

METABOLISME ZAT GIZI



Fonnie Esther Hasan, Rika Rachmawati, Budi Setyawati,
Ernita, Roslinda Laiya, Antik Pujiastuti, Rondius
Solfaine, Indra Taufik Sahli, Nurbaiti, Irlina R. Irawan,
Sumarni, Rosnah

METABOLISME ZAT GIZI

Fonnie Esther Hasan

Rika Rachmawati

Budi Setyawati

Ernita

Roslinda Laiya

Antik Pujiastuti

Rondius Solfaine

Indra Taufik Sahli

Nurbaiti

Irlina R. Irawan

Sumarni

Rosnah



GET PRESS INDONESIA

METABOLISME ZAT GIZI

Penulis :

Fonnie Esther Hasan
Rika Rachmawati
Budi Setyawati
Ernita
Roslinda Laiya
Antik Pujiastuti
Rondius Solfaine
Indra Taufik Sahli
Nurbaiti
Irlina R. Irawan
Sumarni
Rosnah

ISBN : 978-623-198-015-1

Editor : Oktavianis, S.ST., M.Biomed

Rantika Maida Sahara, S.Tr.Kes.

Penyunting : Aulia Syaharani, S.Tr.Kes.

Desain Sampul dan Tata Letak : Handri Maika Saputra, S.ST

Penerbit: GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id

email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, 25 Januari 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

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

Buku ini membahas Konsep pokok Gizi, Kehamilan dan zat gizi, Pertumbuhan dan penuaan, Gizi dan otak, Saluran gastrointestinal, Sistem kardiovaskular, Sistem imun dan inflamasi, Fitokimia, Pengendalian asupan gizi, Gizi lebih, Gizi kurang, Anti oksidan dan nitrit oksida.

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

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

Penulis, 2022

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 KONSEP DASAR GIZI	1
1.1 Pengertian Gizi dan Ilmu Gizi.....	1
1.2 Beberapa Istilah Dalam Konsep Gizi.....	3
1.3 Ruang Lingkup Gizi	4
1.4 Sejarah Perkembangan Ilmu Gizi	5
1.5 Perkembangan Ilmu Gizi di Indonesia.....	9
1.6 Perkembangan Ilmu Gizi Masa Kini	11
1.7 Pegelompokan Zat Gizi	12
1.7.1 Zat Gizi Makro	12
1.7.2 Zat Gizi Mikro.....	13
1.8 Fungsi Zat Gizi.....	14
1.8.1 Sumber Energi	14
1.8.2 Pertumbuhan dan Mempertahankan Jaringan Tubuh.....	14
1.8.3 Mengatur Proses Metabolisme Tubuh.....	16
1.9 Kebutuhan Gizi Berkaitan dengan Proses Tubuh	16
1.10 Akibat Gangguan Gizi terhadap Fungsi Tubuh	17
1.10.1 Akibat Gizi Kurang Pada Proses Tubuh.....	18
1.10.2 Akibat Gizi Lebih Pada Proses Tubuh.....	19
DAFTAR PUSTAKA.....	20
BAB 2 KEHAMILAN DAN ZAT GIZI	23
2.1 Pendahuluan.....	23
2.2 Kebutuhan Fisiologis Kehamilan	24
2.2.1 Perubahan Fisik.....	25
2.2.2 Perubahan Hormon	26
2.2.3 Perubahan Darah dan Cairan Lainnya	29
2.2.4 Kenaikan Berat Badan Ibu Hamil.....	30

2.3 Gizi dan Kehamilan	31
2.3.1 Status Gizi Ibu Hamil	31
2.3.2 Zat Gizi Selama Kehamilan.....	33
2.3.3 Aktivitas Fisik Selama Kehamilan.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
BAB 3 PERTUMBUHAN DAN PENUAAN	45
3.1 Pendahuluan.....	45
3.2 Pertumbuhan dan Perkembangan	46
3.3 Metabolisme dan Pertumbuhan	50
3.4 Penuaan	54
DAFTAR PUSTAKA.....	60
BAB 4 GIZI DAN OTAK.....	63
4.1 Pendahuluan.....	63
4.2 Otak	64
4.2.1 Pertumbuhan Otak.....	67
4.3 Gizi Terbaik untuk Otak	67
4.3.1 Nutrisi Utama untuk Otak	69
4.4 Hubungan Nutrisi dan Otak.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	79
BAB 5 SALURAN GASTROINTESTINAL.....	83
5.1 Pendahuluan.....	83
5.2 Mulut	85
5.3 Faring dan Esofagus	87
5.4 Lambung.....	88
5.5 Usus Halus.....	89
5.6 Usus Besar.....	92
5.7 Rektum dan Anus	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
BAB 6 SISTEM KARDIOVASKULER.....	97
6.1 Kardiovaskuler.....	97
6.2 Peran Darah	99
6.3 Gangguan dan Pola Makan dalam Menjaga Peredaran Darah	100

6.4 Pola Hidup yang dapat Menunjang Kesehatan.....	105
DAFTAR PUSTAKA.....	107
BAB 7 ANTIOKSIDAN DAN NITRIT OKSIDA	109
7.1 Pendahuluan.....	109
7.2 Radikal bebas	110
7.3 Antioksidan	112
7.4 Nitrit Oksida (NO).....	116
DAFTAR PUSTAKA.....	119
BAB 8 SISTEM IMUN DAN INFLAMASI	121
8.1 Sistem Imun	121
8.1.1 Sistem Imun Innate	121
8.1.2 Sistem Imun Adaptif	133
8.2 Inflamasi	139
8.2.1 Inflamasi Akut	140
8.2.2 Inflamasi kronik.....	145
8.2.3 Sel-sel dan Protein yang Berperan dalam Inflamasi.....	145
8.2.4 Mediator Inflamasi	146
8.3 Peran Vitamin Terhadap Sistem Imun	148
DAFTAR PUSTAKA.....	150
BAB 9 FITOKIMIA	153
9.1 Pendahuluan.....	153
9.2 Fitokimia, Klasifikasi, Sumber dan Fungsi.....	154
9.2.1 Klasifikasi	155
9.2.2 Sumber	157
9.2.3 Fungsi	159
9.3 Proses Ekstraksi Fitokimia.....	160
9.3.1 Metoda Ekstraksi Tumbuhan.....	160
9.3.2 Pemilihan Pelarut Untuk Eksraksi Fitokