terbentuk secara terputus-putus (disebut dengan fragmen Okazaki). Fragmen ini terbentuk pada proses replikasi DNA pada lagging strand (pada template DNA ujung 3' – 5').



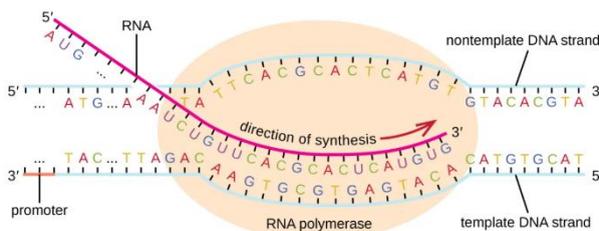
Gambar 6.3 Tahapan replikasi DNA yang membentuk replication bubble

Tahapan replikasi DNA selanjutnya adalah tahap elongasi / perpanjangan. Dua untai ganda DNA yang terbuka memiliki formasi yang terbalik. Satu rantai memiliki formasi awal 5' – 3' dan untai satunya memiliki formasi 3'- 5'. Proses replikasi selalu berjalan dari

ujung 3' ke ujung 5' yang disebut dengan leading strand. Sedangkan Salinan DNA pada template 3' – 5' disebut dengan lagging strand. Masing-masing untai ganda yang telah terbuka berperan sebagai DNA template (cetakan). Sebagai awal terjadinya rantai baru diawali dengan menempelnya primer (molekul RNA pendek) pada DNA yang disusul dengan menempelnya enzim DNA polymerase yang berperan dalam elongasi / perpanjangan rantai DNA baru.

C. TRANSKRIPSI

Urutan dogma sentral biologi setelah tahapan replikasi adalah transkripsi. Transkripsi RNA merupakan proses penterjemahan untai DNA hasil replikasi menjadi untai tunggal RNA. RNA akan mempertahankan informasi yang diterima dari untai DNA. Untaian DNA template yang digunakan dalam proses transkripsi akan kembali bersatu dengan pasangannya membentuk untai ganda. Transkripsi DNA memiliki beberapa perbedaan dengan proses replikasi. Hasil transkripsi berupa untai tunggal yang tidak menyatu dengan DNA sebagai hasil penterjemahan salah satu untai DNA. Molekul RNA relatif lebih pendek dari molekul DNA. Hasil transkripsi berupa untai RNA yang akan bertugas sebagai template dalam pembentukan protein yang dikenal dengan *messenger* RNA (mRNA).



Gambar 6.4 pada tahap elongasi, enzim RNA polymerase akan menterjemahkan DNA template menjadi untai molekuler RNA untai tunggal (Clark et al., 2018).

Proses transkripsi berlangsung pada template ujung 5' ke 3'. Proses transkripsi tidak membutuhkan adanya primer dan enzim helikase. Urutan nukleotida RNA hasil sintesis ditentukan oleh DNA cetakan yang di transkrip. Untai RNA yang terbentuk merupakan komplemen/ pasangan dari basa urutan DNA cetakan. Sebagai contoh, pada urutan DNA terdapat ATG, maka urutan RNA yang di hasilkan adalah UAC (pada RNA tidak ada Timin).

Tahapan transkripsi diawali dengan tahap inisiasi. Pada tahap ini, RNA polymerase akan melekat pada daerah promoter untuk memulai transkripsi. Selanjutnya RNA polymerase berikatan dengan kumpulan protein membentuk kompleks inisiasi transkripsi, dan kemudian membuka untai ganda DNA. RNA polymerase merupakan enzim yang berperan dalam menterjemahkan urutan DNA template menjadi molekul RNA. DNA cetakan yang berikatan dengan enzim RNA polymerase selanjutnya akan membentuk struktur mirip gelembung yang disebut gelembung transkripsi. Setelah proses inisiasi terjadi, sub unit rho akan terlepas dari enzim RNA polymerase dan dapat digunakan kembali pada proses inisiasi transkripsi lainnya.

Tahap selanjutnya adalah tahap pemanjangan rantai transkripsi (elongasi). Gelembung transkripsi yang terbentuk karena adanya bagian untai ganda DNA yang terbuka akan secara otomatis menutup kembali saat RNA polymerase berjalan melakukan pemanjangan. Laju maksimum pemanjangan molekul transkripsi RNA berkisar antara 30 – 60 nukleotida per detik. Proses pemanjangan akan berakhir saat enzim RNA polymerase menemukan ujung gen yang disebut terminator. Daerah terminator memiliki urutan DNA yang berfungsi menghentikan proses transkripsi.

RNA yang terbentuk pada proses transkripsi selanjutnya akan melewati proses *splicing*. Pada tahap ini, untai molekul RNA yang terdiri dari bagian ekson dan intron akan diseleksi dengan cara

menghilangkan bagian intron dan menyambungkan bagian ekson yang terputus karena hilangnya bagian intron. Pemotongan bagian intron pada mRNA *premature* terjadi saat molekul RNA masih di dalam inti sel. Setelah RNA tanpa intron terbentuk disebut dengan molekul mRNA *mature* yang akan ditranspotasikan ke luar inti sel dan berfungsi sebagai cetakan dalam pembentukan protein pada proses translasi.

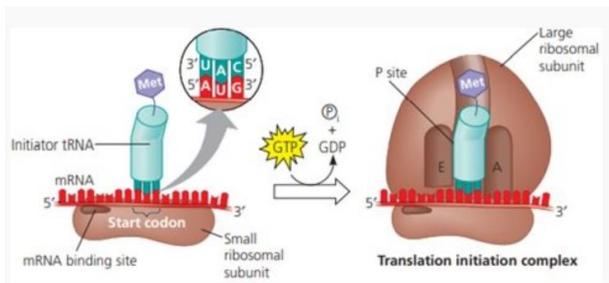
D. TRANSLASI PROTEIN

Translasi merupakan proses pembentukan protein melalui penterjemahan rantai mRNA hasil transkripsi yang terjadi di dalam ribosom. Pada proses translasi urutan tiga basa akan menterjemahkan 1 jenis asam amino. Urutan tiga basa ini disebut dengan kodon. Asam amino – asam amino yang terbentuk kemudian akan saling berikatan membentuk rantai polipeptida yang disebut protein (contoh: bentuk enzim). Kodon yang tersusun atas urutan 3 basa memberikan kemungkinan sebanyak 64 kombinasi (4 macam basa, 4^3). Akan tetapi 3 dari 64 kombinasi tidak mengkode asam amino, mereka berperan sebagai kodon terminasi untuk akhir proses translasi atau disebut dengan stop kodon (UAG, UAA dan UGA). Salah satu kodon AUG bertugas sebagai kodon awal yang dikenali sebagai kodon permulaan dalam proses translasi yang berada pada ujung 5' dari molekul mRNA. Asam amino yang sama dapat terbentuk dari urutan 3 nukleotida (kodon) yang berbeda (Gambar 6.4)

		second letter					
		U	C	A	G		
first letter	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA stop UAG stop	UGU } Cys UGC } UGA stop UGG Trp	U C A G	
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G	
	A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G	
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G	third letter

Gambar 6.5 Kode kodon yang akan di translasikan menjadi beberapa macam asam amino ((Parker et al., 2016)

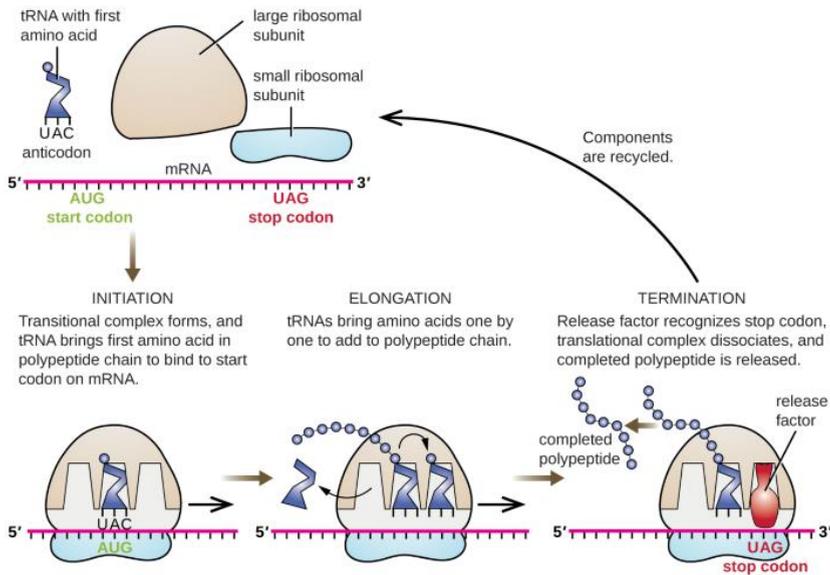
Tahapan proses translasi diawali dengan tahap inisiasi (Gambar 6.5). Pada tahap ini ujung mRNA yang telah keluar dari inti sel akan berikatan dengan ribosom sub unit kecil dengan bantuan GTP dan enzim pada bagian urutan kodon AUG yang disebut dengan kodon inisiasi. tRNA (transfer RNA) yang membawa asam amino metionin akan melekat pada kodon inisiasi AUG. tRNA antikodon membawa asam amino yang menjadi pasangan dengan urutan kodon pada tempalet mRNA.



Gambar 6.6 Tahapan inisiasi pada translasi protein (Adrianto, 2019)

Tahap selanjutnya adalah tahap elongasi (perpanjangan). Pada tahap ini pada untaian molekul mRNA akan diterjemahkan menjadi asam amino yang dibawa oleh kodon pasangan pada tRNA. Asam amino

pertama yang dibawa kodon AUG adalah metionin. Asam amino ini akan terlepas dari ribosom, dan tRNA pembawanya akan kembali ke sitoplasma untuk memulai fungsinya. tRNA berikutnya datang untuk berpasangan dengan kodon mRNA selanjutnya. Asam amino satu dengan lainnya akan terus ditambahkan dan berikatan membentuk rantai polipeptida.



Gambar 6.7 Proses translasi meliputi inisiasi, elongasi dan terminasi (Parker et al., 2016)

Tahap terakhir dari proses translasi adalah terminasi. Tahap ini terjadi saat terdapat urutan kodon stop pada mRNA (Uaa, UAG dan UGA). Polipeptida yang terbentuk selanjutnya akan terlepas dari ribosom dan mengalami proses post-translasi, dimana protein yang terbentuk dapat berikatan dengan karbohidrat atau dipecah kembali menjadi beberapa polipeptida.

BAGIAN 7

TEKNOLOGI MEDIS TERKINI

A. PENGERTIAN TEKNOLOGI

Kehidupan manusia yang bermula dari kesederhanaan kini menjadi kehidupan yang bisa dikategorikan sangat modern. Di zaman yang semakin canggihnya teknologi informasi dan komunikasi yang berkembang saat ini, segala sesuatu diselesaikan secara praktis. Teknologi informasi dan komunikasi adalah sesuatu yang bermanfaat untuk mempermudah aspek kehidupan manusia. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi oleh masyarakat menjadikan dunia teknologi semakin lama semakin canggih.

Secara terminologi teknologi berasal dari bahasa Yunani *techne* yang berarti seni (*art*) atau keterampilan (*craft*). Dari kata itu dapat diturunkan kata teknik dan teknologi. Teknik adalah cara, metode atau kemampuan untuk memenuhi persyaratan-persyaratan keterampilan dalam bidang tertentu. Teknologi juga dapat diartikan benda-benda yang dapat digunakan bagi manusia seperti mesin, tetapi dapat mencakup hal yang lebih luas, termasuk sistem dan metode organisasi.

Pertumbuhan teknologi yang semakin cepat ini bukan hanya disebabkan oleh semakin banyaknya ide-ide yang tumbuh, tetapi juga disebabkan oleh pertukaran informasi yang cepat melalui *search engine machine*. Oleh karena itu, akan selalu ada ruang bagi inovator-inovator baru menggantikan perusahaan sebelumnya dengan inovasi lebih baik. Menurut UUD RI No. 36 Tahun 2009 Tentang Kesehatan yang tercantum dalam pasal 42 dinyatakan bahwa: (1) Teknologi dan produk teknologi kesehatan diadakan, diteliti, diedarkan dan dikembangkan dan dimanfaatkan bagi

kesehatan masyarakat. (2) Teknologi kesehatan sebagaimana yang dimaksud pada ayat (1) mencakup segala metode dan yang digunakan untuk mencegah terjadinya penyakit, mendeteksi adanya penyakit, meringankan penderitaan akibat penyakit, menyebarkan, memperkecil komplikasi dan memulihkan kesehatan setelah sakit.

Menurut Rogowski (2007) teknologi kesehatan dibagi dalam 5 kelompok sebagai berikut:

1. Obat-obat: meliputi : bahan-bahan kimia dan substansi biologi yang dipakai untuk dimakan, diinjeksikan ke tubuh manusia untuk kepentingan medis;
2. Alat-alat (*device*) meliputi : alat-alat khusus untuk tujuan : diagnostik terapi;
3. Prosedur bedah dan medis atau kombinasinya yang sering kali sangat kompleks;
4. Sistem penunjang atau *support system* adalah teknologi yang digunakan untuk memberikan pelayanan medis di rumah sakit;
5. Sistem organisasional adalah teknologi yang digunakan untuk menjamin penyampaian pelayanan kesehatan yang efektif dan efisien.

Lebih dari 95% peralatan medis yang digunakan di rumah sakit, peralatan medis dan perbekalan medis masih impor. Pada dasarnya produksi alat kesehatan lokal sedikit jumlahnya, bilamana ada dikendalikan oleh perusahaan multinasional. Peralatan medis yang diimpor 30% tidak berfungsi karena penggunaannya tidak disertai petunjuk yang lengkap dan tidak dilengkapi dengan alat-alat tambahan yang diperlukan, disamping kurang pelatihan terhadap operator yang menjalankan alat-alat tersebut.

B. TEKNOLOGI KESEHATAN

Di Indonesia, teknologi di bidang kesehatan digital mulai berkembang di era 90-an dengan diperkenalkannya istilah telemedika (*telemedicine*), yaitu praktik pelayanan kesehatan dengan menggunakan perangkat komunikasi audio, visual dan data untuk kepentingan konsultasi, diagnosis, perawatan serta pengobatan.

Era teknologi informasi saat ini telah menyentuh berbagai bidang dan aspek kehidupan, termasuk diantaranya bidang kesehatan. Pelayanan kesehatan merupakan salah satu bidang yang telah mempengaruhi perkembangan teknologi tersebut, baik yang bersifat klinis maupun non klinis. Perkembangan teknologi memunculkan dampak positif bagi kehidupan masyarakat. Kegiatan masyarakat terasa lebih mudah dan cepat dengan berbagai macam teknologi. Tak terkecuali teknologi di bidang kesehatan. Teknologi kesehatan mampu menyelamatkan, menyembuhkan pasien, meningkatkan kualitas hidup manusia. Dampak positif perkembangan teknologi di bidang kesehatan yaitu memudahkan akses layanan kesehatan, mempersingkat waktu tunggu pasien, dapat membantu diagnosis dokter, menyimpan data pasien lebih mudah dan aman.

Memasuki era millennium, teknologi kesehatan di Indonesia terlihat semakin berkembang dengan munculnya rekam medis dan pereseapan elektronik. Situs informasi kesehatan juga semakin menjamur dan dilengkapi dengan fitur konsultasi daring dengan dokter secara *real-time* dan apotek daring.

1. Farmasi

Farmasi merupakan penerapan berbagai ilmu seperti kesehatan, kimia, fisika serta biologi, pekerjaan dibidang farmasi pun bisa terbilang rumit, mulai dari penelitian, pembuatan, peracikan, penyediaan sediaan obat, pengujian serta pelayanan informasi obat atau berhubungan dengan layanan kepada pasien.

Industri farmasi di seluruh dunia mengalami perubahan dan berkembang pesat selama satu decade terakhir. Kemajuan teknologi memungkinkan otomasisasi di hampir setiap bidang. Kementerian Perindustrian terus mendorong berbagai jenis industri khususnya industri farmasi nasional untuk menciptakan produk guna meningkatkan tumbuhnya inovasi produk di sektor industri dan mendorong kemajuan industri di bidang farmasi.

Bioteknologi khususnya bioteknologi modern menggunakan mikroorganisme hasil rekayasa genetik seperti *Escherichia coli* (E.Coli), maupun sel mammae untuk memproduksi golongan antibody monoklonal, ragi untuk produksi senyawa biologi seperti antibiotika dan insulin bentuk sintesis. Bioteknologi farmasi transgenik atau hewan transgenik sebagai bahan pembuatan obat. Aplikasi bioteknologi lainnya yang juga menjanjikan adalah pengembangan bidang diagnostik secara molekuler. Hal ini mengarah ke terapi personal dicocokkan pada genom pasien.

Teknologi cetak obat 3D. Teknologi ini memungkinkan untuk mencetak obat-obatan dalam bentuk yang sangat spesifik dan sesuai dengan kebutuhan pasien. Hal ini membuka peluang baru dalam personalisasi obat dan pengobatan yang lebih mudah dikonsumsi, hingga obat yang memiliki dosis yang disesuaikan dengan kondisi pasien.

Internet of Things (IoT). Transformasi digital dalam rantai pasokan obat *Internet of Things* (IoT) atau *Internet of Medical Things* (IoMT). Melalui penggunaan sensor-sensor yang terhubung dengan jaringan, obat-obatan dapat dilacak secara *real-time* mulai dari produksi hingga pengiriman ke pasien. Hal ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih akurat dalam distribusi obat, mengurangi resiko penggunaan obat yang

kadaluwarsa serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi dan standar kualitas.

Nanoteknologi. Partikel-partikel nanometer, obat akan didistribusi ke sel-sel yang memerlukan dalam tubuh tanpa merusak sel-sel sehat di sekitarnya. Nanoteknologi juga membuka peluang baru dalam pengembangan obat baru dengan kemampuan pendistribusian lebih canggih dan efisien.

Telemedicine. Dalam telemedicine, pasien melakukan konsultasi medis, mendapatkan resep obat, serta melakukan pembelian obat secara online tanpa harus datang ke apotek fisik. Hal ini memberikan kemudahan dalam memperoleh obat, terutama bagi pasien yang memiliki keterbatasan mobilitas atau tinggal di daerah terpencil.

2. Alat-Alat Kesehatan

Kemajuan di bidang teknologi instrumen dan reagensia mendukung sains laboratorium klinik. Interaksi sinergis antara bidang ilmu biomedik, farmasi dan bioteknologi telah melahirkan peluang-peluang dalam menciptakan metode baru bidang sains laboratorium klinik. Pengetahuan penggunaan peralatan medis dan diagnostik laboratorium merupakan modal untuk kemajuan laboratorium kesehatan dan memerlukan sumberdaya manusia yang kompeten.

Karakteristik dan penampilan peralatan medis dan reagensia laboratorium diagnostik harus didesain dan diproduksi menurut persyaratan yang ditetapkan berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku di suatu negara. Perlindungan masyarakat terhadap hal yang dapat merugikan kesehatan dan kehidupan manusia akibat penggunaan alat-alat kesehatan dan perbekalan

kesehatan rumah tangga (*medical households*) merupakan kewenangan, tugas dan fungsi Departemen Kesehatan.

Alat kesehatan merupakan salah satu komponen penting dalam pelaksanaan pelayanan kesehatan. Kemajuan teknologi kesehatan menyebabkan berkembangnya alat kesehatan dan pengobatan yang serba canggih. Teknologi alat kesehatan yang berkembang saat ini seiring dengan perkembangan teknologi IT dari teknologi sederhana sampai teknologi tinggi. Perkembangan industri kesehatan tentunya harus sejalan dengan peningkatan teknologi alat kesehatan nasional.

Alat kesehatan yang saat ini dikembangkan adalah NIVA (*Non Invasive Vascular Analyzer*) merupakan alat deteksi dini kelenturan pembuluh darah dan mengukur fungsi serta resiko vascular berbasis *photoplethysmography* (PPG) dan sensor tekanan darah. Terciptanya alat ini karena di Indonesia penyakit kardiovaskular terutama jantung dan stroke merupakan penyakit mematikan nomor satu dan sering tidak ditemukan gejala sebelumnya.

Respinos merupakan alat monitoring bagi pasien COVID-19 yang dapat dikontrol oleh dokter secara jarak jauh karena terintegrasi dengan sebuah aplikasi yang dapat diakses menggunakan ponsel. Perangkat dapat mengukur *breath rate*, pernapasan dan volume oksigen dalam satu waktu. Terdapat 2 mode utama yaitu mode monitoring respirasi dimana alat mengirimkan data SpO₂, nilai respirasi dan suhu secara terus menerus dengan petunjuk penggunaan melalui aplikasi.

Magnetic Resonance Imaging (MRI) atau pencitraan resonansi magnetik merupakan alat diagnostik mutakhir yang berfungsi mendeteksi dan melihat secara detail tubuh internal manusia

dengan menggunakan medan magnet dan gelombang radio. Alat ini mampu mendeteksi kelainan pada jaringan lunak seperti otak, sumsum tulang serta *muskuloskeletal* (otot, tulang sendi). MRI juga membantu untuk mendiagnosis berbagai penyakit lebih awal dan membuat *planning treatment* untuk suatu cedera dan penyakit.

3. Layanan Kesehatan

Perkembangan teknologi juga berdampak pada pelayanan kesehatan. Layanan perawatan di rumah, pemeriksaan laboratorium maupun pemesanan obat juga dapat dilakukan melalui aplikasi seluler. Sebagai contoh, peserta program JKN (Jaminan Kesehatan Nasional) bisa mengakses informasi melalui aplikasi mobile JKN. Teknologi digital yang semakin maju sudah dimanfaatkan oleh fasilitas kesehatan untuk meningkatkan efektivitas, efisien serta peningkatan mutu pelayanan. Sistem komputasi dari BPJS Kesehatan memungkinkan fasilitas kesehatan tingkat pertama merujuk pasien ke tingkat lanjut secara daring. Beberapa rumah sakit telah menerapkan sistem pendukung keputusan elektronik yang terpadu dalam suatu rekam medis elektronik untuk membantu dokter dalam membuat keputusan terapi secara lebih tepat sesuai pedoman klinis melalui pereseapan elektronik.

Indonesia tengah mengupayakan transformasi kesehatan, salah satu pilarnya adalah digitalisasi kesehatan. Hal ini memungkinkan masyarakat dapat mengakses pelayanan kesehatan yang lebih luas, dimana saja dan kapan saja. Meningkatkan pelayanan kesehatan di Indonesia dengan adanya perkembangan digitalisasi dan mendorong pemahaman serta kesadaran tenaga kesehatan, akademisi dan masyarakat umum untuk partisipasi aktif mewujudkan transformasi digital pelayanan kesehatan di Indonesia.

Transformasi data digital menjadi sarana dalam memperkuat data kesehatan yang terintegrasi sehingga meningkatkan literasi kompetensi SDM di bidang kesehatan dan memperkuat jejaring di tingkat nasional maupun internasional.

C. TEKNOLOGI MASA DEPAN

Sejak pandemi COVID-19 menyebar, teknologi kesehatan digunakan untuk meminimalisir kontak fisik antar manusia dipaksa berkembang dengan pesat. Menjamurnya *startup* dan aplikasi *telemedicine* menjadi bukti perkembangan tersebut. Dalam 10 tahun ke depan, akan semakin banyak teknologi yang mengubah dunia medis. Kehadiran teknologi ini akan membantu pasien menyembuhkan diri dengan cepat dan membantu dokter menolong pasien dengan tepat. Berikut rancangan teknologi masa depan dalam bidang kesehatan :

1. Kecerdasan Buatan atau *Artificial Intelligence* (AI)

Artificial intelligence menjadi salah satu teknologi yang berperan penting dalam mendesain ulang perawatan kesehatan yang sudah ada. Algoritma AI memudahkan pasien mendapatkan pelayanan dan bantuan medis secara cepat dan tepat. Begitu juga bagi tenaga medis, AI berperan mempercepat penanganan pasien, membantu menganalisis penyakit, bahkan meresepkan obat yang sesuai untuk pasien.



Gambar 7.1. Artificial Intelligence

2. *Virtual Reality*

Virtual reality (VR) merupakan teknologi yang dapat menghadirkan lingkungan rill secara dimanfaatkan sebagai alat simulasi operasi bagi para calon dokter, selain itu juga dapat membantu dokter menentukan lokasi pembedahkn pada tubuh pasien. VR digadang-gadang sebagai masa depan pelayanan kesehatan. Salah satu perusahaan yang mengembangkan VR sebagai alat simulasi bedah ialah Osso VR dengan Collaborative Training Tools seharga US\$50.000 hingga US\$400.000 per unit.



Gambar 7.2. Virtual Reality

3. *Augmented Reality* (AR)

Berbeda dengan VR, *Augmented Reality* (AR) digunakan saat dokter melakukan pemeriksaan sebelum operasi, seperti CT Scan atau MRI, yang dapat memberikan gambaran kepada ahli bedah tentang anatomi internal pasien. Penggunaan AR juga akan membantu pasien mendapatkan informasi yang lengkap dan akurat tentang penyakitnya.

4. Tricorder Medis

Tricorder dapat mendiagnosis beberapa penyakit dengan menguji sampel darah, air seni dan air liur. Kepingan kecil dalam perangkat itu berisi jaringan cairan rumit yang menguji cairan

sampel. Tricorder merupakan perangkat portable yang dapat memindai kondisi medis penggunanya.



Gambar 7.3 Tricorder Medis

5. Bedah Robotika

Robot bedah adalah keajaiban teknologi untuk operasi bedah yang sangat maju. Teknologi bedah robotik ini, salah satunya adalah fitur sistem visi 3D *high-definition* yang dapat memungkinkan untuk dapat memperbesar penampakan gambar. Fitur lainnya pada saat bedah dilakukan, robot ini sudah dilengkapi dengan bentuk instrumen pergelangan tangan yang berukuran sesuai dan sesuai dengan anatomi manusia.

BAGIAN 8

IMEJING MEDIS

A. PENGERTIAN DAN PERANAN IMEJING MEDIS (*MEDICAL IMAGING*)

Imejing medis atau pencitraan medis atau *medical imaging* didefinisikan sebagai pemanfaatan teknologi dalam dunia kedokteran untuk menampilkan struktur internal tubuh manusia, baik secara anatomis maupun fisiologis, tanpa melalui pembedahan. Imejing medis berguna untuk kepentingan diagnosis, pemantauan suatu penyakit, penelitian dalam dunia medis, bahkan berperan dalam proses terapi atau penyembuhan terhadap suatu penyakit.

Untuk kepentingan diagnosa, pencitraan medis tidak hanya dilakukan untuk menampilkan citra pada tulang dan persendian, namun juga bisa menilai organ tubuh dan jaringan lunak. Sehingga, pencitraan medis sangat bermanfaat untuk mendeteksi lokasi dan ukuran tumor, menilai penyempitan pada pembuluh darah, mendiagnosa kelainan pada sistem saraf, dan lain-lain.

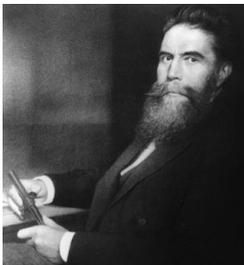
Selain untuk diagnosa, pencitraan imejing juga berperan dalam proses *treatment* semi-invasif, seperti pemasangan stent jantung, terapi penyembuhan kanker (*selective chemotherapy*), maupun penanganan pada kasus trauma vaskuler (embolisasi perdarahan).

B. KONSEP DASAR DAN PERKEMBANGAN IMEJING MEDIS

Perkembangan imejing medis tidak terlepas dari “radiasi” dan penemuan sinar-X. Namun, apa itu sebenarnya radiasi? Radiasi merupakan pancaran energi dalam bentuk gelombang maupun partikel.

Sinar X merupakan salah satu radiasi gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek dan energi yang cukup besar untuk menembus objek. Sinar X diproduksi pada tabung sinar-X dengan menembakkan elektron ke bahan target yang terbuat dari tungsten.

Sinar-X pertama kali ditemukan pada tahun 1895 oleh seorang fisikawan berkebangsaan Jerman, Wilhelm Conrad Roentgen. Adapun radiograf pertama yang dihasilkan merupakan citra jari dan tangan dari istri Wilhelm Conrad Roentgen. Penemuan sinar-X ini lah yang selanjutnya mendasari pencitraan medis yang digunakan untuk mendeteksi kelainan pada organ internal tubuh manusia.



1a



1b

Gambar 8.1a. Wilhelm Conrad Roentgen 8.1b. Hasil citra sinar X pertama kali pada jari tangan istri Wilhelm Conrad Roentgen (Martz et al., 2017)

C. MODALITAS IMEJING MEDIS

Bidang pencitraan medis berkembang sangat pesat dari waktu ke waktu. Tidak hanya pilihan modalitas yang makin bertambah, namun tiap-tiap modalitas juga selalu mengalami perkembangan dan perbaikan. Pada awalnya pencitraan medis hanya sebatas pemanfaatan sinar-X sebagai sumber energi untuk membentuk gambaran organ internal tubuh manusia. Namun, saat ini telah tersedia berbagai pilihan modalitas imejing dengan keunggulannya masing-masing, seperti CT-Scan, USG, MRI kedokteran Nuklir, dll.

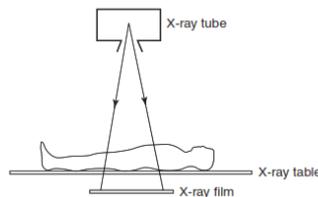
Perkembangan ini memungkinkan diagnosa menjadi semakin cepat, tepat, dan aman, yang akhirnya akan berpengaruh signifikan terhadap tingkat kesembuhan pasien.

Berikut ini merupakan modalitas imejing yang umum tersedia dalam dunia kedokteran:

1. Pesawat Sinar-X Konvensional

Modalitas ini memanfaatkan sinar-X dalam pembentukan gambar. Secara umum, sinar-X yang keluar dari tabung sinar-X akan menembus objek dan mengalami atenuasi, lalu mengenai film radiografi. Film ini selanjutnya diproses sehingga citra bisa dievaluasi. Proses ini dapat dilihat pada gambar 2.

Besarnya tingkat atenuasi bergantung pada kepadatan jaringan dan nomor atom jaringan yang dilewati sinar-X. Semakin padat jaringan atau semakin besar nomor atom, makin banyak sinar-X yang diserap tubuh. Sehingga, sedikit sinar-X yang diteruskan ke film. Jaringan tersebut, contohnya tulang belulang, akan terlihat putih (opaque) pada film. Begitu pula sebaliknya, jika kepadatan rendah atau nomor atom rendah, maka akan banyak sinar-X yang mencapai film sehingga gambaran radiograf akan terlihat gelap, seperti misalnya udara atau jaringan lunak.



Gambar 8.2 Proses pembentukan citra pada sinar-X konvensional (Lisle, 2007)



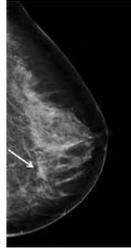
Gambar 8.3 Radiograf yang menunjukkan lipoma pada femur pasien anak perempuan yang menunjukkan densitas yang berbeda dari 5 jaringan yaitu: (1) udara, (2) lemak, (3) jaringan lunak, (4) tulang, (5) marker radiograf yang terbuat dari metal (Lisle, 2007)

Implementasi dari pencitraan sinar-x

Pencitraan sinar-X konvensional dapat dilakukan untuk keperluan klinis terutama untuk mendeteksi kelainan pada struktur tulang, seperti fraktur, dislokasi, kelainan kongenital, malignancy/keganasan, dll. Contoh gambaran hasil pemeriksaan sinar-X konvensional dapat dilihat pada gambar 8.2.

2. Mammography

Pesawat mamografi merupakan pesawat sinar-X yang didedikasikan untuk pemeriksaan payudara. Untuk menghasilkan gambaran mamografi, energi sinar-X yang digunakan jauh lebih rendah dibandingkan dengan pesawat sinar-X konvensional, sehingga *image receptor* (film maupun detector) pun didesain khusus untuk pemeriksaan payudara.

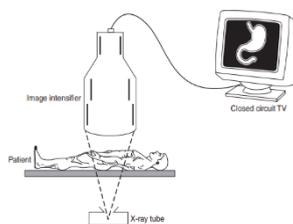


Gambar 8.4 Contoh hasil gambaran mammografi (Bushberg et al., 2012)

Mamografi dapat digunakan untuk mendeteksi kelainan pada payudara seperti massa/tumor maupun kalsifikasi. Hasil gambaran mamografi dapat dilihat pada gambar 8.4.

3. Fluoroscopy

Fluoroskopi merupakan pemeriksaan imejing pada struktur internal tubuh manusia secara real-time dengan menyinari objek secara konstan dengan sinar-X. Pada umumnya, prinsip pembentukan gambar fluoroskopi adalah sama dengan sinar-X konvensional yaitu didasarkan pada transmisi sinar-X yang menembus objek dan ditangkap oleh detektor. Konsep pencitraan dengan modalitas fluoroscopy bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 8.5 Konsep pencitraan pada Fluoroskopi (Lisle, 2007)

Implementasi fluoroskopi

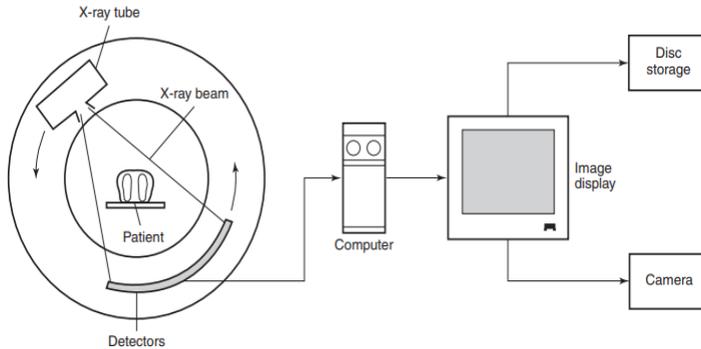
- Untuk menilai saluran pencernaan

- Untuk menilai pembuluh darah (angiografi) dan digunakan pada pemeriksaan radiologi intervensi
- Sebagai image guidance pada prosedur pembedahan umum (cholangiography, colonoscopy)
- Sebagai image guidance pada prosedur ortopedi (pemasangan alat fiksasi, joint replacement)

4. Computed Tomography (CT-Scan)

CT-Scan merupakan modalitas imejing yang menghasilkan gambaran irisan penampang tubuh manusia (gambaran *cross sectional*). Untuk menghasilkan gambar, pasien akan melewati gantry berbentuk donat. Di dalam gantry terdapat tabung sinar-X dan detektor yang akan berputar pada arah yang berlawanan mengelilingi objek disaat scanning berlangsung. Sinar-X yang menembus objek akan ditangkap oleh detektor untuk selanjutnya diolah oleh sistem komputer dan ditampilkan pada layar monitor. Konsep pencitraan CT-Scan bisa dilihat pada gambar 8.5.

Komputer pada pesawat CT-Scan mampu menganalisis jumlah dan kepadatan sinar-X yang ditangkap oleh detektor, menghitung asal/koordinatnya, dan mengkonversinya menjadi suatu nilai grayscale pada setiap pixel dari gambar. Pada prinsipnya, pesawat CT-Scan juga menggunakan sinar-X untuk menghasilkan gambar, sehingga konsep pembentukan gambar pada CT-Scan pada dasarnya sama dengan sinar x konvensional. Sinar-X akan mengalami atenuasi sesuai dengan kepadatan objek (nomor atom) yang dilalui. Pada CT-Scan, udara/gas akan terlihat hitam atau gelap, dan tulang akan terlihat terang atau putih.



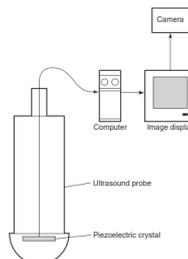
Gambar 8.6. Konsep pencitraan CT-Scan (Lisle, 2007)

Pemeriksaan CT-Scan juga bisa dilakukan dengan menginjeksikan media kontras dengan keperluan sebagai berikut:

- Untuk memperjelas gambar aliran darah dari suatu kelainan atau struktur abnormal
- Untuk memperjelas gambaran tumor
- Untuk menampakkan feeding vessels dari suatu massa
- Untuk menampilkan kelainan pada pembuluh darah (CT Angiografi).

5. Ultrasonography (USG)

Ultrasonografi (USG) menggunakan gelombang ultrasonik (gelombang suara frekuensi tinggi) untuk menghasilkan gambaran *cross sectional* tubuh manusia. Komponen utama pada alat USG adalah probe atau transduser dan monitor untuk display gambar.



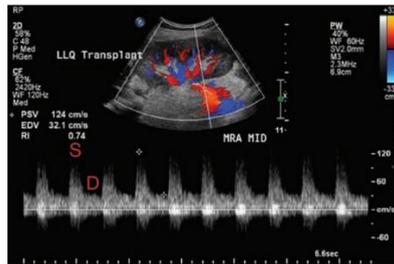
Gambar 8.7 Konsep pembentukan gambar USG (Lisle, 2007)

Transduser atau dikenal juga dengan probe pada pemeriksaan USG berfungsi sebagai pemancar (transmitter) sekaligus penerima (receiver) echo dari energy ultrasonik. Di dalam transduser terdapat kristal piezoelectric yang mampu merubah energi listrik menjadi gelombang ultrasonik (piezoelectric effect). Ketika gelombang ultrasonik ditransmisikan ke tubuh pasien atau objek, maka gelombang tersebut dapat dipantulkan dan ditangkap kembali oleh transduser. Selanjutnya, pantulan gelombang ini akan kembali mengenai kristal piezoelektrik dan dikonversi kembali menjadi sinyal listrik (piezoelectric effect). Sinyal inilah yang selanjutnya diproses oleh sistem komputer menjadi gambaran cross sectional tubuh, seperti yang terlihat pada gambar 8.7.

Hasil gambar USG bisa dibuat dalam berbagai bidang irisan (sagital, axial, dan koronal) tergantung dari orientasi dan angulasi transduser, dan posisi pasien. Hasil gambaran USG juga sangat bergantung pada keterampilan dan keahlian operator atau sonografer.

USG Doppler

USG doppler merupakan pemeriksaan realtime. USG Doppler memanfaatkan efek doppler, dimana pada objek yang bergerak akan terjadi perubahan frekuensi echo yang diterima. Efek doppler ini dimanfaatkan dalam pencitraan sel darah merah yang bergerak dalam aliran darah. Pada USG Doppler, kecepatan dan arah aliran darah dapat ditentukan.



Gambar 8.8 Hasil USG Doppler menunjukkan perfusi normal pada transplantasi ginjal (Brant & Helms, 2012)

Objek yang bergerak relatif mendekati transduser akan tampak merah, dan objek yang bergerak menjauhi transduser tampak berwarna biru. Semakin kuat intensitas warna merah atau biru yang tampak pada USG maka semakin tinggi pula kecepatan objek (aliran darah) tersebut. Hal ini bisa dilihat pada gambar 8.8.

Keunggulan USG:

- Tidak menggunakan radiasi pengion sehingga aman digunakan untuk pasien hamil dan anak-anak.
- Biaya instalasi dan perawatan yang murah
- Sangat baik digunakan untuk menilai organ solid (liver, ginjal, spleen, pankreas), maupun organ-organ superfisial seperti payudara dan thyroid, serta umum digunakan pada bidang obstetri dan ginekologi
- Sangat berguna dalam menilai sistem vaskuler.

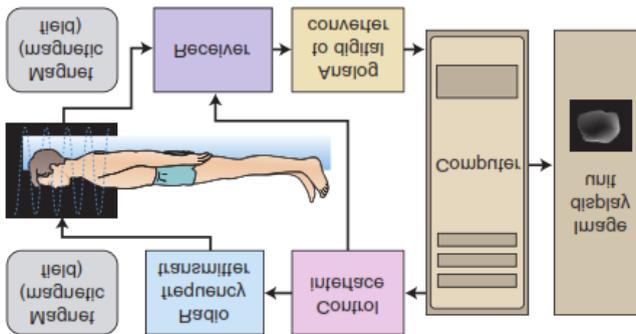
Kelemahan USG:

- Tidak mampu memvisualisasikan struktur yang terhalang tulang maupun gas dengan baik (misalnya pada usus, paru-paru, maupun struktur jaringan otak) dengan baik.

6. Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Magnetic Resonance Imaging (MRI) memanfaatkan magnetic properties dari atom hidrogen untuk pembentukan gambar. MRI menggunakan juga menggunakan medan magnet dan gelombang radio dalam pembentukan gambarnya.

Secara singkat, konsep pembentukan gambar MRI adalah sebagai berikut: dalam tubuh manusia terdapat atom-atom hidrogen. Inti dari atom hydrogen ini terdiri dari 1 proton. Ketika tubuh pasien dimasukkan kedalam bore yang mempunyai medan magnet yang sangat besar, maka sejumlah proton di dalam tubuh akan berusaha menyesuaikan arah dengan medan magnet tersebut. Kemudian, saat diberikan gradient radio frekuensi (RF), proton tersebut akan berubah arah. Setelah RF dimatikan, proton akan kembali mensejajarkan diri dengan medan magnet utama sambil melepaskan sinyal atau energi. Energi atau sinyal inilah yang kemudian dideteksi, dilokalisasi dan diproses oleh algoritma pada sistem komputer sehingga menghasilkan gambaran *cross sectional* dari objek yang diperiksa.



Gambar 8.9 Skema pembentukan gambar MRI (Bontrager & Lampignano, 2014)

Implementasi MRI

MRI sangat baik digunakan untuk menghasilkan citra jaringan lunak, sehingga pemeriksaan MRI umumnya dilakukan untuk mendiagnosa kelainan pada otak dan tulang belakang. Selain itu, MRI juga banyak digunakan untuk mendeteksi abnormalitas pada sistem muskuloskeletal (MSK), termasuk menilai persendian dan staging tumor pada MSK. MRI juga sangat baik digunakan untuk menilai organ-organ pada rongga abdomen. Seiring dengan perkembangan teknologi, MRI kini juga telah umum digunakan untuk menilai pada jantung, cardiomyopathy, maupun menilai viability dari otot jantung. *Magnetic Resonance Angiography* (MRA) juga merupakan pilihan non invasif untuk menilai sirkulasi darah di otak maupun di area pembuluh darah perifer.

Keunggulan MRI

- Tampilan kontras jaringan yang sangat baik
- Minim artefak yang diakibatkan oleh struktur tulang di dekat objek.
- Mampu menghasilkan gambaran multiplanar
- Tanpa radiasi pengion

Kekurangan MRI:

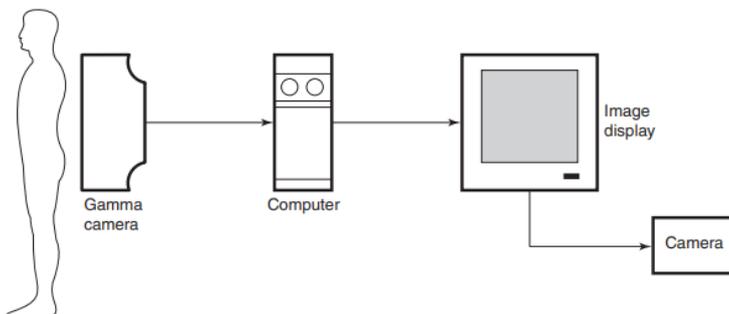
- Biaya instalasi dan perawatan instrumentasi MRI tergolong relatif mahal.
- Besarnya kekuatan medan magnet pada MRI berbahaya bagi pasien tertentu, misalnya pasien dengan pacemaker.
- Tidak cocok untuk pasien dengan claustrophobia.
- Kurang sensitif untuk menilai klasifikasi dan perdarahan akut.

7. Kedokteran Nuklir

Pemeriksaan kedokteran nuklir juga dikenal dengan istilah *Scintigraphy*. *Scintigraphy* merupakan pemeriksaan yang dilakukan dengan memasukkan zat radioaktif ke dalam tubuh pasien untuk menghasilkan citra. Dalam hal ini, zat radioaktif tersebut akan

memancarkan radiasi gamma. Zat radioaktif yang umumnya digunakan dalam kedokteran nuklir adalah Technetium 99m ($Tc\ 99m$). Sinar gamma yang dipancarkan oleh $Tc\ 99m$ akan ditangkap oleh kamera gamma, dan selanjutnya akan diolah menjadi sinyal listrik untuk bisa ditampilkan sebagai sebuah citra pada layar monitor seperti yang terlihat pada gambar 10.

Untuk dapat melakukan imejing secara efektif, zat radioaktif yang dimasukkan kedalam tubuh pasien ini diberi “label” dengan senyawa, sehingga zat tersebut bisa terakumulasi pada organ yang diinginkan. Misalnya, untuk melakukan pencitraan pada tulang, radioaktif akan diberi senyawa methylene diphosphonate (MDP) yang akan terakumulasi pada osteoblast. Sehingga, jika terdapat kelainan pada tulang, seperti metastase maupun osteomyelitis, maka intake $Tc\ 99m$ MDP akan tervisualisasi maksimal pada area tersebut.



Gambar 8.10 Konsep pembentukan citra kedokteran nuklir (Lisle, 2007)

Selain $Tc\ 99m$, berbagai jenis radionuklida juga digunakan pada kedokteran nuklir adalah Galium ($67Ga$) citrate, Thallium ($201\ Tl$), indium ($111\ I$), dan Iodine ($131\ I$).

Keunggulan *Scintigraphy* :

- Imejing *Scintigraphy* sangat sensitif, terutama untuk menampakkan kelainan yang tidak belum bisa terlihat dari pemeriksaan sinar-X biasa.
- Mampu menyediakan informasi anatomis maupun fisiologis organ yang diperiksa.

BAGIAN 9

PATOLOGI

A. PENDAHULUAN TENTANG PATOLOGI

Istilah patologi berasal dari bahasa Yunani yaitu *pathos* yang berarti penyakit dan *logos* artinya ilmu. Jadi patologi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari terkait kelainan struktur dan fungsi fisiologis pada tingkat sel, jaringan, organ, dan keadaan bagian tubuh. Ilmu patologi mengkaji penyebab timbulnya penyakit, perubahan susunan jaringan dan perubahan anatomi. Terdapat dua istilah penting pada penelitian patologi yaitu :

1. **Etiologi** adalah penyebab awal dan faktor tambahan terjadinya suatu penyakit. Etiologi dapat memicu munculnya patogenesis sebuah kategori penyakit. Istilah etiologi sering digunakan untuk mencari tahu apa yang menyebabkan seseorang terkena penyakit tertentu. Contohnya penyakit diabetes melitus (DM) yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti genetik, gaya hidup, dan lingkungan.
2. **Patogenesis** merupakan perjalanan terjadinya penyakit atau mekanisme munculnya gejala dan tanda yang ditimbulkan oleh agen etiologi. Selain itu, patogenesis menjelaskan bagaimana faktor etiologi memicu terjadinya perubahan sel dan molekul sehingga mengakibatkan muncul gejala dan tanda dari suatu penyakit (kelainan).

B. SEJARAH PATOLOGI

Ilmu patologi mengalami perkembangan yang pesat setelah ditemukannya mikroskop. Mikroskop menunjang para ilmuwan dalam mempelajari jaringan yang sakit yang dimulai pada tahun 1800. Penggunaan mikroskop membuktikan adanya mikroorganisme

di sekitar manusia. Hal tersebut menjadi bukti adanya agen pembawa penyakit sehingga menentang teori yang mengasumsikan bahwa kehidupan timbul secara spontan melainkan disebabkan oleh agen mikroorganisme (mikroba).



Gambar 9.1 Rudolf Virchow dikenal sebagai “Bapak Patologi”

Sejarah perkembangan ilmu patologi dimulai pada zaman empiris atau sebelum revolusi ilmiah (1850). Pada masa ini, Hippocrates berusaha memisahkan ilmu kedokteran dengan tahayul. Zaman tersebut banyak yang berasumsi bahwa penyakit disebabkan oleh invasi roh, ilmu sihir, kedengkian atau pelanggaran tabu. Kemudian komunitas medis Yunani mengembangkan teori penyakit yang berkaitan dengan sebab dan akibat alami. Komunitas tersebut membuat *Hippocratic Corpus* yang berisi kumpulan tulisan mengenai kesehatan. Teori tersebut menjadi kuat setelah adanya teori Aristoteles dan Galen. Aristoteles menggunakan logika dan mengembangkan teori pada bidang biologi, fisika, metafisika dan psikologi. Galen memberikan kontribusi yang besar pada ilmu patologi atas keahliannya di bidang anatomi fisiologi manusia.

Proses kemajuan ilmu patologi terjadi pada zaman perkembangan pengetahuan dasar ilmu pengetahuan atau revolusi ilmiah (1850 - 1900). Pada era ini mulai ada gambaran konsep tubuh manusia oleh seorang seniman Leonardo da Vinci dan Michelangelo. Ilmuwan

bernama Andreas Vesalius melakukan autopsi pada kriminal yang dihukum mati. Penerus Vesalius adalah Realdo Colombo, Gabriel Fallopius, dan Bartolomeo Eustachi semakin meningkatkan keakuratan detail anatomi manusia. Realdo Colombo berhasil menggambarkan sirkulasi paru-paru dan Gabriel Fallopius menggambarkan pertama kali tuba fallopi. Bartolomeo Eustachi mendeskripsikan struktur pulpa gigi, membran periodontal, ductus toraks, saraf abducens, dan kelenjar adrenal. Seiring dengan perubahan zaman ditemukanlah mikroskop yang mengubah pandangan para ilmuwan terhadap kesehatan dan penyakit. Adanya mikroskop membuktikan bahwa mikroorganisme berada di lingkungan sekitar manusia. Beberapa kelompok mikroorganisme ada yang bersifat sebagai patogen. Penemuan tersebut menyangkal teori penyakit yang timbul secara spontan (abiogenesis). Rudolf Virchow (1821-1902) adalah seorang ilmuwan Jerman dari Universitas Berlin mengamati jaringan yang sakit menggunakan mikroskop. Rudolf Virchow menyatakan bahwa semua penyakit mengalami perubahan sel yang sifatnya abnormal. Oleh karena itu, ia dikenal sebagai “bapak patologi”.

Pengetahuan tentang patologi juga mengalami kemajuan pada zaman pengetahuan klinis (1900 - 1950). Pada era tersebut, ilmu kedokteran mulai bergerak pada bidang pencegahan penyakit. Era ini dimulai dari penelitian dokter Hungaria yang bernama Ignaz Semmelweis. Penelitian yang dilakukan menurunkan kasus demam nifas yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Streptococcus pyogenes*. Semmelweis berpendapat bahwa tangan atau alat yang digunakan oleh dokter yang membantu proses persalinan atau mengadakan pembedahan itu perlu sekali didesinfeksi terlebih dulu agar tidak membawa bibit penyakit kepada pasien. Pencegahan terhadap penyakit terus mengalami perkembangan hingga ditemukannya cara pencegahan efektif dengan menggunakan vaksin.

Zaman pengetahuan kesehatan masyarakat (1950-sekarang) pengetahuan membuat diagnosis dan pengobatan masyarakat secara keseluruhan. Dasar pengetahuan melalui antropologi sosial, demografi, epidemiologi, dan sebagainya. Era ini menjadi tonggak awal perkembangan ilmu pengetahuan dan kesehatan masyarakat. Hal tersebut didasarkan dari perkembangan biologi molekuler dan aplikasinya pada diagnosis dan terapi genetik, imunologik dan kanker.

Berikut ini adalah beberapa penemuan yang mendukung perkembangan patologi :

1. Antony van Leeuwenhoek (1632 - 1723) adalah ilmuwan yang berasal dari Belanda. Ia merupakan orang yang pertama kali melihat sel tunggal (bakteri, protozoa, *yeast*, alga, kecuali virus), mengamati darah, cairan mani, feses, dan email gigi. Oleh karena itu, Antony van Leeuwenhoek dikenal sebagai penemu mikroskop, penemu bakteri, parasit, protozoa dan penemu sperma.
2. Francesco Redi (1626 - 1799) adalah ilmuwan yang berasal dari Italia yang pertama kali melakukan percobaan untuk menentang teori generasi spontan (abiogenesis). Selain itu, Francesco Redi juga sebagai penemu jenis-jenis cacing yang dapat menyerang usus manusia.
3. Edward Jenner (1749 - 1823) adalah ilmuwan Inggris yang pertama menemukan vaksin untuk mencegah penyakit cacar (variola) pada tahun 1796. Atas penemuannya sehingga ia dikenal sebagai bapak imunologi.
4. Louis Pasteur (1822 - 1895) adalah ilmuwan yang juga menentang teori generasi spontan (abiogenesis). Selain itu, ia juga sebagai penemu penyakit rabies, penemu vaksin antraks dan rabies, menemukan ulat sutera, penemu pasteurisasi, membuktikan bahwa udara mengandung mikroba, dan lain-lain.
5. Lord Joseph Lister (1827 - 1912) merupakan ilmuwan Inggris yang pertama menerapkan konsep "*germ theory*" pada

pembedahan. Sistem antiseptis oleh Lord Joseph Lister dijadikan sebagai dasar pengendalian infeksi.

6. Robert Koch (1843 - 1910) merupakan ilmuwan Jerman yang menemukan beberapa bakteri patogen seperti *Bacillus anthracis* (penyebab antraks), *Mycobacterium tuberculosis* (penyebab tuberkulosis), *Vibrio cholera* (penyebab kolera), *Mycobacterium leprae* (penyebab lepra / kusta), *Treponema pallidum* (penyebab sifilis), dan *Salmonella thypi* (penyebab tifoid).
7. Fiedrich August Johannes Loeffler (1852 - 1915) merupakan ilmuwan asal Jerman yang pertama kali menemukan bakteri *Corynebacterium diphtheriae* penyebab penyakit difteri pada tahun 1884.
8. Prof. Eijkman (1858 - 1930) merupakan seorang ahli fisiologi yang menemukan penyakit beriberi. Hasil penemuannya sangat penting dalam kesehatan, selain dari aspek pencegahan penyakit juga sebagai unsur keempat yang dibutuhkan oleh tubuh.
9. Ronald Ross (1857 - 1932) adalah orang pertama menemukan penyakit malaria pada tahun 1898. Ross menegaskan bahwa spesies nyamuk tertentu dapat menularkan penyakit malaria.

C. RUANG LINGKUP ILMU PATOLOGI

Pengetahuan terhadap penyakit manusia berasal dari pengamatan pada penderita misalnya terjadi perubahan pada organ atau bagian tubuh penderita. Secara aplikasi keilmuan patologi dibagi menjadi dua yaitu :

1. Ilmu Patologi Klinik (*Clinical Pathology*)
Patologi klinik adalah ilmu patologi yang mempelajari dan mendiagnosa penyakit berdasarkan hasil pemeriksaan biokimia tubuh. Sampel atau bahan pemeriksaannya berupa urin, darah dan cairan tubuh lainnya. Contohnya dalam menentukan diagnose penyakit gagal ginjal maka pemeriksaan patologi klinik yang dilakukan menggunakan urin pasien.
2. Ilmu Patologi Anatomi (*Anatomical Pathology*)

Patologi anatomi adalah ilmu yang mempelajari dan mendiagnosa penyakit berdasarkan hasil pemeriksaan sel, jaringan atau organ tubuh untuk diagnosis suatu penyakit. Contohnya mendiagnosa tumor dilakukan pemeriksaan laboratorium patologi anatomi terhadap sel tumor sehingga diketahui apakah tumor jinak atau tumor ganas. Oleh karena itu, ilmu ini dapat membantu mengetahui dan menentukan penyebab dan efek dari penyakit tertentu. Patologi anatomi memiliki cabang – cabang ilmu yaitu sebagai berikut :

- a. Histopatologi : mempelajari dan mendiagnosa penyakit berdasarkan hasil pemeriksaan jaringan tubuh.
- b. Sitopatologi : mempelajari dan mendiagnosa penyakit dari hasil pemeriksaan sel tubuh.
- c. Hematologi : mempelajari kelainan seluler dan berbagai komponeen pembekuan darah.
- d. Mikrobiologi : mempelajari penyakit infeksi dan organisme yang bertanggung jawab terhadap penyakit tersebut.
- e. Imunologi : mempelajari mekanisme pertahanan yang spesifik dari tubuh manusia.
- f. Patologi Kimiawi : mempelajari dan mendiagnosis suatu penyakit dari hasil pemeriksaan perubahan kimiawi jaringan dan cairan.
- g. Genetika : mempelajari kelain-kelainan kromosom dan gen.
- h. Toksikologi : mempelajari pengaruh racun
- i. Patologi Forensik : mempelajari dan menemukan sebab akibat kematian pada kondisi tertentu. Aplikasi patologi forensik untuk tujuan hukum.
- j. Patologi Bedah : cabang ilmu patologi yang digunakan untuk kepentingan disaat melakukan operasi, contohnya potong beku.
- k. Patologi Autopsi : cabang ilmu patologi yang digunakan untuk menentukan berbagai faktor yang menyebabkan kematian seseorang.

- l. Dermato Patologi : cabang ilmu patologi yang berfokus pada kulit sebagai organ.
- m. Patologi Molekuler : cabang ilmu patologi yang berfokus dalam penelitian dan diagnosis penyakit melalui pemeriksaan molekul dalam organ, jaringan atau cairan tubuh.

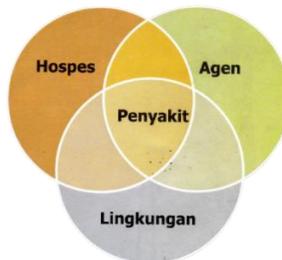
D. PENYEBAB PENYAKIT

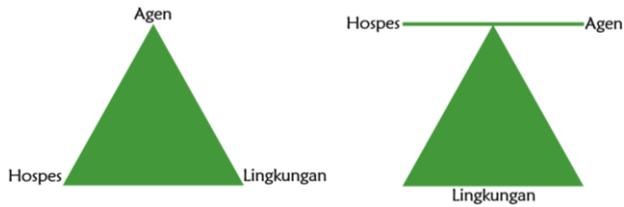
Penyakit adalah istilah medis yang menggambarkan kondisi tubuh yang abnormal. Keadaan tersebut mempengaruhi struktur atau fungsi tubuh suatu makhluk hidup. Penyakit ditandai oleh gambaran yang jelas (sebab, tanda, dan gejala) perubahan morfologi dan fungsi tubuh.

Konsep Dasar Timbulnya Penyakit

1. Segitiga Epidemiologi (*Epidemiologic Triangle*)

Segitiga epidemiologi menggambarkan hubungan antara tiga komponen penyakit yaitu pejamu (*hospes/host*), penyebab (*agent*), dan lingkungan (*environment*). Perubahan pada salah satu komponen penyakit akan mengubah keseimbangan sehingga mengakibatkan bertambah atau berkurangnya penyakit. Oleh karena itu, penyakit disebabkan adanya interaksi antara **agen penyebab penyakit** dengan **manusia yang rentan** dan didukung oleh **keadaan lingkungan yang sesuai**.





Gambar 9.2 Segitiga Epidemiologi (*Trias Penyebab Penyakit*)

a. Penyebab (*Agent*)

Agen adalah penyebab penyakit dapat berupa unsur hidup atau mati. Agen penyebab penyakit dikelompokkan menjadi agen biologis, agen kimiawi, agen fisika, agen nutrisi, dan mekanis. Agen biologis seperti virus, bakteri, fungi, dan parasit. Agen kimiawi dapat berupa zat kimia dan agen fisika seperti suhu, radiasi dan lain-lain. Agen nutrisi seperti kelebihan atau kekurangan nutrisi (karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan air). Adapun agen mekanis seperti gesekan dan benturan yang dapat menimbulkan kerusakan jaringan.

b. Pejamu (*Hospes / Host*)

Hospes atau *host* adalah organisme dan biasanya berupa manusia atau hewan yang menjadi tempat persinggahan penyakit. Hospes memberikan tempat hidup pada suatu patogen (mikroorganisme penyebab penyakit) dan hospes bisa saja terkena penyakit. Kemampuan agen penyebab penyakit terhadap tubuh hospes dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti imunitas tubuh, susunan genetik, tingkat paparan, status kesehatan dan kebugaran tubuh hospes.

c. Lingkungan (*Environment*)

Lingkungan adalah segala sesuatu yang mengelilingi dan juga kondisi luar manusia atau hewan yang menyebabkan atau memungkinkan penularan penyakit. Faktor-faktor lingkungan dapat mencakup aspek biologis berupa serangga yang dapat menyebarkan agen penyakit. Aspek struktural dapat berupa

sosial dan budaya. Adapun aspek fisik seperti iklim atau karakteristik geologis.

2. Roda (*Wheels*)

Pada model ini memerlukan identifikasi dari berbagai faktor yang berperan dalam timbulnya penyakit. Interaksi antara pejamu (*hospes/host*) dan lingkungan sangat penting. Model roda tidak menekankan pentingnya faktor agen.

3. Jaring-Jaring Sebab Akibat (*The Web of Causation*)

Suatu penyakit tidak bergantung pada satu sebab yang berdiri sendiri melainkan sebagai akibat dari serangkaian proses sebab akibat. Penyakit dapat dicegah dengan memotong rantai pada berbagai titik.

E. KARAKTERISTIK PENDEKATAN PENYAKIT

Karakteristik pendekatan penyakit diuraikan dari :

1. Etiologi

Istilah etiologi berhubungan dengan penyebab penyakit atau faktor yang menyebabkan penyakit. Etiologi berkaitan dengan pejamu (*hospes/host*) dan penyebab (*agent*).

2. Patogenesis

Patogenesis merupakan mekanisme yang menghasilkan suatu tanda dan gejala klinis maupun patologi.

3. Perubahan patologis dan klinis

Agan etiologi bekerja melalui alur patogenesis atau mekanisme untuk menghasilkan manifestasi penyakit yang menimbulkan tanda dan gejala klinis.

4. Komplikasi atau cacat

Penyakit dapat berlangsung lama atau menghasilkan efek sekunder. Apabila imunitas buruk, perbaikan dan regenerasi terganggu dapat menyebabkan komplikasi atau cacat.

5. Prognosis

Prognosis merupakan perkiraan terhadap jalannya penyakit.

6. Epidemiologi

Epidemiologi berkaitan dengan insiden dan distribusi populasi suatu penyakit

BAGIAN 10

TERAPI RADIASI

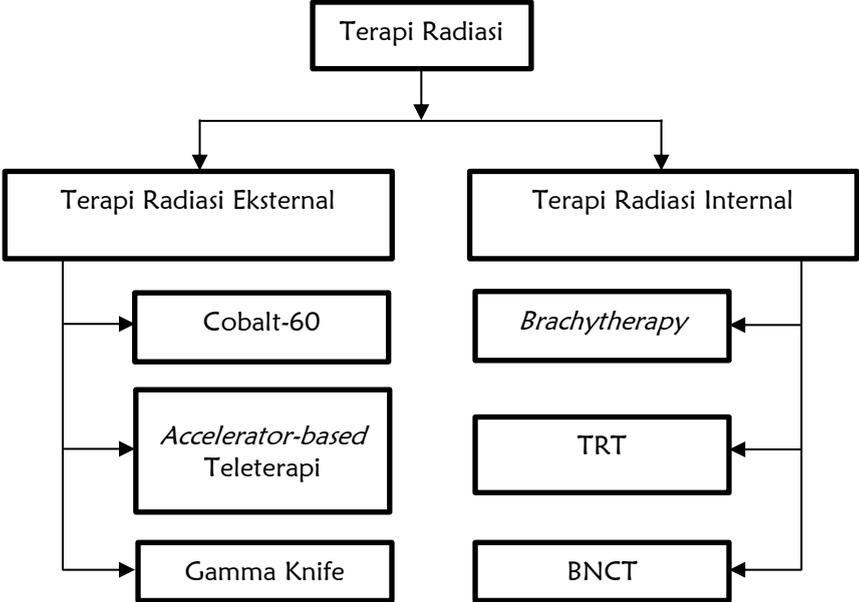
A. PENGERTIAN TERAPI RADIASI

Terapi radiasi, yang secara umum dikenal sebagai radiasi onkologi atau radioterapi, digunakan dalam bidang kedokteran sebagai metode pengobatan untuk melawan berbagai jenis penyakit, terutama kanker. Penggunaan radiasi ionisasi, seperti sinar-X atau partikel berenergi tinggi, menjadi dasar terapi ini untuk merusak dan mematikan sel-sel kanker. Terdapat dua metode yang dapat diterapkan dalam pemberian suatu terapi radiasi: terapi radiasi/radioterapi eksternal dan terapi radiasi internal.

Terapi radiasi eksternal, atau radioterapi eksternal, melibatkan penggunaan mesin sinar-X atau mesin linear akselerator yang menghasilkan radiasi untuk ditujukan ke area tumor dari luar tubuh pasien. Penggunaan teknik seperti *Intensity-Modulated Radiation Therapy* (IMRT), *Conformal Radiation Therapy* (CRT), dan *Stereotactic Body Radiation Therapy* (SBRT) membantu mengarahkan radiasi secara presisi ke daerah tumor dengan meminimalkan dampak pada jaringan sehat di sekitarnya.

Di sisi lain, terapi radiasi internal, atau yang dikenal secara umum sebagai *brachytherapy*, melibatkan penempatan sumber radiasi langsung ke dalam atau dekat tumor. Isotop radioaktif yang dikandung dalam benang atau kapsul kecil menjadi sumber radiasi yang ditempatkan. *Brachytherapy* dapat dilakukan dalam bentuk permanen atau sementara, dengan penempatan sumber radiasi yang tetap ada dalam tubuh pasien pada *brachytherapy* permanen, sedangkan pada *brachytherapy* sementara, sumber radiasi akan dieliminasi setelah dosis radiasi yang diinginkan telah dicapai.

Baik terapi radiasi eksternal maupun internal memiliki tujuan yang serupa, yaitu merusak dan menghentikan pertumbuhan sel-sel kanker. Pemilihan antara kedua metode ini bergantung pada jenis kanker, lokasi tumor, dan kondisi kesehatan pasien. Terapi radiasi dapat digunakan sebagai metode utama pengobatan kanker atau dikombinasikan dengan operasi atau kemoterapi untuk mencapai hasil yang lebih efektif.



Gambar 10.1 Metode Terapi Radiasi

B. INSTRUMENTASI DAN PROSES TERAPI RADIASI

Instrumentasi dalam terapi radiasi merupakan perangkat dan peralatan yang digunakan untuk menghasilkan, mengukur, dan mengendalikan radiasi yang digunakan dalam pengobatan kanker. Berikut ini adalah beberapa instrumen penting dalam terapi radiasi:

1. Mesin Sinar-X:

Mesin sinar-X digunakan dalam terapi radiasi eksternal untuk menghasilkan sinar-X yang akan ditujukan ke area tumor. Mesin sinar-X ini memiliki berbagai macam teknologi seperti mesin *linear accelerator* yang memproduksi sinar-X berenergi tinggi dengan kemampuan untuk mengatur intensitas dan bentuk pola radiasi.

2. Alat Penunjuk dan Penanda

Dalam terapi radiasi eksternal, alat penunjuk dan penanda digunakan untuk membantu mengidentifikasi dan menandai area target yang akan menerima radiasi. Hal ini memungkinkan radioterapis untuk mengarahkan radiasi dengan presisi tinggi ke area yang tepat.

3. Detektor Radiasi

Detektor radiasi digunakan untuk mengukur dosis radiasi yang diberikan kepada pasien selama terapi. Detektor ini bisa berupa detektor ionisasi atau detektor termoluminesensi yang dapat merekam dan mengukur radiasi yang diterima oleh pasien.

4. Sistem Perencanaan Terapi Radiasi

Sistem perencanaan terapi radiasi adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merencanakan pengiriman radiasi yang tepat sesuai dengan target tumor. Dalam sistem ini, dokter radiasi dapat memetakan dan merencanakan dosis radiasi yang optimal untuk memaksimalkan penghancuran sel atau jaringan kanker serta meminimalisir efek pada sel atau jaringan yang sehat.

5. Sumber Radiasi

Sumber radiasi dalam terapi radiasi internal, seperti pada *brachytherapy*, umumnya berupa benang atau benjolan kecil yang mengandung isotop radioaktif. Sumber radiasi ini ditempatkan dengan menggunakan instrumen khusus untuk memberikan dosis radiasi yang diperlukan ke area tumor.

6. Peralatan Pendukung

Selain beberapa peralatan utama, terapi radiasi memerlukan peralatan pendukung seperti meja terapi yang dapat diposisikan dengan akurasi tinggi untuk memastikan pasien berada dalam posisi yang tepat selama terapi radiasi, sistem pemantauan dan kontrol untuk memonitor pengiriman radiasi secara *real-time*, serta peralatan perlindungan radiasi seperti perisai dan baju pelindung untuk melindungi tim medis dari paparan radiasi yang tidak diinginkan.

Semua instrumen di atas bekerja bersama-sama untuk menghasilkan dan mengendalikan radiasi dalam terapi radiasi, dengan tujuan untuk merusak sel kanker secara selektif sambil meminimalkan kerusakan yang terjadi pada sel/jaringan di sekitarnya.

Terapi radiasi didasarkan pada berbagai jenis radiasi dan bergantung pada berbagai jenis interaksi antara radiasi dan materi (jaringan tubuh). Setiap perawatan menggunakan terapi radiasi eksternal harus direncanakan dengan cermat. Proses terapi radiasi eksternal secara umum terdiri dari tiga fase:

1. Perencanaan: Tumor kanker harus ditemukan sehingga ukuran dan posisinya dapat dianalisis. Informasi ini dapat diperoleh dari sinar-X, *Single Photon Emission Computed Tomography* (SPECT), gambaran planar kamera gamma, *Positron Emission Tomography* (PET), pemindaian CT, pemindaian MRI dan MRA, serta gambaran ultrasonografi.
2. Simulasi: Setelah jumlah radiasi yang akan diberikan dihitung dengan akurat, pasien kemudian diarahkan menuju ruang simulator untuk menentukan pengaturan yang akan dipilih untuk terapi sesungguhnya menggunakan akselerator linear. Pengaturan ditentukan dengan mengambil serangkaian sinar-X untuk memastikan bahwa tumor berada dalam posisi yang tepat untuk menerima radiasi ionisasi.

3. Tindakan: Tumor kanker dapat diobati menggunakan radioterapi dengan cara berikut: radiasi menggunakan sinar gamma berenergi tinggi atau radiasi menggunakan sinar-X berenergi tinggi yang dihasilkan mesin *Linear Accelerator* (Linac) dan atau metode lainnya.

Terapi radiasi internal melibatkan langkah-langkah yang serupa dengan terapi radiasi eksternal, tetapi dengan beberapa perbedaan dalam alur prosesnya. Alur terapi radiasi internal umumnya mencakup tiga fase berikut:

1. Perencanaan: Pada tahap perencanaan, tumor kanker dan area yang akan diberi radiasi harus diidentifikasi dengan tepat. Teknik pencitraan seperti CT scan, MRI, atau Ultrasonografi digunakan untuk memetakan lokasi tumor dan mengukur ukurannya. Informasi ini digunakan untuk merencanakan penempatan sumber radiasi internal dengan tepat.
2. Penempatan sumber radiasi: Setelah perencanaan selesai, sumber radiasi internal, seperti benang atau benjolan kecil yang mengandung isotop radioaktif, ditempatkan di dalam atau dekat tumor. Sumber radiasi diletakkan dengan menggunakan bantuan instrumen spesifik yang memastikan sumber radiasi berada dalam posisi yang tepat.
3. Tindakan: Setelah sumber radiasi ditempatkan, perawatan dimulai. Sumber radiasi akan memancarkan radiasi ke area target, merusak sel-sel kanker dan mencegah pertumbuhan mereka. Dosis radiasi dan durasi perawatan bervariasi tergantung pada jenis kanker, lokasi tumor, dan rencana perawatan yang telah direncanakan oleh tim medis.

Meskipun alur terapi radiasi internal memiliki beberapa persamaan dengan terapi radiasi eksternal, seperti perencanaan dan tindakan, terdapat perbedaan signifikan dalam cara radiasi dihasilkan dan diaplikasikan pada tumor. Dalam terapi radiasi internal, sumber

radiasi ditempatkan langsung di dalam tubuh pasien, sementara dalam terapi radiasi eksternal, radiasi dihasilkan dari luar tubuh dan diarahkan ke tumor.

C. JENIS DAN TEKNIK TERAPI RADIASI EKSTERNAL

Terapi radiasi eksternal juga dikenal sebagai Teleterapi yang merupakan satu metode pengobatan yang menggunakan radiasi dari sumber eksternal untuk mengobati berbagai jenis penyakit, terutama kanker. Dalam teleterapi, mesin sinar-X atau mesin linear akselerator digunakan untuk menghasilkan sinar-X atau partikel berenergi tinggi yang diarahkan ke area target di dalam tubuh. Sumber radiasi eksternal ini digunakan untuk merusak dan membunuh sel-sel kanker, menghambat pertumbuhannya, atau meredakan gejala yang disebabkan oleh tumor yang tidak dapat dioperasi.

Teleterapi mencakup berbagai teknik dan perangkat yang digunakan untuk mengatur intensitas, bentuk pola, dan arah radiasi dengan presisi tinggi. Hal ini memungkinkan radioterapis untuk menargetkan tumor secara akurat dengan memperhatikan kemungkinan memperkecil atau meniadakan dampak pada jaringan sehat di sekitar target yang ditentukan. Teleterapi merupakan salah satu pilihan utama dalam pengobatan kanker, baik sebagai metode tunggal atau dalam kombinasi dengan operasi atau kemoterapi, dengan tujuan untuk meningkatkan kesembuhan dan kualitas hidup pasien.

Teleterapi, juga dikenal sebagai terapi radiasi eksternal, dapat dilakukan dengan menggunakan tiga jenis sumber radiasi utama, yaitu cobalt-60, *photon/particle accelerator*, dan *gamma knife*.

1. Teleterapi Cobalt-60

Pertama, terdapat teleterapi menggunakan cobalt-60. Cobalt-60 adalah isotop radioaktif yang digunakan sebagai sumber radiasi dalam mesin terapi cobalt. Teleterapi dengan menggunakan cobalt-60 menghasilkan radiasi berupa sinar gamma. Cobalt-60

adalah sebuah isotop radioaktif dari kobalt yang mengalami peluruhan radioaktif dan menghasilkan paparan radiasi gamma berenergi tinggi. Radiasi gamma ini digunakan dalam teleterapi untuk mengarahkan dosis radiasi yang tepat ke tumor atau area yang membutuhkan pengobatan.

2. *Accelerator Based* - Teleterapi

Kedua, terdapat teleterapi menggunakan foton/partikel *accelerator*, seperti mesin sinar-X atau sinar proton/ion. Mesin sinar-X menghasilkan sinar-X dengan energi tinggi, sedangkan mesin sinar proton/ion menghasilkan partikel bermuatan tinggi seperti proton atau ion. Kedua jenis mesin ini diaplikasikan untuk dapat mendistribusikan dosis radiasi secara tepat dan akurat pada tumor/kanker. Teleterapi dengan foton/partikel *accelerator* memungkinkan pengiriman dosis radiasi yang lebih tepat dan dapat mengurangi kerusakan pada jaringan sehat di sekitarnya. Terdapat beberapa jenis *accelerator* yang digunakan untuk menghasilkan dan mengendalikan radiasi yang digunakan dalam pengobatan kanker. Berikut adalah beberapa jenis *accelerator* yang umum digunakan:

- a. *Linear Accelerator* (Linac): Linac adalah *accelerator* yang paling umum digunakan dalam terapi radiasi eksternal. *Accelerator* ini menghasilkan sinar-X atau elektron dengan energi tinggi yang dapat diarahkan ke area tumor.
- b. *Cyclotron*: *Cyclotron* adalah *accelerator* yang digunakan untuk menghasilkan partikel bermuatan, seperti proton atau ion karbon. Partikel-partikel ini kemudian digunakan dalam terapi radiasi eksternal, seperti terapi proton atau terapi partikel berat.
- c. *Synchrotron*: *Synchrotron* adalah jenis *accelerator* yang menggunakan medan magnet untuk mempercepat partikel bermuatan. *Accelerator* ini sering digunakan dalam terapi radiasi dengan partikel berat, seperti terapi partikel berat karbon atau helium.

d. *Betatron*: *Betatron* adalah jenis *accelerator* yang menggunakan medan magnet untuk mempercepat elektron. *Accelerator* ini digunakan dalam terapi radiasi eksternal dengan menggunakan elektron.

3. *Gamma Knife*

Ketiga, terdapat teleterapi menggunakan *gamma knife*. *Gamma knife* adalah perangkat medis yang menggunakan sumber radiasi gamma dengan presisi tinggi untuk mengobati lesi dan tumor di otak. Sinar gamma ini diarahkan dengan akurasi tinggi melalui serangkaian sudut sinar yang berfokus pada area yang tepat. Metode ini memungkinkan pengobatan yang efektif dengan minimal kerusakan pada jaringan sehat di sekitarnya.

Ketiga jenis teleterapi ini memberikan pilihan yang penting dalam pengobatan kanker dengan menggunakan radiasi eksternal. Pemilihan jenis terapi tergantung pada karakteristik tumor, lokasi, dan kebutuhan pasien. Setiap jenis teleterapi memiliki kelebihan dan batasan sendiri, dan keputusan yang tepat akan diambil berdasarkan evaluasi medis yang komprehensif.

D. JENIS DAN TEKNIK TERAPI RADIASI INTERNAL

Terapi radiasi internal, secara umum dikenal sebagai *brachytherapy*, melibatkan penempatan sumber radiasi langsung di dalam atau dekat area yang membutuhkan pengobatan. Pada perkembangannya, terapi radiasi internal dapat dilakukan secara spesifik dengan menerapkan terapi radiasi internal seperti *Targeted Radionuclide Therapy* (TRT) dan *Boron Neutron Capture Therapy* (BNCT).

1. *Brachytherapy*

Dalam prosedur *Brachytherapy*, sumber radiasi yang digunakan dapat berupa benang, kapsul, atau peluru kecil yang mengandung isotop radioaktif. Konsep dasar dari *Brachytherapy* adalah bahwa radiasi yang dipancarkan oleh sumber radioaktif akan merusak DNA sel kanker, mampu memberikan dampak

kerusakan dalam bentuk struktur serta fungsi sel yang akan menghambat pertumbuhan dan perkembangannya. Dalam *Brachytherapy*, sumber radiasi yang dipilih memiliki kriteria khusus, terutama memiliki kecepatan paruh yang tepat untuk menghasilkan radiasi yang optimal sesuai dengan kebutuhan pasien.

Selama prosedur, sumber radiasi akan ditempatkan dengan menggunakan instrumen khusus seperti kateter atau aplikator di dalam atau di sekitar tumor. Penempatan ini dapat dilakukan secara sementara atau permanen, tergantung pada jenis *Brachytherapy* yang digunakan. Setelah penempatan, sumber radiasi akan tetap berada di tempat selama periode waktu yang ditentukan, sesuai dengan rencana tindakan yang telah ditetapkan. Selama periode radioterapi, sumber radiasi akan memancarkan energi radiasi yang ditargetkan ke tumor. Dosis radiasi yang dihasilkan akan merusak DNA sel kanker dan menghentikan pertumbuhan sel-sel tersebut. Seiring waktu, sel kanker akan mati dan tumor akan menyusut. Setelah selesai sesi *Brachytherapy*, sumber radiasi akan dikeluarkan dari tubuh pasien. Monitoring dan pemantauan pasca-terapi akan dilakukan untuk memastikan efektivitas perawatan dan memantau efek samping yang mungkin timbul.

2. *Targeted Radionuclide Therapy*

Targeted Radionuclide Therapy (TRT) adalah bentuk terapi radiasi yang menggunakan agen farmasi mengandung zat radioaktif, radionuklida, untuk selektif menghancurkan sel kanker. Konsep dasar TRT adalah menggabungkan penentuan spesifik dari suatu molekul dengan radiasi ionisasi untuk memberikan dosis tinggi pada sel kanker tanpa memberikan dampak pada sel/jaringan sekitar.

Prosedur TRT dimulai dengan memilih agen farmasi yang tepat yang dapat mengikat secara spesifik pada reseptor atau antigen di permukaan sel kanker. Radionuklida yang terikat pada agen farmasi tersebut akan melepaskan radiasi dalam jarak pendek, hanya mempengaruhi sel target. Pasien akan menerima agen farmasi dengan radionuklida melalui injeksi, infus, atau kapsul. Radionuklida akan mengalir dalam tubuh dan secara selektif menargetkan sel kanker, baik melalui reseptor spesifik maupun penumpukan di dalam tumor.

Radiasi yang dipancarkan oleh radionuklida merusak DNA dan struktur sel kanker, menghentikan pertumbuhan dan perkembangan sel-sel tersebut. Sel kanker dapat mati langsung akibat radiasi atau melalui kerusakan pembuluh darah yang memasok nutrisi ke tumor. Dalam beberapa kasus, TRT dapat diterapkan sebagai terapi radiasi yang bersifat tunggal atau dapat diterapkan sebagai terapi kombinasi dengan metode kemoterapi atau terapi target.

3. *Boron Neutron Capture Therapy*

Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) merupakan metode terapi radiasi dengan pengaplikasian Boron yang diikat pada agen farmasi yang bersifat selektif terhadap sel kanker. Konsep BNCT melibatkan penyerapan boron oleh sel kanker dan pengiriman neutron ke dalam sel tersebut. Ketika neutron berinteraksi dengan boron, reaksi fisi nuklir terjadi dan menghasilkan partikel berenergi tinggi yang merusak sel kanker secara selektif. Prosedur BNCT melibatkan infus agen farmasi yang mengandung Boron ke dalam pasien, diikuti oleh iradiasi dengan neutron

BAGIAN 11

PEMBEDAHAN

A. DEFINISI PEMBEDAHAN

Pembedahan atau operasi adalah semua tindakan pengobatan dengan menggunakan prosedur invasive, dengan tahapan membuka atau menampilkan bagian tubuh yang ditangani. Pembukaan bagian tubuh yang dilakukan tindakan pembedahan pada umumnya dilakukan dengan membuat sayatan, setelah yang ditangani tampak, maka akan dilakukan perbaikan dengan penutupan serta panjahitan luka. Pembedahan dilakukan untuk mendiagnosa atau mengobati suatu penyakit, cacat atau cedera, serta mengobati kondisi yang tidak mungkin disembuhkan dengan tindakan atau obat-obatan sederhana.

Pembedahan merupakan salah satu tindakan medis yang bertujuan untuk menyelamatkan nyawa pasien, mencegah kecacatan dan komplikasi. Namun demikian, operasi atau pembedahan yang dilakukan dapat menyebabkan komplikasi yang dapat membahayakan nyawa pasien. Terdapat tiga faktor pneting dalam pembedahan yaitu, penyakit pasien, jenis pembedahan, dan pasien itu sendiri. Bagi pasien tindakan operasi atau pembedahan adalah hal menakutkan yang pasien alami. Sangatlah penting melibatkan pasien dalam setiap proses pre operatif

B. INDIKASI PEMBEDAHAN

Beberapa indikasi pasien yang dilakukan tindakan pembedahan diantaranya adalah:

1. Diagnostik : biopsy atau laparotomy eksploitasi
2. Kuratif : eksisi tumor atau pengangkatan apendiks yang mengalami inflamasi
3. Reparatif : memperbaiki luka multiple

4. Rekonstruktif/kosmetik : mamaoplasti, atau bedah plastik
5. Paliatif : menghilangkan nyeri atau memperbaiki masalah, misalnya pemasangan selang gastrotomi yang dipasang untuk mengkompensasi terhadap ketidaknyamanan menelan makanan

C. KLASIFIKASI PEMBEDAHAN

1. Berdasarkan urgensinya

Tindakan pembedahan berdasarkan urgensinya dibagi menjadi lima tingkatan, antara lain:

a. Kedaruratan Emergency

Pasien membutuhkan tindakan segera yang memungkinkan mengancam jiwa. Indikasi pembedahan tanpa yang tidak dapat ditunda, misalnya: perdarahan hebat, obstruksi kandung kemih, fraktur tulang tengkorak, luka tembak atau tusuk, luka bakar yang sangat luas.

b. Urgent

Pasien membutuhkan penanganan segera. Pembedahan dalam kondisi urgent dapat dilakukan dalam 24-30 jam, misalnya infeksi kandung kemih akut, batu ginjal atau batu uretra.

c. Diperlukan pasien harus menjalani pembedahan

Pembedahan yang akan dilakukan dapat direncanakan dalam waktu beberapa minggu atau bulan, misalnya pada kasus hiperplasia prostate tanpa adanya obstruksi kandung kemih, gangguan tiroid, dan katarak

d. Elektif

Pasien harus dioperasi saat memerlukan tindakan pembedahan. Indikasi pembedahan, bila tidak dilakukan pembedahan maka tidak akan terlalu membahayakan, misalnya perbaikan sesar, hernia sederhana, dan perbaikan vaginal.

e. Pilihlah keputusan tentang dilakukannya pembedahan sepenuhnya kepada pasien. Indikasi pembedahan merupakan

pilihan dan keputusan pribadi yang biasanya kaitannya dengan estetika, misalnya bedah kosmetik

2. Berdasarkan faktor risiko

a. Bedah Minor

Bedah minor atau operasi kecil merupakan operasi yang paling sering dilakukan dirawat jalan, dan pasien yang dilakukan tindakan bedah minor dapat dipulangkan pada hari yang sama

b. Bedah Mayor

Bedah mayor atau operasi besar adalah yang penetrates dan exposes semua rongga badan, termasuk tengkorak, pembedahan tulang, atau kerusakan signifikan dari anatomis atau fungsi faal. Operasi besar meliputi pembedahan kepala, leher, dada dan perut. Pemulihan memerlukan waktu yang cukup lama dan memerlukan perawatan intensif dalam beberapa hari dirumah sakit. Pembedahan ini memiliki komplikasi yang lebih tinggi setelah pembedahan. Operasi besar sering melibatkan salah satu badan utama di perut cavities (laparotomy), di dada (thoracotomy), atau tengkorak (craniotomy) dan dapat juga pada organ vital. Operasi yang biasanya dilakukan dengan menggunakan anestesi umum di rumah sakit ruang operasi oleh tim dokter. Setidaknya pasien menjalani perawatan satu malam di rumah sakit setelah operasi. Operasi besar biasanya membawa beberapa derajat risiko bagi pasien hidup, atau pasien potensi cacat parah jika terjadi suatu kesalahan dalam operasi.

D. TAHAP-TAHAP PERIOPERATIF

Tahap pembedahan dibagi dalam tiga tahap perioperative meliputi tahap pre operatif, tahap intra-operatif dan tahap post operatif

1. Tahap Pre Operatif

Tahap pre operatif merupakan tahap pertama dari perawatan perioperative yang dimulai sejak pasien diterima masuk di ruang

terima pasien dan berakhir ketika pasien dipindahkan ke meja operasi untuk dilakukan tindakan pembedahan. Pada fase ini lingkup aktivitas keperawatan selama waktu tersebut dapat mencakup penetapan pengkajian dasar pasien di tatanan klinik atau rumah, wawancara pre operatif dan menyiapkan pasien untuk anestesi yang diberikan pada saat pembedahan.

2. Tahap Intra-Operatif

Perawatan intra operatif dimulai sejak pasien ditransfer ke meja bedah dan berakhir bila pasien di transfer ke wilayah ruang pemulihan. Pada fase ini lingkup aktivitas keperawatan mencakup pemasangan IV cath, pemberian medikasi intravena, melakukan pemantauan kondisi fisiologis menyeluruh sepanjang prosedur pembedahan dan menjaga keselamatan pasien. Misalnya memberikan dukungan psikologis selama induksi anestesi, bertindak sebagai perawat scrub, atau membantu mengatur posisi pasien di atas meja operasi dengan menggunakan prinsip-prinsip kesimetrisan tubuh

3. Tahap Post Operatif

Tahap post operatif merupakan tahap lanjutan dari perawatan pre operatif dan intra operatif yang dimulai ketika klien diterima di ruang pemulihan (recovery room)/pasca anestesi dan berakhir sampai evaluasi tindak lanjut pada tatanan klinik atau dirumah. Pada fase ini lingkup aktivitas mencakup tentang aktivitas yang luas selama periode ini. pada fase ini focus pengkajian meliputi efek agen anestesi dan memantau fungsi vital serta mencegah komplikasi. Kemudian berfokus pada peningkatan penyembuhan pasien dan melakukan penyuluhan, perawatan lanjut dan rujukan yang penting untuk penyembuhan dan rehabilitasi serta pemulangan.

E. PERSIAPAN PEMBEDAHAN

Terdapat beberapa persiapan dan perawatan pre operatif, diantaranya adalah:

1. Persiapan Mental

Pasien yang akan dioperasi biasanya menjadi agak gelisah dan takut. Perasaan gelisah dan takut kadang-kadang nampak tidak jelas. Tetapi kecemasan itu dapat terlihat jika pasien menanyakan pertanyaan yang berulang, meskipun pertanyaannya telah dijawab. Pasien tidak mau berbicara dan memperhatikan keadaan sekitarnya, tetapi berusaha mengalihkan perhatiannya, atau muncul gerakan yang tidak terkontrol, dan tidur gelisah. Pasien sebaiknya diberikan informasi bahwa selama operasi tidak akan merasa sakit karena sudah dilakukan tindakan bius atau anestesi. Selain itu perlu dijelaskan kepada pasien, semua operasi besar memerlukan transfuse darah untuk menggantikan darah yang hilang selama operasi dan transfuse darah bukan berarti keadaan pasien dalam kondisi sangat gawat.

2. Persiapan Fisik

Pasien yang akan dioperasi diberikan makanan yang rendah lemak, tetapi tinggi karbohidrat, protein, vitamin, dan kalori, pasien harus puasa 12-18 jam sebelum operasi dimulai. Selain pasien dipuasakan pasien dilakukan lavemen/klisma untuk mengosongkan usus besar agar tidak mengeluarkan feses di meja operasi. Kebersihan mulut juga harus diperhatikan, mulut harus dibersihkan dan gigi disikat untuk mencegah terjadinya infeksi terutama bagian paru-paru dan kelenjar ludah. Sebelum operasi pasien harus mandi atau dimandikan. Kuku disikat dan cat kuku harus dibuang agar ahli anestesi dapat melihat perubahan warna kuku dengan jelas. Selain itu juga harus memperhatikan bagian yang akan dioperasi. Berkaitan dengan tempat dan luasnya daerah yang harus dicukur tergantung dari jenis operasi yang akan dilakukan

3. Sebelum Masuk Kamar Bedah

Persiapan fisik pada hari operasi, harus diambil data suhu, tekanan darah, nadi, dan pernapasan. Operasi yang bukan

darurat, bila ada demam, penyakit tenggorokan atau sedang menstruasi biasanya ditunda oleh ahli bedah atau ahli anestesi. Pasien yang akan dilakukan pembedahan harus dibawa ke tempat tepat pada waktunya. Tidak dianjurkan terlalu cepat, sebab jika terlalu lama menunggu akan menyebabkan pasien menjadi gelisah dan cemas.

BAGIAN 12

PERAN BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN VAKSIN, OBAT-OBATAN DAN TERAPI INOVATIF

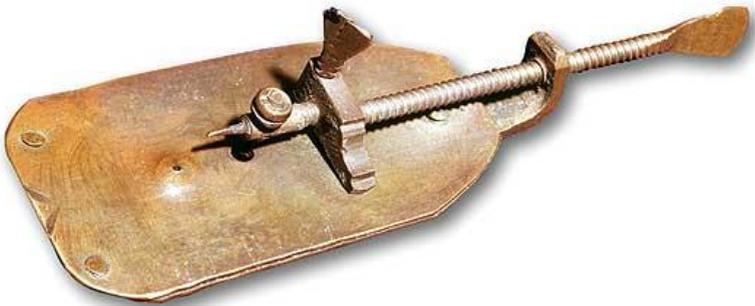
A. SEJARAH PERKEMBANGAN BIOMEDIK

Penyakit merupakan istilah medis yang merujuk kepada gangguan dalam fungsi tubuh yang menghasilkan ketidakseimbangan dalam tubuh. Hal tersebut merupakan masalah yang tidak dapat dihindari oleh manusia sejak zaman dahulu hingga saat ini. Oleh sebab itu, upaya dalam pencegahan dan pengobatan penyakit terus dikembangkan. Dahulu upaya pengobatan penyakit didasarkan pada pengalaman (empiris) dan deduksi, bahkan tak jarang merujuk ke arah mistis yang dipengaruhi oleh kepercayaan-kepercayaan tertentu di masyarakat. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membuka cakrawala baru dalam bidang kesehatan/kedokteran.

Sejak zaman kedokteran Yunani, para ilmuwan telah melakukan autopsi baik pada binatang maupun manusia. Namun, mereka belum mampu untuk mengetahui hubungan antara penyakit dengan gejala atau perubahan yang terjadi pada organ tubuh saat autopsi. Pada tahun 1662 Rene Descartes (1596-1650) dalam bukunya menyampaikan ide-ide yang mengumpamakan tubuh manusia sebagai mesin yang dapat dianalisa dengan menggunakan ilmu alam. Giovanni Battista Morgagni (1632-1723) menerbitkan buku dengan judul “*De Sedibus et Causis Morborum*” (Perihal Lokasi dan Sebab Penyakit) pada tahun 1761. Buku tersebut memantik semangat para ilmuwan pada masa itu untuk lebih mendalami hubungan antara kelainan dan gejala penyakit yang ditimbulkan.

Marcelius Malphigi (1628-1694) dan Antonie van Leuwenhoek (1632-1723) pada waktu yang hampir bersamaan berhasil

mengembangkan dan memperkenalkan instrumen yang kemudian dikenal sebagai mikroskop. Instrumen tersebut digunakan untuk mengamati struktur jaringan dan organ tubuh. Penemuan mikroskop menjadi tombak awal era kedokteran modern. Kehadiran instrumen ini membuka jalan identifikasi sel dan jaringan yang mampu menjawab keterkaitan antara penyakit, mikroorganisme dan perubahan-perubahan yang terjadi.



Gambar 12.1 Mikroskop yang digunakan oleh Antonie van Leuwenhoek

Rudolph Virchow (1821-1902) menerbitkan sebuah buku berjudul "Die Cellularpathologie" (patologi seluler) pada tahun 1858. Buku tersebut menyatakan bahwa penyakit berasal dari perubahan sel normal. Buku ini memiliki hubungan yang erat dengan buku karya Morgagni, dimana Morgagni membahas tentang perubahan organ secara kasat mata sedangkan Virchow membahas tentang perubahan pada tingkat sel yang menyebabkan perubahan pada organ. Teori-teori tersebut menjadi mendorong Leopold Auenbrugger (1722-1809) mengembangkan teknik perkusi. Teknik perkusi ialah salah satu bentuk pemeriksaan fisik dengan cara mengetukkan jari untuk mengetahui perubahan yang dialami oleh jaringan di bawahnya.

Biomedik merupakan cabang ilmu kedokteran yang menggunakan asas dan pengetahuan dasar ilmu-ilmu alam (fisika, kimia, biologi)

untuk menjelaskan fenomena-fenomena kehidupan yang terjadi mulai dari tingkat sel, jaringan, organ, organisme dan hubungannya dengan penyakit serta pengembangan cara yang tepat untuk pencegahan dan atau pengobatannya.

B. PERAN BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN VAKSIN

Dalam beberapa tahun terakhir, vaksin menjadi topik yang hangat dibicarakan di masyarakat. Bukan hanya di Indonesia, tetapi juga di seluruh dunia. Hal ini disebabkan karena pandemi covid yang mewabah secara serempak di berbagai negara. Vaksin merupakan substansi biologis berupa antigen atau mikroorganisme yang dilemahkan (vaksin aktif) atau dimatikan (vaksin inaktif) yang bila diberikan kepada individu sehat dapat memicu terbentuknya kekebalan spesifik secara aktif terhadap penyakit tertentu. Proses pemberian vaksin disebut vaksinasi. Vaksinasi dapat diberikan melalui suntikan maupun diteteskan ke dalam mulut.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi juga memberi pengaruh terhadap penemuan dan pengembangan vaksin. Hingga kini telah dikembangkan vaksin generasi keempat. Vaksin generasi pertama dan kedua disebut juga sebagai vaksin konvensional. Vaksin generasi ketiga disebut sebagai vaksin rekombinan/subunit, sedangkan vaksin generasi keempat disebut sebagai vaksin DNA.



Gambar 12.2 Jalur pemberian vaksin

Vaksin yang pertama kali ditemukan adalah vaksin smallpox. Vaksin ini diperkenalkan oleh Edward Jenner (1749-1823) pada tahun 1796. Vaksin ini diperoleh dari nanah pada lesi para pemerah susu sapi yang terinfeksi *cowpox*. Nanah tersebut ditularkan kepada anak berusia 8 tahun. Enam minggu setelahnya, Edward Jenner kemudian mengambil nanah pada lesi orang yang terkena *smallpox* kemudian diberikan kepada anak tsb. Setelah diamati, anak tersebut tidak tertular oleh smallpox. Sehingga ia menyimpulkan bahwa orang yang sudah tertular *cowpox* akan kebal terhadap *smallpox*.

Vaksin *smallpox* merupakan vaksin konvensional karena berisi sel utuh mikroorganisme. Vaksin jenis ini mampu menghasilkan imunitas cukup lama karena berhasil merangsang *humoral immunity* dan *cell-mediated immunity*. Namun penggunaan vaksin jenis ini seringkali menyebabkan terjadinya mutasi. Mutasi tersebut dapat mengubah mikroorganisme menjadi aktif kembali, bersifat virulen, menginfeksi dan menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan.

Kekhawatiran akan efek samping tersebut, membuat para ilmuwan berinovasi membuat vaksin yang berisi mikroorganisme yang telah diinaktivasi (dimatikan). Namun, penggunaan vaksin jenis ini lebih rumit jika dibandingkan dengan vaksin aktif. Hal ini dikarenakan vaksin jenis ini harus diberikan dengan suntikan, sedangkan vaksin inaktif dapat diberikan peroral atau intranasal. Selain itu kekebalan yang diinduksikan oleh vaksin inaktif biasanya berlangsung dalam waktu relatif singkat.

Tidak semua penyakit dapat dibuatkan vaksin dengan metode di atas, karenanya para ilmuwan terus melakukan penelitian guna mengembangkan metode pembuatan vaksin. Seiring dengan perkembangan rekayasa genetik khususnya dalam analisis materi genetik, maka dibuatlah vaksin subunit yang dibuat berdasarkan komponen spesifik yang bersifat imunogenik dari suatu patogen. Dr. Baruch Blumberg (1925-2011) merupakan seorang ilmuwan yang

sangat berjasa dalam penemuan vaksin hepatitis B. Ia mengamati perubahan yang terjadi pada orang yang terjangkit penyakit kuning. Setelah berhasil mengidentifikasi virus penyebab penyakit tersebut hingga ke tingkat genetik, maka ia beserta timnya mengembangkan vaksin anti-kanker pertama. Vaksin tersebut berhasil ditemukan pada tahun 1967.

Vaksin subunit memang lebih aman dibandingkan vaksin konvensional, namun vaksin ini kurang protektif dan imunogenik. Hal ini disebabkan karena jenis vaksin ini kurang efektif dalam menginduksi respon kekebalan *host* dibanding dengan vaksin yang berisi sel utuh (*whole cells*). Disamping itu, vaksin subunit membutuhkan dosis yang tinggi dengan beberapa kali booster yang seringkali juga harus ditambahkan adjuvant.

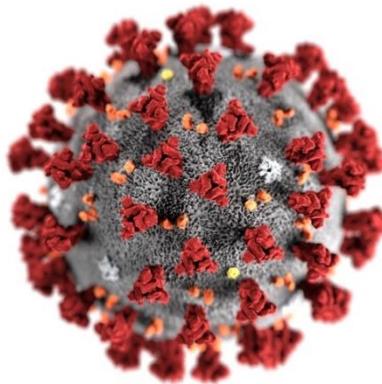
Teknologi vaksin asam nukleat (mRNA dan DNA) menjadi alternatif pilihan yang lebih stabil, aman dan mudah diproduksi jika dibanding dengan vaksin lainnya. Vaksin diekspresikan ke dalam sel inang menggunakan bahan genom. Vaksin berbasis mRNA mengandung mRNA yang mengkode antigen yang akan diterjemahkan oleh *host*. Keunggulan vaksin mRNA dibandingkan vaksin konvensional adalah tidak adanya integrasi genom, respon imun yang meningkat, perkembangan yang cepat, serta kemampuan memproduksi antigen *multimeric*.

Vaksin DNA umumnya terdiri dari molekul DNA plasmid yang mengkodekan satu atau lebih antigen. Vaksin ini lebih unggul dari vaksin mRNA dalam formulasi yang diperlukan untuk stabilitas dan efisiensi. Tidak seperti vaksin generasi pertama dan generasi kedua yang diproduksi dalam sistem kultur sel, vaksin berbasis asam nukleat dirancang secara *in silico*, yang memungkinkan pengembangan dan evaluasi efikasi vaksin yang cepat.

Covid-19 yang mewabah secara global pada tahun 2020 menjadi cambuk dalam inovasi penemuan dan pengembangan vaksin.

Ratusan kandidat vaksin berhasil ditemukan dan memasuki tahap preklinis. Normalnya, sebuah vaksin dapat dikembangkan selama belasan tahun. Namun karna kegawatdaruratan Covid-19, maka para ilmuwan, ahli bioteknologi, ahli biomedik, ahli bioinformatika, akademisi dan tenaga kesehatan seluruh dunia saling berkolaborasi untuk dapat menciptakan vaksin Covid-19. Beberapa contoh vaksin yang berhasil diciptakan adalah: vaksin Sinovac (vaksin inaktif), vaksin Novavax (vaksin subunit), vaksin Pfizeer (vaksin mRNA), vaksin Moderna (vaksin mRNA), vaksin CanSino (Vaksin mRNA), vaksin Inovio (vaksin DNA), dll.

Peran dari seorang peneliti ahli biomedik dalam pengembangan vaksin adalah untuk mengetahui mekanisme kerja mikroorganisme, bagaimana ia menginfeksi dan efek apa yang akan ditimbulkan pada hostnya, melakukan identifikasi mikroorganisme, berkolaborasi merancang vaksin, memastikan bahwa vaksin tidak bersifat toksik, dll. Tanpa Kerjasama yang kuat dari semua pihak, maka proses pembuatan vaksin menjadi hal yang sangat berat, bahkan mustahil.



Gambar 12.3 Virus Covid-19 yang menyebabkan pandemi Covid-19

C. PERAN BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN OBAT-OBATAN

Obat merupakan semua zat kimiawi, hewani maupun nabati yang dalam dosis tertentu dapat mencegah, meringankan atau bahkan menyembuhkan penyakit. Penggunaan bahan alam dalam hal ini tanaman sebagai obat telah digunakan sejak zaman prasejarah. Hal tersebut terungkap ketika penemuan kerangka berusia kurang lebih 50.000 tahun sekitar tahun 2012 di sebuah gua wilayah Spanyol Utara. Pada sampel tartar kerangka ini ditemukan butiran mikroskopik tanaman daun seribu dan *chamomile* yang merupakan tanaman rendah gizi namun kaya akan khasiat obat.

Dalam catatan Mesir Kuno *Papyrus Ebers* yang berusia kurang lebih 3600 tahun berisi berbagai jenis resep obat-obatan yang digunakan dalam pengobatan pada zaman tersebut. Relief *Karmawibhangga* pada candi Borobudur menggambarkan seorang lelaki yang mendapatkan perawatan dengan tanaman-tanaman herbal. Kitab *Pen Tsao* yang ditemukan di Lembah Sungai Kuning di China juga berisi tanaman-tanaman herbal asli China dan khasiatnya dalam pengobatan. Kitab *al-Qanun Fith Thib* dan *Mausu'ah Asy-Syifa'* karya Abu Ali al-Huseyn bin Abdullah bin Hasan Ali bin Sina atau yang kita kenal sebagai Ibnu Sina/Avicenna yang berisi resep obat, pengolahan dan penyimpanan bahan obat, penggunaan obat dan efek obat yang dapat muncul setelah penggunaannya.

Penggunaan tanaman sebagai bahan obat mulanya berdasarkan pengalaman/empirik bahkan kadang dihubungkan dengan kepercayaan tertentu/mistik dengan mengamati efek yang dihasilkan oleh obat tersebut. Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, perkembangan penemuan dan pengembangan obat pun ikut berkembang. Paracelsus (1541-1493 SM) merupakan ilmuwan pelopor ilmu kimia farmasi. Ia berpendapat bahwa untuk membuat sediaan obat perlu pengetahuan kandungan zat aktifnya

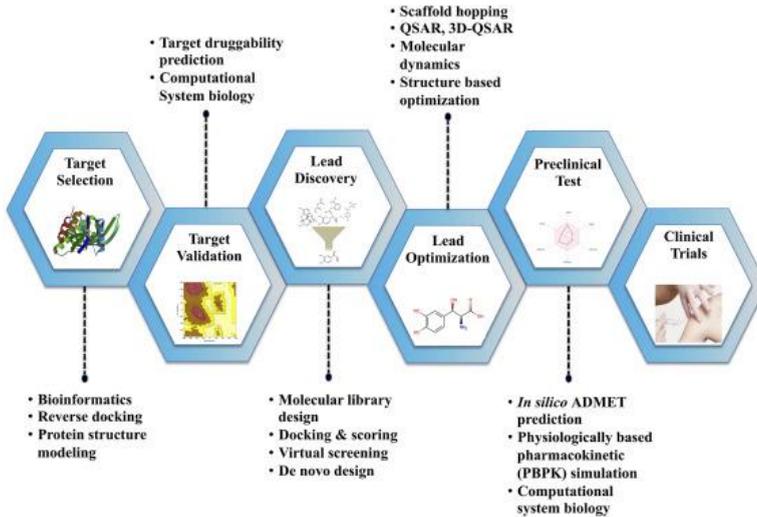
dan dia membuat obat dari bahan yang sudah diketahui zat aktifnya. Hal tersebut mendorong ilmuwan untuk mengisolasi senyawa obat dari berbagai tanaman yang dipercaya memiliki khasiat obat, seperti: morfin, kinin, sinkonin, strihnnin dan brusin.

Alexander Flemming (1881-1955) merupakan ilmuwan yang berhasil menemukan Penicilin pada tahun 1928. Penemuan ini menandai awal mula era antibiotik. Dimana zaman itu pusat-pusat kesehatan dipenuhi pasien infeksi yang tidak dapat disembuhkan dengan menggunakan pengobatan yang ada. Antibiotik sendiri merupakan senyawa yang diproduksi oleh bakteri/jamur yang mampu menghambat atau membunuh mikroba pesaing. Penisilin ini kemudian digunakan untuk terapi pneumonia dan gonorea. Penemuan ini menjelaskan perilaku orang Mesir Kuno yang mengoleskan roti berjamur di atas luka yang terinfeksi.

Pengembangan obat zaman sekarang bukan lagi berdasarkan asumsi dan pengamatan dengan mata telanjang, melainkan melalui penelitian panjang. Disamping itu juga diperlukan kolaborasi dari berbagai ahli dalam pengembangan kandidat obat baru. Ilmu biomedik digunakan untuk memahami bagaimana tubuh manusia bekerja pada tingkat seluler dan molekuler. Termasuk didalamnya analisis sampel biologis untuk mengidentifikasi penyakit dan strategi pengembangan obat.

Para ilmuwan mulai berbondong-bondong melirik kandungan bahan-bahan obat tradisional untuk selanjutnya dilakukan skrining untuk menemukan *lead compound* dalam riset *drug discovery* dengan menggunakan teknik komputasi/*Computer aided drug design/in silico*. Adapun metode-metode yang sering digunakan adalah: penapisan acak, *ligand-based drug design (LBDD)*, *structure-based drug design* dan *de novo design*. Riset *drug discovery* berkembang dengan pesat dikarenakan munculnya spesies-spesies

superbug atau mikroba yang resisten terhadap antibiotic tertentu. Hal inilah yang mendorong ilmuwan untuk menemukan jenis obat baru yang mampu mengatasi superbug tersebut.



Gambar 12.4 Alur pengembangan kandidat obat baru

D. PERAN BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN TERAPI INOVATIF

Pada zaman dahulu, ada seseorang yang menderita sakit kepala hebat. Segala jenis pengobatan telah dilakukan, namun sakit kepala tersebut tak kunjung reda. Saking sakitnya, ia pun berjalan secara sempoyongan hingga terjatuh dan kepalanya membentur benda keras hingga berdarah. Anehnya, ia merasa bahwa sakit kepalanya mereda. Sejak saat itu muncul terapi pengobatan dengan menekan/menusuk bagian tertentu pada tubuh. Terapi tersebut dinamakan akupunktur.

Akupunktur adalah salah satu metode pengobatan dengan cara menusukkan jarum ke titik-titik aku- punktur tubuh. Pengobatan ini telah dikenal oleh bangsa China sejak 5000 tahun yang lalu. Pada

saat itu akupunktur dilakukan dengan menekan bagian tertentu pada tubuh menggunakan batu atau bambu runcing. Alat yang digunakan kemudian berubah seiring dengan perkembangan zaman yaitu dengan menggunakan duri tanaman, tulang ikan dan akhirnya menggunakan jarum dari perunggu. Sejarah tersebut tertulis dalam kitab *Huangdi Neijing*. Selain konsumsi obat dan akupunktur dalam upaya terapi penyakit, juga terdapat terapi lain, yaitu: meditasi, bekam, yoga, reiki, taichi, reflexology, diet, aromatherapy, dll.

Kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan dalam bidang biologi molekuler dan bioteknologi mendorong ilmuwan dan ahli medis untuk terus berinovasi dalam upaya peningkatan kualitas kesehatan masyarakat. Beberapa dekade terakhir, ilmuwan sedang mengembangkan *stem cell* (sel punca) sebagai terapi modern pengobatan berbagai penyakit. Penggunaan *Stem Cell* sebagai terapi dikarenakan *Stem Cell* memiliki kemampuan untuk melakukan *self renewal*, terdiferensiasi maupun terspesialisasi.

Stem cell atau sel punca pertama kali diperkenalkan oleh Alex Under Maksimov (1874- 1928), seorang ahli histologi asal Rusia pada kongres hematologi tahun 1908 di Berlin. Sel punca adalah sel yang menjadi awal mula dari pertumbuhan sel lain yang menyusun keseluruhan tubuh organisme, termasuk manusia. Penelitian *stem cell* terus dikembangkan untuk terapi berbagai jenis penyakit, khususnya penyakit *degenerative* dan kelainan hematologi. Secara garis besar aplikasi *stem cell* di bidang kedokteran dapat dibagi menjadi tiga: yaitu: autotransplantasi, allotransplantasi dan xenotransplantasi.

Autotransplantasi adalah ketika donor dan resipien merupakan orang yang sama, sehingga tidak melibatkan sumber sel punca dari orang lain maupun spesies lain. Dengan demikian, penolakan dari sistem kekebalan tubuh resipien tidak terjadi. Sumber sel punca untuk autotransplantasi yang banyak diaplikasikan dapat berasal dari darah

tepi, sumsum tulang dan darah tali pusat. Berbagai penyakit telah dapat diterapi dengan autotransplantasi sel punca dan menunjukkan hasil yang baik, antara lain: penyakit jantung iskemik kronis, *critical limb ischemia* pada penderita diabetes mellitus, penyakit tulang rawan sendi lutut dan kanker, terutama kanker darah, serta penyakit-penyakit autoimun.

Allotransplantasi ialah ketika donor dan resipien merupakan orang yang berbeda. Masalah yang sering muncul pada teknik ini adalah munculnya penolakan dari resipien terhadap sel donor. Teknik ini digunakan ketika pasien memiliki bakar yang luas, atau pasien lansia dengan penyakit sistemik. Xenotransplantasi ialah ketika donor dan resipien berasal dari spesies yang berbeda. Teknik ini belum dapat diterima oleh semua kalangan dikarenakan belum sempurnanya pembuktian mekanisme dan kemungkinan efek samping yang belum diketahui. Penggunaannya ditujukan pada penyakit-penyakit yang relatif berat dan belum ada alternatif terapi kausatif. Xenotransplantasi dari sel punca fetus kelinci memperlihatkan kemajuan yang cukup mengagumkan untuk penderita *down syndrome*.

Selain *stem cell*, terapi gen dan *nanomedicine* juga dikembangkan dan digunakan dalam terapi penyakit. Terapi gen merupakan suatu teknik terapi yang digunakan untuk memperbaiki/mengoreksi gen-gen tidak normal yang menyebabkan penyakit. Target terapi gen ada dua, yaitu *somatic cell gene therapy* (sel tubuh) dan *germ line cell gene therapy* (sel embrional). Ada dua metode terapi gen, yaitu *In vivo* dan *ex vivo*. Metode *in vivo* yakni virus yang berisi gen baru disuntikkan ke dalam tubuh pasien. Metode *ex vivo* yaitu sebagian darah/sumsum tulang pasien diambil dan dibiakkan dalam laboratorium untuk kemudian dikenalkan dengan gen baru dan dimasukkan kembali ke tubuh pasien. Pengobatan dengan terapi gen digunakan untuk imunoterapi, viro onkolitik dan transfer gen.

Terapi gen banyak digunakan untuk terapi kanker payudara, kanker paru-paru, kanker leher, kanker kepala, tumor otak, dll.

Nanomedicine ialah teknologi medis yang menggunakan material berukuran nano untuk pengobatan dan pencegahan penyakit. Teknologi ini memberi peluang pengobatan yang lebih efektif dan efisien. Hal tersebut dikarenakan obat akan langsung dikirimkan secara spesifik ke sel/jaringan target. Pemanfaatan nanopartikel dalam terapi kanker bertujuan untuk meningkatkan bioavailabilitas dan distribusi obat, memperbaiki targeting dan release obat ke sel tumor. Pemanfaatan nanopartikel juga memungkinkan deteksi dan terapi kanker lebih dini dengan cara noninvasif

BAGIAN 13

ETIKA DALAM PENELITIAN BIOMEDIK

A. PENDAHULUAN

1. Sejarah Penelitian Biomedik

Sekitar tahun 500 SM Hippocrates menyatakan bahwa seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, meningkat pula penelitian biomedik terutama yang berkaitan manusia. Atas dasar itu, diperlukan kesepakatan dan regulasi untuk memastikan bahwa manusia sebagai subjek penelitian biomedik diperlakukan secara manusiawi. Sejarah mencatat sebuah sejarah kelam penelitian di bidang kedokteran di benua Eropa pada Abad Pertengahan. Saat itu, tawanan manusia diperbolehkan untuk menjadi subjek penelitian medis dengan alasan hasilnya bisa bermanfaat bagi manusia. Namun, fakta itu akhirnya ditepis dan dianggap sebagai pembunuhan.

Sejarah Tuskegee, Alabama, USA mencatat bahwa studi sifilis dari tahun 1932 hingga 1972 mempelajari 399 penderita sifilis. Namun penelitian ini hanya dilakukan pada orang kulit hitam (ras tertentu saja), miskin, dan buta huruf. Pelanggaran penelitian biomedik ini terjadi karena tidak ada subjek penelitian (manusia) yang diberi tahu apakah mereka menderita sifilis dan tidak ada yang ditawarkan pengobatan selain pengobatan dengan sifilis ringan. Nyatanya, pada tahun 1943, ketika penisilin ditemukan, mereka tidak diobati dengan antibiotik ini. Subyek penelitian tidak diberikan Pencillin agar penelitian dapat dilanjutkan dan hasilnya tidak bias. Tidak semua subjek penelitian setuju.

Puncak pelanggaran etik penelitian medis/kesehatan terjadi ketika otoritas Nazi (Jerman: Nationalsozialismus) sedang melakukan penelitian terhadap tawanan perang saat itu terhitung sejak tahun

1940 hingga 1945, di penjara Auschwitz, Polandia, terjadi kasus serius pelanggaran etika penelitian oleh seorang yang meneliti genetika anak kembar dan kerdil dengan cara dikelompokkan berdasarkan usia dan jenis kelamin dan disekap di barak selama penelitian. Anak-anak tersebut disuntik dengan pewarna ke dalam mata untuk melihat perubahan warna matanya.

Sekitar tahun 1960-an, khususnya di Amerika Serikat, dilaporkan contoh penelitian medis yang tidak etis di mana para sukarelawan, terutama mereka yang rentan atau sakit parah, dilaporkan diperlakukan dengan tidak hormat dan menghadapi risiko paparan berbahaya di sebuah rumah sakit di Brooklyn di mana pasien lanjut usia yang cacat disuntikkan sel kanker hidup dengan status ketidakjelasan apakah sebelumnya diminta persetujuan. Sebuah sejarah kelam juga terjadi di Willowbrook yaitu sebuah studi tentang percobaan pencarian obat hepatitis C dengan cara menyuntikkan/memaparkan langsung pada subyek anak-anak dengan keterbelakangan mental.

2. Dasar Etik Penelitian Biomedik

Mengacu pada beberapa kasus pelanggaran etika dalam penelitian biomedik, maka diterbitkan beberapa panduan yang membahas etika khusus bidang penelitian biomedik/kedokteran, seperti Kode Nuremberg yang merupakan kode etik internasional pertama sebagai pedoman penelitian klinis yang menggunakan subyek manusia melarang sebuah eksperimen yang dapat mencederai terlebih hingga mengakibatkan kematian, selain itu data pra-klinis sebelumnya wajib untuk dimiliki.

Deklarasi *World Medical Association* atau Deklarasi Helsinki menegaskan bahwa etika penelitian harus mengacu pada persetujuan subyek penelitian, kerahasiaan data, kelompok rentan, dan beberapa persyaratan yang telah ditinjau oleh komite etik. Dalam rangka

mewadahi antusiasme penelitian pada industri farmasi, *The Council for International Organizations of Medical Sciences* (CIOMS) bekerja sama dengan *World Health Organization* (WHO) mengembangkan "Panduan Etika Internasional untuk Penelitian Biomedis yang Melibatkan Subyek Manusia" pada tahun 1982. Beberapa panduan telah dikeluarkan, antara lain:

- a. Kode Nuremberg Tahun 1947 :
- b. Deklarasi *World Medical Association* (WMA)
- c. Deklarasi Hak Asasi Manusia 1964

Teknis dan Protokol penelitian diatur dalam pedoman berikut :

- a. *Good Clinical Practice* (GCP) oleh WHO
- b. *World Medical Association* (WMA) dan
- c. Pedoman *Ethical Review Committee* (ERC)

3. Prinsip Etik Penelitian Biomedik

Menurut Beauchamp dan Childress prinsip etik pada penelitian biomedik dirumuskan menjadi 4 yaitu :

- a. Menghormati orang (*respect for person*)
 - 1) Yang perlu diperhatikan dari menghormati dan menghargai orang lain, yaitu :
 - a) Pertimbangan penuh peneliti terhadap kemungkinan bahaya dan penyalahgunaan penelitian
 - b) Perlindungan terhadap subyek penelitian yang rentan terhadap bahaya
- b. Manfaat (*Beneficence*)

Manfaat yang diperoleh harus diusahakan sebesar-besarnya dan meminimalisir kerugian bagi subyek. Prinsip etik manfaat mempersyaratkan bahwa :

 - 1) Penelitian memiliki risiko wajar (*reasonable*)
 - 2) Pemilihan desain penelitian yang sesuai dengan persyaratan ilmiah (*scientific sound*)

- 3) Peneliti mampu melaksanakan penelitian juga wajib menjaga kesejahteraan bagi subyek penelitian
 - 4) Diikuti prinsip *do no harm* atau *non-maleficence* bagi subyek penelitian.
- c. Tidak membahayakan subyek penelitian (*non-maleficence*). yang berarti bahwa peneliti wajib menjamin keselamatan dari subyek penelitian.
- d. Keadilan (*Justice*)
Perlakuan yang diberikan untuk subyek penelitian harus seimbang antara manfaat dan risiko. Sebuah penelitian harus memahami terhadap subyek yang rentan.

B. UJI KLINIS PENGEMBANGAN OBAT

Pemasaran obat melalui proses pengembangan yang panjang, mulai dari penelitian laboratorium dilanjutkan menggunakan hewan coba hingga dengan mengikutsertakan manusia. Penelitian yang menggunakan manusia sebagai subyek bertujuan untuk menguji efek klinis, farmakologik serta farmakodinamik dari berbagai produk yang diteliti, sehingga dapat diidentifikasi setiap reaksi terjadi juga untuk mempelajari absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi untuk memastikan keamanan dari suatu obat. Tahapan yang dilalui dari pengembangan obat baru adalah melalui tahapan non-klinis sebelum memasuki tahapan registrasi obat.

Pada tahapan non-klinis, dilakukan pengujian obat meliputi uji *in vitro* dan *in vivo* pada hewan, terdapat 9 tahapan pengembangan Obat Pengembangan Baru:

1. Studi literatur
2. Penyusunan rencana penelitian
3. Penemuan molekul dan atau modifikasi obat baru meliputi sintesis, pemurnian, dan karakterisasi awal
4. Uji *in vitro* dan *in vivo* dengan laboratorium berstandar *Good Laboratory Practice* (GLP)

5. Uji pra klinis menggunakan hewan coba untuk melihat efek farmakologi dan toksikologi
6. Uji klinis fase I dimana produk obat telah diproduksi di laboratorium berstandar *Good Manufacturing Practice (GMP)*
7. Uji klinis fase II adalah studi dimana digunakan pembanding untuk menilai efektivitas obat dan untuk menentukan efek samping umum jangka pendek atau risiko yang berhubungan dengan obat. Pada fase ini dilakukan umumnya dengan melibatkan subyek sakit yang berjumlah relatif kecil
8. Uji klinis fase III studi lebih lanjut dengan menggunakan pembanding atau tanpa pembanding. Pada fase ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tambahan mengenai efektivitas dan keamanan yang dibutuhkan untuk menilai risiko dan manfaat. Subyek sakit yang dilibatkan pada uji klinik fase 3 melibatkan jumlah yang lebih banyak dari subyek fase 2.
9. Uji Klinis fase IV adalah studi terhadap obat yang telah dipasarkan di masyarakat yang bertujuan untuk memperoleh profil efektivitas dan keamanan obat tersebut pada penggunaan yang sebenarnya.

C. ETIKA PENELITIAN MENGGUNAKAN HEWAN COBA, BAHAN BAKU TERSIMPAN DAN REKAM MEDIK

1. Hewan Coba

Panduan Etik penelitian Kesehatan menggunakan hewan coba dari berbagai negara telah disusun dan diatur mengenai tata cara pendayagunaan hewan untuk penelitian kesehatan yang harus dilakukan dengan cara menghormati kemaslahatan hewan sebagai makhluk hidup sesuai moralitas dan bertanggungjawab. Panduan Etik Penelitian Kesehatan menggunakan Hewan Coba secara teknis antara lain :

- a. Pemilihan spesies yang akan digunakan dalam penelitian
- b. Perawatan hewan coba selama penelitian

- c. Penggunaan sampel seminimal mungkin
- d. Hewan coba yang sudah tidak dapat digunakan kembali atau tidak dapat dipertahankan untuk hidup dan terpaksa dibunuh, maka harus dilakukan dengan cara yang bermatabat.

Penelitian yang menggunakan hewan coba harus mendapatkan keuntungan yang maksimum dan meminimalisir penderitaan bagi hewan coba. Kesejahteraan hewan menjadi aspek yang penting untuk digunakan selama penelitian karena keadaan hewan yang tidak sejahtera akan mengakibatkan hasil yang bias pada penelitian. Prinsip Dasar Etik Pelaksanaan Penelitian Biomedik menggunakan Hewan Coba adalah:

- a. Prinsip Etik Penelitian (*Respect, Beneficiary, Justice*)
 - 1) *Respect*, yaitu menghormati makhluk hidup (hewan coba)
 - 2) *Beneficiary*, yaitu bermanfaat bagi peneliti terlebih masyarakat
 - 3) *Justice*, yaitu bersikap adil dalam memanfaatkan hewan coba. Berikut adalah contoh sikap tidak adil yang ditimbulkan pada hewan coba antara lain :
 - a) Perlakuan hewan yang berulang kali dibedah
 - b) Pemakaian obat euthanasia yg menimbulkan rasa nyeri.
- b. Prinsip Etik Penggunaan Hewan Coba: 3R (*Reduction, Refinement, Replacement*)
 - 1) *Reduction*, yaitu pemanfaatan jumlah hewan sekecil mungkin
 - 2) *Refinement*, yaitu pemilihan metode yang mengurangi rasa nyeri
 - 3) *Replacement* dapat dibagi 2 yaitu Replacement relatif yaitu mengganti hewan coba dengan hewan dari ordo atau spesies yang lebih rendah dan Replacement absolut yaitu mengganti hewan coba dengan memakai kultur sel atau jaringan , dan menggunakan programming.

- c. Perlakuan terhadap Hewan: 5 F
- 1) *Freedom from hunger and thirst* (bebas dari rasa lapar dan haus)
 - 2) *Freedom from discomfort* (bebas dari ketidak nyamanan lingkungan yg sesuai dan bersih)
 - 3) *Freedom from pain, injury, and diseases* (bebas dari rasa sakit dan penyakit)
 - 4) *Freedom from fear and distress* (bebas dari ketakutan dan stress jangka panjang)
 - 5) *Freedom to express natural behaviour* (bebas untuk mengekspresikan tingkah laku yang alami)
- d. Etika penggunaan Hewan Coba :
- 1) Perlu adanya pertimbangan etik
 - 2) Hewan coba pada riset biomedik, biasanya terkait untuk riset lebih lanjut mengenai toksikologi, fisiologi, patologi, dan terapeutik
 - 3) Diizinkan apabila perlu dan mendesak untuk kepentingan pengembangan
 - 4) Pemeliharaan dan penanganan hewan coba harus dilakukan dengan baik, hal ini tidak hanya terkait pertimbangan etik tetapi juga berkaitan dengan kualitas hasil riset ilmiah
- e. Prinsip dasar etik penggunaan hewan coba
- 1) Pertimbangan mengenai relevansi terhadap kesehatan manusia atau hewan
 - 2) Meminimalisir jumlah yang digunakan dan tidak boleh melebihi kebutuhan diperlukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan
 - 3) Spesies hewan coba yang digunakan disarankan dari tingkat filogenik terendah yang masih memenuhi kriteria sebagai hewan coba
 - 4) Diperlakukan sebaik mungkin
 - 5) Meminimalisir perlakuan yang menimbulkan nyeri dan sakit.

- 6) Tim penilai (selain peneliti) wajib menentukan ambang batas nyeri yang ditimbulkan pada hewan
 - 7) Jika hewan coba tidak dapat dipertahankan hidup hewan harus dibunuh secara layak
 - 8) Pengawasan langsung oleh dokter hewan
- f. Ketentuan Khusus Penggunaan Hewan Coba
- 1) Bukan hewan liar
 - 2) Penanganan dan Pengangkutan yang layak
 - 3) Persyaratan Kandang hewan harus dipenuhi
 - 4) Terlindungi dari predator
 - 5) Jumlah makanan dan minuman harus diperhatikan
 - 6) Hewan harus tertata rapi dan disimpan dengan baik
 - 7) Pelajari terlebih dahulu sebelum menggunakan hewan coba
 - 8) Perlakuan ekstra pada hewan yang hamil
 - 9) Cara membunuh hewan coba yang manusiawi

2. Bahan Biologi Tersimpan (BBT)

Bahan Biologi Tersimpan (BBT) ialah produk sisa penelitian, sisa pelayanan kesehatan termasuk sisa dari tindakan diagnostik atau biopsi, tindakan pengobatan atau operasi maupun otopsi yang sengaja disimpan untuk pemeriksaan lanjutan atau pemeriksaan ulang. BBT dapat berupa spesimen klinis atau materi biologis seperti kultur sel, isolat, DNA yang disimpan dalam tempat dan suhu tertentu yang lingkungannya sudah dikondisikan. Terdapat dua jenis BBT, yaitu:

- a. BBT beridentitas dan BBT tidak beridentitas
- b. BBT *Anonim linked anonymised coded* (dianonimkan dengan kaitan) dan *unlinked anonymised* (dianonimkan tanpa kaitan)

BBT dapat disimpan dalam:

- 1) Histo-patologi (blok parafin)
- 2) RS/Lab Klinik /Lab Penelitian (dalam *freezer*)

Persetujuan etik tetap harus dilalui pada Penelitian menggunakan BBT. Secara ideal, subyek sudah memberikan persetujuannya (*informed consent*) ketika pertama kali sebelum penelitian dilakukan, meskipun pemeriksaan atau penelitian belum dilakukan dan waktunya belum ditentukan. Persetujuan etik untuk penggunaan BBT bertujuan untuk menjamin: Kehidupan (*life*), Kesehatan (*health*), Kesejahteraan (*welfare*), Keleluasaan pribadi (*privacy*), dan Martabat (*dignity*).

3. Rekam Medik

Penelitian yang bersumber pada data rekam medik tentunya harus memperhatikan prinsip-prinsip etik untuk memberikan jaminan data bahwa keuntungan yang didapat dari penelitian ini lebih tinggi daripada risiko yang dihasilkan, meskipun tidak menggunakan makhluk hidup secara langsung etika penelitian tetap harus diperhitungkan karena menyangkut kerahasiaan data dari responden. Sebagai pertimbangan etika dalam penelitian ini, peneliti meyakini bahwa responden dilindungi dengan menerapkan prinsip etik, yaitu *beneficence*, *confidentiality* dan *justice*.

1. *Beneficence*

Adalah memberikan keuntungan pada obyek penelitian, yang mana penelitian menggunakan Rekam Medik akan dilakukan *cross check* data untuk mengetahui data yang belum lengkap atau tidak sesuai

2. *Confidentiality*

Adalah menjaga kerahasiaan, seluruh data yang terkait data pasien/ responden yang ada pada Rekam Medik hanya menggunakan inisial dan digunakan untuk penelitian dan forum akademik.

3. *Justice*

Adalah suatu tindakan memberikan keadilan, misalnya pada penelitian suatu penyakit tertentu, maka sampel yang diambil haruslah secara *convenience* atau memilih sampel sesuai dengan

keinginan peneliti, sehingga responden yang termasuk ialah pasien dengan kriteria inklusi yang mempunyai kesempatan yang sama untuk jadi responden penelitian.

D. KELAYAKAN ETIK

Komisi Nasional Etik Penelitian Kesehatan (KNEPK) dibentuk sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1334/Menkes/SK/X/002 tanggal 29 Oktober 2002. Tugas KNEPK adalah melakukan kerjasama dengan semua lembaga di Indonesia yang melakukan penelitian kesehatan terutama mengikutsertakan manusia sebagai subyek penelitian. Seluruh penelitian biomedik wajib memiliki persetujuan dari komite etik, tanpa persetujuan tersebut maka seluruh hasil penelitian tidak dapat dipublikasi. Salah satu aspek penting dalam pengajuan etik ialah adanya informed consent (persetujuan responden penelitian setelah dilakukan penjelasan) dari manusia untuk memenuhi serangkaian penelitian.

"Consent" berasal dari bahasa latin yaitu *"consensio"* atau lebih lanjut dikenal dengan istilah *informed consent* yang artinya menyetujui atau memberikan wewenang baik dari lisan maupun tulisan yang menyetujui atas hal yang diberikan kepadanya, dalam konteks ini adalah menyanggupi sebagai responden penelitian.

Saat ini *informed consent* dibuat secara tertulis, yang mana diwajibkan oleh lembaga hukum guna melindungi pasien/ responden penelitian. Pasien atau calon responden penelitian berhak mendapat *informed consent* antara lain :

1. Hak memperoleh informasi atas tindakan yang diberikan
2. Hak memperoleh jawaban atas setiap pertanyaan yang diajukan
3. Hak untuk menolak tindakan yang diberikan
4. Hak untuk memilih cara/tindakan lain

Responden atau pasien dapat menuntut apabila seluruh tindakan dilakukan tidak dengan persetujuan terlebih dahulu., kemudian

apabila persetujuan yang telah diberikan namun pada praktiknya terdapat ketidaksesuaian maka responden/pasien dapat menuntut berdasarkan *lack of informed consent*.

Aspek tercantum dalam persetujuan setelah penjelasan *Informed Consent* yaitu:

1. Informasi yang mudah diterima dan dimengerti oleh orang awam
2. Informasi yang disampaikan berisi :
 - a. Latar belakang penelitian
 - b. Tujuan Penelitian
 - c. Alur penelitian
 - d. Waktu Penelitian
 - e. Jumlah Subyek yang diperlukan selama penelitian
 - f. Perlakuan terhadap subjek
 - g. Risiko yang mungkin ditimbulkan
 - h. Keuntungan yang diharapkan
 - i. Tindakan pengganti (alternatif)
 - j. Penjelasan kompensasi atau asuransi
 - k. Penjelasan terjaminnya kerahasiaan atas subyek
 - l. Nama jelas dan alamat penanggung jawab medis
 - m. Partisipasi dari subyek harus bersifat sukarela

BAGIAN 14

ISU KONTEMPORER DALAM BIOMEDIK

Biomedik adalah suatu bidang yang mencakup aspek biologis dalam kesehatan. Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan ilmu biosains tergolong spektakuler dengan semakin pesatnya laju inovasi pada jenis-jenis teknologi yang berbeda dan dapat dimanfaatkan di bidang kesehatan. Dibalik itu, isu-isu pun mengikuti perkembangannya yang pesat. Isu-isu tersebut sendiri dapat dikelompokkan dengan sistem dan nomenklatur yang mungkin berbeda-beda. Begitu banyak yang melihat isu terkini biomedik dari sudut pandang teknologi, baik dari segi riset dan pengembangannya maupun dari segi ketersediaan dan aksesnya. Isu ketersediaan dan akses teknologi biomedik merupakan juga isu yang sedang hangat dibicarakan baik dalam lingkup negara maupun dari sudut pandang yang melibatkan batas-batas antar-negara (global). Kesenjangan atau disparitas fasilitas kesehatan tersebut dapat digolongkan sebagai isu sosial. Teknologi mutakhir yang berkaitan dengan manusia, pun karena kebaruannya, seringkali menuai perbedaan pendapat tentang nilai etisnya. Nilai etis yang melatarbelakangi perkembangan teknologi terbaru pun tidak terlepas dari penyusunan peraturan-peraturan untuk menjamin hak dan keamanan masyarakat, tentunya di bidang kesehatan.

A. ISU KESEHATAN GLOBAL DAN REGIONAL

Kemunculan pandemi COVID-19 di akhir tahun 2019 seakan mengubah banyak kondisi terkait ketersediaan pendanaan, peralatan, dan tenaga kerja di bidang kesehatan di seluruh dunia. Selama ini, kesenjangan merupakan isu global dalam hal kesehatan masyarakat. COVID-19 pun telah menjadi bagian dari sejarah yang mendorong penurunan kesenjangan tersebut. Isu kesenjangan dapat

dibagi ke dalam isu global yang melibatkan negara dan benua, serta isu kesehatan dalam lingkup negara Indonesia yang melibatkan jangkauan fasilitas dan layanan kesehatan antar-wilayah.

1. Disparitas Fasilitas Penelitian dan Pelayanan Kesehatan

Disparitas atau kesenjangan dalam bidang kesehatan yaitu ketidakmerataan fasilitas maupun pelayanan kesehatan yang terjadi dalam konteks global (pada negara penghasilan rendah dan tinggi) maupun dalam konteks regional (pada masyarakat dari ras dan etnis minoritas, disabilitas, masyarakat yang hidup di wilayah terpencil, serta masyarakat berpenghasilan menengah ke bawah). Disparitas dalam fasilitas kesehatan merupakan salah satu faktor penting dalam mewujudkan pemerataan kesehatan dan penelitian medis.

Kesenjangan dalam ketersediaan fasilitas dan pelayanan kesehatan benar-benar menjadi perhatian terutama setelah kemunculan COVID-19. COVID-19 membuka kesadaran banyak pemimpin di berbagai batas geografis karena seolah menguji kesiapan dan ketidaksiapan negara-negara dalam menghadapi pandemi yang sedang maupun akan terjadi di kemudian hari.

Meskipun dalam hal jumlah dan kedalaman penelitian COVID-19 sendiri terdapat ketimpangan yang terjadi antara negara berpenghasilan tinggi dengan negara berpenghasilan menengah ke bawah, pemerataan fasilitas dan akses teknologi kesehatan sebetulnya menjadi lebih baik. Pandemi telah meningkatkan literasi dan pemahaman masyarakat dan pemangku kepentingan tentang urgensi ketersediaan fasilitas dan sumber daya kesehatan yang merata. Di Indonesia, ini dapat dilihat dari perluasan akses alat PCR yang awalnya digunakan untuk keperluan diagnosis COVID-19. Pemberitaan menunjukkan bahwa persebaran alat PCR oleh Pemerintah dan Swasta meliputi wilayah yang luas tidak hanya di wilayah Jawa dan Sumatera, namun juga mencakup wilayah yang biasanya tidak tersentuh seperti Nusa Tenggara hingga Papua.

Meskipun begitu, isu disparitas fasilitas dan sumberdaya di Indonesia masih menjadi isu kritis. Indonesia memang merupakan negara yang luas dengan banyak sekali wilayah yang sulit diakses baik di dalam satu pulau besar maupun antara pulau-pulau kecil. Hal tersebutlah yang menjadi faktor keterbatasan layanan baik berupa fasilitas, peralatan pendukung, maupun sumber daya manusia. Isu disparitas infrastruktur kesehatan pun masih akan berlanjut dan berefek di sektor kesehatan lainnya dan harus diatasi.

Menurut CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*), untuk mengatasi ketidakmerataan tersebut salah satunya dengan menghilangkan disparitas yang dapat dicegah. Dalam hal ini, disparitas kesehatan yang dapat dicegah terdiri atas populasi yang tidak mendapatkan fasilitas karena faktor geografis dan lingkungan, serta sosial dan ekonomi. CDC dalam hal ini menerapkan strategi CORE Cultivate, Optimize, Reinforce, Enhance) untuk mewujudkan ekuitas kesehatan:

a. *Cultivate*

Menumbuhkan pengetahuan dan kesadaran terhadap pemerataan kesehatan yang menyeluruh.

b. *Optimize*

Meningkatkan intervensi melalui kolaborasi baik dalam pelaksanaan survei, penyusunan, pengembangan dan penerapan strategi.

c. *Reinforce*

Memperluas dan memperkuat kemitraan yang kuat untuk menurunkan kesenjangan struktural dan sosial kesehatan.

d. *Enhance*

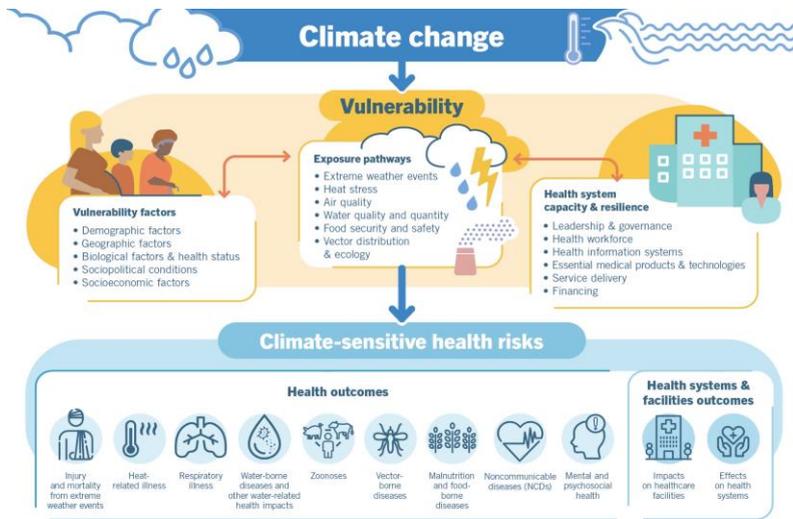
Meningkatkan kapasitas dan keterlibatan tenaga kerja melalui pemberian beasiswa maupun magang kepada masyarakat dari berbagai wilayah untuk menurunkan kesenjangan keahlian.

2. Perubahan Iklim dan Kesehatan Global

Perubahan iklim dan Kesehatan merujuk kepada perubahan atau pergeseran suhu dan pola cuaca yang mengakibatkan Krisis dan perubahan iklim merupakan topik yang saat ini paling sering dibicarakan dalam forum maupun organisasi global, diantaranya COP (*Conference of the Parties*) oleh *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), *Global Youth Forum on Health and Climate Change* yang diadakan oleh WHO (*World Health Organization*), IFMSA (*International Federation of Medical Students' Associations*), dan GCHA (*Global Climate and Health Alliance*), hingga *World Economic (WE) Forum*.

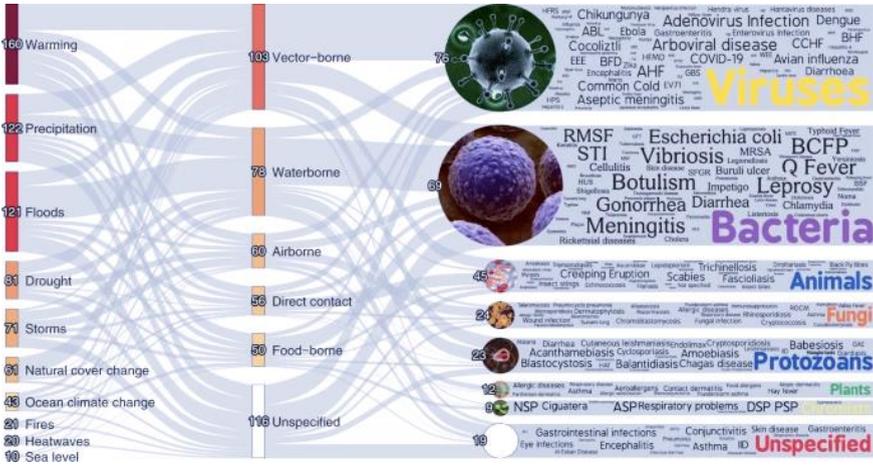
Menurut WHO, diperkirakan akan terjadi peningkatan sekitar 250.000 kematian per tahun (2030-2050) karena malnutrisi, malaria, diare, dan tekanan panas sebagai akibat dari perubahan iklim. Perubahan iklim memiliki pengaruh langsung maupun tidak langsung yang signifikan terhadap penentu kesehatan sosial dan lingkungan, yaitu dalam hal Ketersediaan air bersih, Air minum yang aman, Makanan yang cukup, dan Tempat berlindung yang aman. Oleh karena itu, Perubahan Iklim juga disebut-sebut sebagai ancaman terbesar terhadap kesehatan.

Lebih lanjut menurut WHO, terdapat beberapa resiko kesehatan karena perubahan iklim, diantaranya kecelakaan dan kematian karena cuaca ekstrim, penyakit yang berkaitan dengan cuaca panas, gangguan pernafasan, *water-borne diseases* (penyakit yang ditularkan dari air), zoonosis (penyakit yang berasal dari hewan), penyakit yang ditularkan oleh hewan vektor/perantara, malnutrisi dan penyakit yang ditularkan melalui makanan, *Non-communicable diseases* (NCDs), dan kesehatan mental serta psikososial.



Gambar 14.1. Faktor Resiko dan Kerentanan Kesehatan Akibat Perubahan Iklim (WHO, 2021).

Selain itu, banyak penyakit infeksi yang riskan berpengaruh terhadap perubahan iklim. Selain dapat memperparah ratusan penyakit, perubahan iklim juga digadang-gadang sebagai faktor yang meningkatkan ancaman kemunculan penyakit baru. Salah satu penelitian yang diterbitkan oleh *Nature Climate Change* menganalisis efek gas rumah kaca terhadap penyakit menular pada manusia dan menemukan bahwa 58% diantara penyakit tersebut diperparah oleh krisis iklim.



Gambar 14.2 Hubungan antara jenis patogen pada manusia dan faktor iklim yang memperparahnya (Mora et al., 2022).

Sistem kesehatan, memiliki hubungan sebab akibat yang begitu terikat dengan perubahan iklim. Tidak hanya sebagai sektor yang terdampak, menurut WE Forum (2022), sektor perawatan penyakit bertanggung jawab atas rata-rata lebih dari 4% emisi gas rumah kaca di seluruh dunia. Sejalan dengan hal tersebut, Program Kesehatan pun diluncurkan pada COP26 UNFCCC untuk pertama kalinya dengan fokus komitmen untuk menciptakembangkan sistem kesehatan yang tahan iklim dan rendah karbon.

3. Misinformasi dan Disinformasi Medis

Digitalisasi dan keterbukaan informasi, terutama yang berkaitan dengan kesehatan, memiliki dampak positif maupun negatif. Positifnya, setiap orang dapat mengakses informasi kesehatan yang berbasis bukti ilmiah dan empiris, tanpa dibatasi oleh wilayah dan waktu. Akan tetapi, kesalahan informasi yang disajikan baik disengaja maupun tidak, akan menimbulkan keinginan bagi individu tertentu untuk mencoba metode perawatan kesehatan yang tidak tepat, tidak efektif, atau bahkan berbahaya. Akibat terburuk dari misinformasi dan disinformasi medis diantaranya adalah interpretasi yang sesat

terhadap bukti yang tersedia, dampak negatif terhadap kesehatan mental, keengganan vaksinasi, hingga alokasi sumberdaya kesehatan yang tidak tepat sasaran.

Keterbukaan informasi karena digitalisasi memicu terbentuknya infodemi (*infodemic*) yaitu penyebaran informasi akurat dan tidak akurat terhadap isu-isu tertentu. Infodemi kesehatan, tentunya berasal dari pengetahuan dan budaya ilmiah yang rendah di tengah masyarakat. Hal tersebut mendukung potensi kemunculan informasi yang salah dan bisa jadi disebarluaskan baik oleh masyarakat umum atau dapat pula oleh *influencer*, pemimpin opini, ataupun mereka yang memiliki posisi strategis sehingga dipercaya di antara golongan tertentu di tengah masyarakat, ketika budaya ilmiah masyarakat secara umum rendah. Penyebarannya dapat terjadi melalui platform sosial media, media tradisional, media massa, dan grup tertutup yang mendukung terbentuknya *echo chamber* terkait misinformasi medis.

Bukti empiris (sesuai percobaan dan observasi) atau yang bersifat ilmiah memiliki nilai penting. Jika berkaitan dengan pengobatan alternatif yang bersifat tradisional pun diatur oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 15 tahun 2018 tentang Penyelenggaraan Pelayanan Kesehatan Tradisional Komplementer. Dalam peraturan tersebut, disebutkan bahwa setiap jenis pengobatan alternatif/komplementer haruslah memiliki manfaat dan kegunaan yang terbukti secara ilmiah maupun empiris, serta memiliki asal yang dapat dipertanggungjawabkan.

B. TEKNOLOGI TERBARU DALAM ILMU BIOMEDIS DAN ASPEK ETIS

Perkembangan ilmu biomedis melibatkan perkembangan teknologi secara umum, dan bioteknologi secara khusus. Sebut saja teknologi biokimia enzimatik pada *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dan *Sequencing by Synthesis*. Keduanya berperan dalam diagnosis penyakit dan mengungkap akar masalah dari penyakit infeksius dan

genetis. Selain itu, teknologi digital yang digunakan sebagai wadah pertukaran informasi pun dimanfaatkan dalam bidang kesehatan khususnya genomik dan telemedicine. Dengan adanya teknologi yang melibatkan aspek yang lebih luas dari biasanya pun membutuhkan dukungan terhadap aspek etis yang terlibat. Contoh dari aspek etis dapat berupa keamanan data, penggunaan bahan tertentu dalam pengobatan, persetujuan pasien (*Informed consent*) terhadap perawatan tertentu, dan lainnya.

Berikut adalah beberapa teknologi termutakhir dalam ilmu biomedis:

1. Teknologi *Stem-Cell*

Stem-cell atau sel punca merupakan sel manusia yang memiliki kemampuan khusus untuk berkembang menjadi berbagai jenis sel. Sel punca dapat menjadi sel otot, sel kulit, sel otak, dan lainnya, digunakan untuk memperbaiki jaringan yang rusak. Terdapat dua bentuk utama sel punca, yaitu sel punca embrionik yang bersifat pluripoten dan sel punca dewasa yang bersifat multipoten. Pluripoten berarti sel dapat berkembang menjadi semua jenis sel di dalam tubuh, sedangkan multipoten artinya sel hanya dapat berkembang menjadi jenis sel tertentu. Sel-sel tersebut ditumbuhkan di laboratorium untuk kemudian diharapkan agar terdiferensiasi membentuk jenis sel tertentu dengan memodifikasi komposisi biokimiawinya atau dengan mengatur ekspresi gen tertentu.

Pembuatan iPSC (*induced Pluripotent Stem Cell*) biasanya melibatkan sel-sel terdiferensiasi yang diprogram ulang. Akan tetapi, iPSC memiliki memori epigenetik yang lebih banyak daripada Embryonic Stem-Cell, dan memiliki efisiensi pluripotensi yang lebih rendah, sehingga ESC dianggap sebagai golden standard untuk Stemcell. Akan tetapi, ESC melibatkan isu etis karena dalam pembuatannya harus mengorbankan embrio manusia.

2. Teknologi Anti-aging

Teknologi Anti-aging atau anti-penuaan merupakan salah satu topik yang banyak diteliti saat ini. Yang terbaru, pengembangan obat anti-senolitik yang dikembangkan untuk menghambat penuaan. Penuaan terjadi karena berhentinya siklus sel sebagai respon terhadap rangsangan yang merusak dan menyebabkan terbentuknya sel-sel tua. Peristiwa ini disebut sebagai senescence. Obat senolitik adalah golongan obat yang secara menghambat senescence, membunuh sel tersebut hingga dapat digantikan oleh sel-sel baru yang sehat. Obat tersebut telah diuji pada hewan model dan memiliki hasil positif sebagai anti-penuaan.

Namun dibalik hasil tersebut, adanya pengobatan yang menghambat penuaan diramalkan akan mempengaruhi laju penuaan populasi manusia di masa depan. Enam argumen etis menentang obat anti-penuaan berikut disajikan dan dievaluasi:

- a. Ketidaksetaraan: jutaan orang miskin mati muda, sementara orang kaya menolak untuk menua;
- b. Menyangkal kekekalan penuaan;
- c. Mendominasi alam, mengubah dan mengkomodifikasi diri kita sendiri;
- d. Overpopulasi: masalah daya dukung dan hak orang yang akan dilahirkan di masa depan;
- e. *Ennui*: tanpa tenggat waktu alami, hidup itu sendiri melebihi nilainya;
- f. Ageisme: prasangka terhadap yang tua dan yang muda.

Selain argumen yang menolak tersebut, juga ada argumen yang mendukung, di antaranya (Mackey, 2003):

- a. *Beneficence*: kewajiban untuk menjaga kesehatan dan mencegah penyakit dan kematian;
- b. Efisiensi: memperlambat penuaan akan mengurangi tingkat semua penyebab kematian paling umum di masyarakat maju;

- c. Otonomi terbatas: kebebasan untuk membeli obat anti-penuaan yang mungkin berhasil atau tidak, selama tidak berbahaya;
- d. Kualitas hidup yang lebih baik: lebih aktif, lebih sehat, dan lebih bijaksana (dua proposisi yang mendukung argumen ini - bahwa obat anti-penuaan akan memungkinkan lebih lama, lebih aktif, lebih sehat, dan kehidupan yang lebih penuh dan kebijaksanaan itu berasal dari pengalaman, bukan penuaan - juga disajikan dan dievaluasi).

3. Proyek Genom dan Keamanan Data

Genom adalah keseluruhan informasi genetik yang dimiliki suatu organisme. Genom manusia merupakan aspek yang kompleks dan penting dari biologis dan kedokteran. Genom individu berbeda antara satu dengan lainnya. Pengurutan/Sekuensing genom manusia dapat membantu kita memahami sistem biologis yang kompleks pada tubuh individu. Proyek Genom Manusia dimulai pada tahun 2001 dan sangat membantu memahami fungsi serta variasi genom manusia.

Saat ini, proyek genom manusia dianggap dapat bermanfaat untuk meningkatkan efektivitas pengobatan dan menciptakan ketepatan diagnosis dan pengobatan penyakit, mendeteksi mekanisme genetik penyakit, memberikan pelayanan medis yang lebih personal, pengembangan obat dan terapi baru, peningkatan pemahaman evolusi manusia serta bermanfaat dalam ilmu forensik. Di sisi lain, proyek genom berbahaya karena informasi genom individu dapat disalahgunakan yang berujung pada pelanggaran privasi, hingga pembuatan pengembangan senjata biologis yang menyasar populasi manusia tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas AK, Aster JC, Kumar V. 2015. Buku Ajar Patologi Robbins. Edisi 9. Singapura: Elsevier Saunders.
- Adrianto, H. (2019). Buku Ajar Biologi Sel dan Molekuler . Deepublish Publisher.
https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=YIOYDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=biologi+%2B+N.+Campbell+%5Bbuku%5D&ots=9hc4vgzhi5&sig=1XoFu0LR5VqPVUjBqmQwLDiWKc8&redir_esc=y#v=onepage&q=biologi+%2BN.+Campbell+%5Bbuku%5D&f=false
- Agus, R. (2018). Dasar-Dasar Biologi Molekuler (A. G. R. Chakti (ed.)). Celebes Media Perkasa.
- Ahn, D.G. et al. 2020. Current Status of Epidemiology, Diagnosis, Therapeutics, and Vaccines for Novel Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Journal of microbiology and biotechnology*: 30(3), pp. 313–324
- Aisyah, R., Mahmudah, N., & Risanti, E. D. (2019). *Biologi Molekuler*. Muhammadiyah University Press.
- American Psychological Association. (2002). "2010 Amendments to the American Psychological Association ethical principles of psychologists and code of conduct.". Retrieved April 30, 2012.
- Andayani, Dwiana. (2017). *Regulasi Pengembangan Obat di Indonesia*. Badan Pengawas Obat dan Makanan: Jakarta
- Anderson, P.D. (1999). *Anatomi fisiologi tubuh manusia*. Jones and Barret publisher Boston. Edisi Bahasa Indonesia. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Anwar, T., Pawan K., dan Asad U. K. 2021. Chapter 1 - Modern Tools and Techniques in Computer-Aided Drug Design. Online book:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128223123000114?via%3Dihub>

Apa itu Ekuitas Kesehatan? | Pemerataan Kesehatan | CDC. Published March 21, 2023. Accessed June 30, 2023. <https://www.cdc.gov/healthequity/whatis/index.html>

Apipudin. (2017). Penatalaksanaan Persiapan Persiapan Peroperatif Di Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Ciamis. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Keperawatan*, 13(1), 2-7.

Arendt, D., 2021. Elementary Nervous Systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376(1821), p.20200347.

Artini, I G A. 2013. Peranan Nanopartikel Dalam Penatalaksanaan Kanker di Era Targeting Therapy. *Indonesian Journal of Cancer* Vol. 7, No. 3

Avasthi A, Ghosh A, Sarkar S, Grover S. (2013) Ethics in medical research: General principles with special reference to psychiatry research. *Indian J Psychiatry*.55(1):86-91.

Avicenna | Biography, Books, & Facts | Britannica (no date). Available at: <https://www.britannica.com/biography/Avicenna> (Accessed: 30 January 2022).

Ayun, Q., Mursyid, M., Hasibuan, A. K., Nendissa, S. J., Naulina, R. Y., Yunita, E., . . . Abidin, Z. (2023). *Pengantar Ilmu Biokimia*. Bandung: Widina Bhakti Persada.

Beauchamp, Tom L. and Childress, James F (1994). *Principles of Biomedical Ethics*. New York: Oxford University Press.

Beecher HK. (2001). Ethics and clinical research. *Bull World Health Org* 79(4):367–72.

Bijanti R, Gandul AY, Retno SW, Budi U. 2010. *Buku Patologi Klinik Veteriner. Pemeriksaan dan Gangguan Fungsi Hati*. Surabaya: Airlangga University Press.

- Blagosklonny MV. Anti-aging: senolytics or gerostatics (unconventional view). *Oncotarget*. 2021;12(18):1821-1835. doi:10.18632/oncotarget.28049
- BNPB I. Gugus Tugas Distribusikan Alat PCR Deteksi COVID – 19 ke 12 Provinsi. BNPB. Accessed June 30, 2023. <https://bnpb.go.id/berita/gugus-tugas-distribusikan-alat-pcr-deteksi-covid-19-ke-12-provinsi->
- Bontrager, K. L., & Lampignano, J. P. (2014). *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy* (E. Mosby (ed.); 8th Editio).
- Borges do Nascimento IJ, Pizarro AB, Almeida JM, et al. Infodemics and health misinformation: a systematic review of reviews. *Bull World Health Organ*. 2022;100(9):544-561. doi:10.2471/BLT.21.287654
- Brant, W. E., & Helms, C. A. (2012). *Fundamentals of Diagnostic Radiology* (Fourth). Lippincott Williams & Wilkins.
- Bucci, M.K., Bevan, A. and Roach, M. (2005) 'Advances in Radiation Therapy: Conventional to 3D, to IMRT, to 4D, and Beyond', *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 55(2), pp. 117–134.
- Bui AAT, Van Horn JD. Envisioning the Future of 'Big Data' Biomedicine. *J Biomed Inform*. 2017;69:115-117. doi:10.1016/j.jbi.2017.03.017
- Burns, Chester R. (1977). *Legacies in ethics and medicine*. New York: Science History Publications. ISBN 9780882021669. In this book see Mary Catherine Welborn's excerpts from her 1966 *The long tradition: A study in fourteenth- century medical deontology*
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M., & Boone, J. M. (2012). *The Essential Physics of Medical Imaging* (Third).

- Center for Disease Control and Prevention (CDC). Introduction to Epidemiology. <https://www.cdc.gov/csels/dsepd/ss1978/lesson1/section8.html> – diakses pada Juni 2023.
- CIA library : www.cia.gov/library/readingroom/document/cia-rdp90-00965r000100140109-9
- Clancy, S., & Brown, W. (2008). Translation: DNA to mRNA to Protein. *Nature Education*. <https://www.nature.com/scitable/topicpage/translation-dna-to-mrna-to-protein-393/>
- Clark, M. A., Douglas, M., & Choi, J. (2018). Biology. OpenStax. <https://openstax.org/details/books/biology-2e>
- Coad, Jane (2003), Anatomy and Physiology for Midwives, Mosby : London.
- Coleman WB, Tsongalis GJ. 2020. Essential Concepts in Molecular Pathology (Pathology : The Clinical Description of Human Disease). 2th ed. Elsevier Academic Press.
- Cook, H. J. (2011). The history of medicine and the scientific revolution. *Isis*, 102(1), 102–108. <https://doi.org/10.1086/658659>
- Council for International Organization of Medical Sciences (CIOMS) and World Health Organization (WHO) Geneva, Switzerland (2002). "International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects".
- COVID-19 and the Uncovering of Health Care Disparities in the United States, United Kingdom and Canada: Call to Action - PMC. Accessed June 30, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8426700/>
- d'Arqom, A., Hasanatuludhhiyah, N., Indiasuti, D. N., Rochmanti, M., Purba, A. K., Mustika, A., . . . Fatimah, N. (2022). Farmakologi dan Terapi I. Surabaya: Airlangga University Press.

- Djarot, Ira Nurhayati. Tarwadi. Srijanto, Bambang. Pambudi, Sabar. Syafarudin. Ismail, M. Athar. Soleh, Hasan. 2020. *Technology Foresight – Teknologi Kesehatan dan Obat*. Yogyakarta: PT Kanisius,
- Elaine N. Marieb (2001). *Human Anatomy and Physiology, Fifth Edition*. San Fransisco: Benjamin Cummings.
- Eva Sri Diana Chaniago [@DrEvaChaniago]. “PROYEK GENOM MANUSIA; PISAU BERMATA DUA” Tiba-tiba saja Kementerian Kesehatan cawe-cawe dengan urusan genetik. Mereka membuat proyek bernama Biomedical Genom Initiative. Lewat proyek ini, mereka ingin mengumpulkan dan mempelajari genom manusia. Sekedar informasi, genom tidak... <https://t.co/1tKmgz3Tu5>. Twitter. Published June 21, 2023. Accessed June 30, 2023. <https://twitter.com/DrEvaChaniago/status/1671378635335536641>
- F.B. Lund, Paracelsus, *Ann. Surg.* 94 (October (4)) (1931) 548–561, <https://doi.org/10.1097/00000658-193110000-00009>.
- Fais, Omar. (2004). *At A Glance Series Anatomi*. Jakarta: Erlangga.
- Fatmayanti, A., Ulimaz, A., Arfani, N., Megavitry, R., Lestari, N. C., Munaeni, W., . . . Wardani, A. H. (2022). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Padang: Global Eksekutif Teknologi.
- Fawcett, D.W (1994). *The Ear in: A Textbook of Histology* (Bloom and Fawcett), 12th edition. New York: Chapman and Hall.
- G. Eknoyan, Historical note. On the contributions of Paracelsus to nephrology, *Nephrol. Dial. Transplant.* 11 (July (7)) (1996) 1388–1394. PMID: 8672051.
- Global Issues | United Nations. Accessed June 30, 2023. <https://www.un.org/en/global-issues>
- Guwandi, J., (2006). *Informed consent dan Informed Refusal*. Ed 4th. . Jakarta. FKUI.

- Guyton, A.C. & Hall, J.E. (2006). Textbook of medical physiology. 12nd edition. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Haileamlak A. The impact of COVID-19 on health and health systems. *Ethiop J Health Sci.* 2021;31(6):1073-1074. doi:10.4314/ejhs.v31i6.1
- Hairunnisa. 2019. Sulitnya Menemukan Obat Baru di Indonesia. *Majalah Farmasetika*, 4 (1) 2019, 16-21. <https://doi.org/10.24198/farmasetika.v4i1.22517>
- Hall, J.E. and Hall, M.E., 2020. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology e-Book. Elsevier Health Sciences.
- Hannay E, Pai M. Breaking the cycle of neglect: building on momentum from COVID-19 to drive access to diagnostic testing. *eClinicalMedicine.* 2023;57. doi:10.1016/j.eclinm.2023.101867
- Hanum, Galuh Ratmana. 2018. Biokimia Dasar. Sidoarjo: UMSIDA Press
- Hartono, B. 2016. Sel Punca : Karakteristik, Potensi dan Aplikasinya. *J. Kedokt Meditek* Volume 22, No. 60
- Homan, R. (1991). The ethics of social research. London; New York: Longman.
- Hussain, A. and Muhammad, W. (2017) Treatment Planning in Radiation Therapy, An introduction to medical physics. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61540-0>. American Cancer Society (2015) 'A Guide to Radiation Therapy', A Guide to Radiation Therapy, p. 47.
- Ibn Sina (Avicenna): The Prince Of Physicians (no date). Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6077049/> (Accessed: 30 January 2022).
- J.V. Pai-Dhungat, F. Parikh, Paracelsus (1493-1541), *J. Assoc. Physicians India* 63 (March (3)) (2015) 28. PMID: 26540806.

- Jaffray, D.A. and Gospodarowicz, M.K. (2015) 'Chapter 14. Radiation Therapy for Cancer', *Cancer: Disease Control Priorities*, p. 4. Sadeghi, M., Enferadi, M. and Shirazi, A. (2010) 'External and internal radiation therapy: Past and future directions', *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, 6(3), pp. 239–248.
- Jasaputra D.K dan Santosa S Ed. (2008). *Metodologi Penelitian Biomedis Ed.II*. Danamartha Sejahtera Utama: Bandung
- Juneman Ed. (2013). *Isu Etik Dalam Penelitian di Bidang Kesehatan*. Asosiasi Ilmu Forensik Indonesia (AIFI) dan Universitas Yarsi: Jakarta
- Kemenkes RI. 2020. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor HK.01.07/MENKES/382/2020. Jakarta: Kemenkes RI.
- Komisi Nasional Etik Penelitian Kesehatan, Dep. Kes.RI, Jakarta (2007) *Pedoman Nasional Etik Penelitian Kesehatan Suplemen III Jaringan Komunikasi Nasional Etik Penelitian*.
- Komite Etik FK UNUD – RSUP Sanglah, Denpasar (2013). *Standard Operatinonal Prosedure*
- Kurniawan, H. (2019). *Buku Ajar Parasitologi untuk Mahasiswa Keperawatan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Kurniawaty, E. 2017. *Terapi Gen Miracle of Placenta*. Anugrah Utama Raharja: Lampung.
- La Perle, K.M., 2021. *Endocrine System. Pathology of Genetically Engineered and Other Mutant Mice*, pp.355-377.
- Landau, BR. (1980). *Essential human anatomy and physiology*, 2 nd edition. Illinois: Scott Foresman and Company Glenview.
- Laskar, S.G. and Kakoti, S. (2022) 'Modern Radiation Oncology: From IMRT to Particle Therapy-Present Status and the Days to Come', *Indian Journal of Medical and Paediatric Oncology*, 43(1), pp. 47–51.

- Lisle, D. A. (2007). *Imaging for Students* (S. Purdy (ed.); Third). Replika Press Pvt Ltd.
- Lukluk A, Zuyina. (2013). *Anatomi Fisiologi dan Obsgyn untuk kebidanan*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Lumb, A.B. and Thomas, C.R., 2020. *Nunn's Applied Respiratory Physiology eBook*. Elsevier Health Sciences.
- Mackey T. An ethical assessment of anti-aging medicine. *J Anti Aging Med*. 2003;6(3):187-204. doi:10.1089/109454503322733045
- Makmun, A. dan Siti F. H. 2020. Tinjauan Terkait Pengembangan Vaksin Covid – 19. *Molucca Medica: Volume 13, Nomor 2, Oktober 2020*
- Marks, Dawn B., Allan D. Marks, Colleen M. Smith. 1996. *Biokimia Kedokteran Dasar (Sebuah Pendekatan Klinis)*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC
- Martini, FH, et.al. (2001). *Fundamentals of Anatomy and Physiology*. 5th Edition. Prentice Hall : New Jersey.
- Martz, H. R., Logan, C. M., Scheneberk, D. J., & Shull, P. J. (2017). *X-ray Imaging Fundamentals, Industrial Techniques and Applications*. Taylor & Francis, CRC Press.
- Maryunani, N. (2014). *Asuhan Keperawatan Perioperatif*. Jakarta: Trans Info Media.
- McManus, J.; S. G. Mehta, et al. (2005). "Informed consent and ethical issues in military medical research". *Academic Emergency Medicine* 12 (11): 1120-1126.
- Michaleas, S. N., Laios, K., Tsoucalas, G., & Androustos, G. (2021). Theophrastus Bombastus Von Hohenheim (Paracelsus) (1493–1541): The eminent physician and pioneer of toxicology. *Toxicology Reports*, 8, 411–414. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.02.012>

- Mikhail Teppone. (2019). Medicine has always been “Modern” and “Scientific” from ancient times to the present day. *Journal of Integrative Medicine*, 17(4), 229–237.
- Mora C, McKenzie T, Gaw IM, et al. Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change. *Nat Clim Chang*. 2022;12(9):869-875. doi:10.1038/s41558-022-01426-1
- Muctaridi. 2018. Prof. Muctaridi: Teknik Komputasi Hasilkan Obat Baru Secara Singkat, Murah, dan Strategis. <https://www.unpad.ac.id/2018/02/prof-muctaridi-teknik-komputasi-hasilkan-obat-baru-secara-singkat-murah-dan-strategis/>
- Murray, Robert K., Daryl K. Granner., Peter A. Mayes., Victor W. Rodwell. 1997. *Biokimia Harper Edisi 24*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC
- Nasser, M., Tibi, A. and Savage-Smith, E. (2009) ‘Ibn Sina’s Canon of Medicine: 11th century rules for assessing the effects of drugs’, *Journal of the Royal Society of Medicine*, 102(2), p. 78. doi: 10.1258/JRSM.2008.08K040.
- NEWS U. Kesenjangan Geografis dan Sosial Ekonomi Sebagai Penyebab Keterlambatan Vaksinasi COVID-19. Universitas Airlangga Official Website. Published January 11, 2023. Accessed June 30, 2023. <https://unair.ac.id/kesenjangan-geografis-dan-sosial-ekonomi-sebagai-penyebab-keterlambatan-vaksinasi-covid-19/>
- Oemijati, S., Samsudin., Sutan, AM., Tamaela, LA., dan Nasar, SS. Penerapan Etika Penelitian Kedokteran. Pada Sastroasmoro, Buku Ajar : Dasar dasar metodologi penelitian klinis. Edisi 3. Penerbit Sagung Seto, 2010; hal : 332 – 340
- Ophinni, Y. et al. 2020. COVID-19 Vaccines: Current Status and Implication for Use in Indonesia, *ActamedicalIndonesiana.NLM (Medline)*, hal. 388–412.

Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change | Nature Climate Change. Accessed June 30, 2023. <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01426-1>

P.A, P., & Perry. (2016). Buku Ajar Fundamental : Konsep, Proses dan Praktik. Jakarta: EGC.

Parker, N., Schneegurt, M., Tu, A.-H. T., Lister, P., & Forster, B. M. (2016). Microbiology. OpenStax. https://doi.org/https://assets.openstax.org/oscms-prodcms/media/documents/Microbiology-WEB.pdf?_gl=1*1vexzp8*_ga*MTczNzkyMzY5MC4xNjg4Mjc2ODYw*_ga_T746F8B0QC*MTY4ODI3Njg1OS4xLjEuMTY4ODI3NzA3Mi41NS4wLjA.

Pearce, E.C., 2016. Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis. PT Gramedia Pustaka Utama.

Pedoman Etik Internasional untuk Penelitian Biomedis.1993. Dewan Organisasi Ilmu-Ilmu Kedokteran Indonesia

Pedoman Nasional Etik Penelitian Kesehatan, Kementerian Kesehatan No.1031/Menkes/SK/VI I/2005 (7 Juli 2005)

Peng W, Dunton C, Holtz D, dkk. 2013. DNA nanotherapy for pre-neoplastic cervical lesions. Gynecol Oncol ;128(1):101-6.

Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia No.16 Tahun 2015 tentang Tata Laksana dan Penilaian Obat Pengembangan Baru

Perubahan Iklim Ancam Kesehatan Manusia. Accessed June 30, 2023. <http://pojokiklim.menlhk.go.id/read/perubahan-iklim-ancam-kesehatan-manusia-1497515267>

Ping, M. F., Sianturi, S., & Anasis, A. M. (2022). Ilmu Biomedik Dasar untuk Mahasiswa Kesehatan. Pekalongan: Nasya Expanding Management.

Pinontoan, O. R., & Sumampouw, O. J. (2022). Biomedik. Purbalingga: Eureka Media Aksara.

- Putri, Santri Irene. Akbar, Prima Souldoni. 2019. *Sistem Informasi Kesehatan*. Jawa Timur: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Ruswandi, I. (2021). *Ilmu Gizi dan Diet*. Indramayu: Adanu Abimata.
- Sadeghi, M., Enferadi, M. and Shirazi, A. (2010) 'External and internal radiation therapy: Past and future directions', *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, 6(3), pp. 239–248.
- Sahin, U. et al. 2017. Personalized RNA mutanome vaccines mobilize poly-specific therapeutic immunity against cancer. *Nature*: 547(7662), pp. 222–226.
- Sandra, F., et al. 2008. Potensi Terapi Sel Punca dalam Dunia Kedokteran dan Permasalahannya. *JKM*. Vol.8 No.1 Juli 2008: 94 - 100
- Santoso, MIE. 2011. *Buku Ajar Etik Penelitian Kesehatan*. Edisi 1. Penerbit Universitas Brawijaya Press.
- Sherwood, L., 2015. *Human Physiology : From Cells to Systems*. Cengage learning.
- Silverthorn, D.U., 2015. *Human Physiology*. Jones & Bartlett Publishers.
- Simrat, Bajwan, D. and Thakur, N. (2021) 'Radiation Therapy', *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 8(2), pp. 364–366.
- Sjamsuhidajat, R. (2017). *Buku Ajar Ilmu Bedah Sjamsuhidajat-de Jong : Sistem Organ dan Tindak Bedahnya*. Jakarta: EGC.
- Smith, D.L. and Fernhall, B., 2022. *Advanced Cardiovascular Exercise Physiology*. Human Kinetics.
- Stansfield, W. D., Colome, J. S., & Cano, R. J. (2003). *Biologi Molekuler dan Sel* (K. E. Cullen (ed.)). Erlangga.
- Stem Cell Basics | STEM Cell Information. Accessed June 30, 2023. <https://stemcells.nih.gov/info/basics/stc-basics>

- Sudomo, Moh. 2017. Pengantar dan Prinsip Dasar Penelitian Kesehatan. Komisi Etik Penelitian Kesehatan Balitbangkes Kemenkes: Jakarta
- Susanti, E. (2016). Dasar-Dasar Patofisiologi. Yogyakarta: KYTA.
- Syahputra, Gita. 2018. Etika dalam Penelitian Biomedis dan Uji Klinis. BioTrends Vol 9 (1) : 7-15
- Syaifuddin, 2018. Ilmu Biomedik Dasar. Jakarta: Salemba Medika.
- Syaifudin. (2016). Ilmu Biomedik Dasar Untuk Mahasiswa Keperawatan. Jakarta: Salemba Medika.
- Taylor, A.W. ed., 2021. Physiology Of Exercise And Healthy Aging. Human Kinetics.
- The hype of aging in place -- so bad for so many | Aging and Health Technology Watch. Accessed June 30, 2023. <https://www.ageinplacetech.com/blog/hype-aging-place-so-bad-so-many>
- The impact of COVID-19 on health and health systems - PMC. Accessed June 30, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8968362/>
- Thomas SB, Quinn SC.1991. The Tuskegee Syphilis Study, 1932 to 1972: implications for HIV education and AIDS risk education programs in the black community. Am J Public health 81(11):1498–505.
- Thomson CJH. 2012. Research ethics committees.
- Tjandrawinata, R. dan Koosnadi S. 2022. Dasar Biomedis Akupunktur. Airlangga University Press: Surabaya
- Umar. (2020). Fisiologi Manusia. Yogyakarta: Samudera Biru.
- Wahid, W. O. L. dan La ode A. B. 2018. Sejarah Pengobatan Tradisional Orang Buton Di Kecamatan Batupoaro Kota Baubau: 1986-2016. Journal Idea Of History: Vol 01 Nomor 1.

- Wahyudiati, Dwi. 2017. Biokimia. Mataram: LEPPIM Mataram
- What actions are healthcare leaders taking to address the impacts of climate change? World Economic Forum. Published November 8, 2022. Accessed June 30, 2023. <https://www.weforum.org/agenda/2022/11/climate-change-global-health-actions-healthcare-leaders/>
- Widmaier, E., Raff, H. and Strang, K.T., 2022. Vander's Human Physiology. McGraw-Hill US Higher Ed USE.
- Widyarman, A.S. Diktat Etik Dan Manajemen Riset. Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Trisakti. Jakarta.
- Widyastuti, D. A. 2017. Terapi Gen: Dari Bioteknologi Untuk Kesehatan Gene Therapy: From Biotechnology To Health. Al-Kaunyah; Journal of Biology, 10(1), 2017, 49-62
- Wisely J. 2008. Research ethics committees. Brit J Gen Pract 58(553):580.
- Witka, B. Z. dan Imam A.W. 2021. Review Artikel: Perbandingan Efikasi, Efisiensi Dan Keamanan Vaksin Covid-19 Yang Akan Digunakan Di Indonesia. Farmaka: Volume 19 Nomor 2
- Writer APHS. Anti-aging research: 'Prime time for an impact on the globe.' Harvard Gazette. Published March 8, 2019. Accessed June 30, 2023. <https://news.harvard.edu/gazette/story/2019/03/anti-aging-research-prime-time-for-an-impact-on-the-globe/>
- Yuwono, T. (2005). Biologi Molekular. Penerbit Erlangga.
- Zhang, J. et al. 2020. Progress and Prospects on Vaccine Development against SARS-CoV-2. Vaccines: Vol. 8, Page 153, 8(2).

TENTANG PENULIS



Dani Prastiwi, S.Kep.,Ns.,M.Sc., Penulis dan Dosen Prodi Keperawatan dan Profesi Ners Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Pekalongan. Lahir di Purworejo, 19 Nopember 1987. Menamatkan pendidikan program Sarjana (S1) di STIKES Surya Global Yogyakarta pada tahun 2009 dan menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Universitas Gadjah Mada pada program studi Ilmu Kedokteran Dasar dan Biomedis (konsentrasi Ilmu Faal) pada tahun 2014. Penulis aktif mengajar pada mata kuliah Anatomi dan Fisiologi Manusia, Patofisiologi, Ilmu Biomedik Dasar, Keperawatan Dasar dan Keperawatan Medikal Bedah sejak tahun 2011 sampai dengan sekarang.



Widia Lestari, S.Kep, M.Sc, merupakan dosen di Prodi Sarjana Terapan Poltekkes Kemenkes Bengkulu lahir di Bengkulu, 05 Juni 1981. Penulis menamatkan pendidikan sarjana keperawatan di tahun 2008 dilanjutkan dengan pendidikan pasca sarjananya di tahun 2014 pada Prodi Ilmu Biomedis dan Kedokteran Dasar Universitas Gadjah Mada pada peminatan ilmu faal. Penulis mengampu mata kuliah Anatomi fisiologi manusia dan patofisiologi sejak tahun 2015 hingga sekarang. Sebagai dosen penulis juga melakukan penelitian yang terkait dengan perubahan anatomi dan fisiologi pada penyakit gagal ginjal kronis.

Alamat email : widiaoktorinda@gmail.com



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). Penulis aktif dalam publikasi Jurnal ilmiah.



Nisha Dharmayanti Rinarto, S. Kep., Ns., M. Si, Seorang Penulis dan Dosen Prodi S1 Keperawatan Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Hang Tuah Surabaya. Lahir di Surabaya, 6 Maret 1988. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan ayah dan ibu yang luar biasa. Saat ini beliau telah memiliki seorang suami dan 2 orang anak. Beliau menamatkan pendidikan Sarjana Keperawatan dan Ners pada tahun 2011 di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Hang Tuah Surabaya, dan Magister of Sains di Program Pascasarjana Ilmu Kedokteran Dasar Peminatan Ilmu Faal pada tahun 2015 di Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga.



Nur Chabibah, M.Si., Penulis dilahirkan di Kabupaten Gresik pada Tanggal 16 Oktober 1983. Anak ke-tiga dari pasangan Bapak Asykuri dan Ibu Futicha (Alm). Setelah lulus SMA penulis melanjutkan pendidikan di S1 Fisika Universitas Brawijaya Malang, mengambil peminatan Biofisika dan Fisika Medis. Tahun 2014 penulis di wisuda sebagai Master of Sains dari Universitas Brawijaya Malang dengan jurusan dan peminatan yang sama seperti saat Strata 1. Saat ini penulis bekerja sebagai Dosen Tetap di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Hang Tuah Surabaya. Di Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Hang Tuah Surabaya penulis mengampu mata kuliah Ilmu Biomedik Dasar, Ilmu Dasar Keperawatan, Kesehatan Penyelaman dan Hiperbarik.
Email Penulis : nhbienajah@gmail.com



Nur Lu'lu Fitriyani, S.Si., M.Si., merupakan seorang pengajar pada Prodi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Pekalongan. Lahir di Banyumas, 16 Mei 1987. Penulis merupakan anak ketujuh dari tujuh bersaudara dari pasangan bapak H. Hidajat Dalhar dan Hj. Umi Atikah. Penulis menamatkan pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto Fakultas Biologi dan menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di tempat yang sama bidang Ilmu Biologi peminatan Mikrobiologi. Alamat email yang dapat dihubungi lulu.fitriyani99@gmail.com.



Nur Insani Amir, S.Si., M.Si, Seorang Penulis dan Dosen Prodi Bioinformatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Megarezky. Lahir di Ujung Pandang, 27 Juni 1995. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan bapak Muhammad Amir dan Ibu Hj. Syamsiah. ia menamatkan pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar dan menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Universitas Padjadjaran pada program studi

Ilmu Kimia.



Putu Irma Wulandari, S.ST, M.DR, Penulis berstatus sebagai dosen aktif pada Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali. Penulis menyelesaikan Pendidikan Diploma III Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi di Poltekkes Kemenkes Semarang tahun 2010, Pendidikan Diploma IV Teknik Radiologi di kampus yang sama pada tahun 2011. Penulis sempat bekerja sebagai praktisi radiografer di RSUP Sanglah pada tahun 2012-2015, sebelum

melanjutkan study Master of Diagnostic Radiography di The University of Sydney, New South Wales, Australia pada tahun 2016-2017.



Ade Irma, S.Si., M.Si., seorang Penulis dan Dosen Prodi S1 Sains Biomedis Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky Makassar. Lahir di Pawosoi tanggal 05 Januari 1993, Sulawesi Selatan. Penulis merupakan anak kedua dari tujuh bersaudara dari pasangan bapak Firman Dg. Marala dan Ibu Marhama. Ia menamatkan pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Hasanuddin (UNHAS) prodi Biologi pada tahun 2015 dan menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Institut Pertanian Bogor (IPB) prodi Mikrobiologi pada tahun 2017. Tahun 2019 mengajar di Universitas Megarezky dan mendalami bidang Biologi atau Mikrobiologi Klinik hingga sekarang. Penulis aktif membuat artikel ilmiah dan mempublikasikannya pada jurnal nasional. Selain itu, ia juga menjadi salah satu penulis buku ajar yang berjudul “Mikrobiologi dan Parasitologi” dan “Biomedik Keperawatan”.



I Putu Eka Juliantara, S.Tr.Rad, M.Tr.Kes (ID), seorang Penulis dan Dosen Prodi Teknologi Radiologi Pencitraan di kampus AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi (ATRO) Bali. Lahir di Karangasem, 14 Juli 1993. Penulis merupakan dosen bidang ilmu Radiologi dengan sertifikasi Quality Assurance-Control & Evaluator Protocol untuk modalitas Radiologi, serta merupakan Trainer pada Pelatihan Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Penulis merupakan Anggota Perhimpunan Radiografer Indonesia (PARI).



Ninik Ambar Sari, S.Kep., Ns., M.Kep, seorang Penulis dan Dosen Prodi STIKES Hang Tuah Surabaya. Lahir di Surabaya, 03 Juli 1985 Jawa Timur. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan bapak Subarman dan Ibu Yustina Retno Enggar. ia menamatkan pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Airlangga Surabaya Fakultas Keperawatan dan menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Universitas Brawijaya Malang Magister Keperawatan Peminatan Keperawatan Gawat Darurat.



Arafah Nurfadillah, S.Si., M.Kes, seorang Penulis dan Dosen Prodi Bioinformatika Universitas Megarezky Makassar. Lahir di Sungguminasa, 25 Juni 1994 Sulawesi selatan. Penulis menamatkan pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Hasanudin Makassar prodi Biologi dan menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Universitas Hasanudin Makassar prodi Ilmu Biomedik konsentrasi di bidang Mikrobiologi.



Ayu Suraduhita, S.Si.,M.Biomed menyelesaikan Pendidikan S-1 di Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta pada tahun 2017. Kemudian menyelesaikan pendidikan S-2 Biomedik di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada tahun 2020. Perjalanan karir dimulai dari Unit *Quality Assurance* (Unit Penjaminan Mutu Perguruan Tinggi) sebagai staff di Akademi Bakti Kemanusiaan Palang Merah

Indonesia, kemudian pada tahun 2022 menjadi Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (UPPM) sekaligus sebagai pengajar mata kuliah. Selain menempuh akademik secara formal, penulis juga tergabung dalam Perkumpulan Ahli Biologi Medik Indonesia (PBMI) dan Ikatan Alumni Universitas Indonesia (ILUNI). Saat ini mata kuliah yang telah diajarkan penulis adalah Immunologi dan Biokimia Darah.



Ummu Syauqah Al Musyahadah, S.Si., M.Sc., akrab disapa Syauqah, lahir di Makassar, 16 September 1994. Penulis merupakan Seorang Dosen Prodi Bioinformatika Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky Makassar. Penulis adalah lulusan S1 Universitas Hasanuddin, dan S2 Wageningen University (Belanda) dengan fokus utama studi Genetika, Molecular Ecology, dan teknologi yang

berhubungan dengan pemanfaatannya. Selain aktif sebagai akademisi, penulis juga merupakan seorang praktisi dengan memanfaatkan ilmunya di perusahaan-perusahaan yang membutuhkan pertimbangan dari sisi keilmuan Biologi. Meskipun begitu, kerjasama penelitian yang dilakukan oleh penulis lebih banyak di bidang yang berhubungan dengan Genetika, Kesehatan, dan Lingkungan.

Penerbit :

PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Buku Gudang Ilmu, Membaca Solusi
Kebodohan, Menulis Cara Terbaik
Mengikat Ilmu. Everyday New Books

SONPEDIA.COM
PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Redaksi :

Jl. Kenali Jaya No 166

Kota Jambi 36129

Tel +6282177858344

Email: sonpediapublishing@gmail.com

Website: www.sonpedia.com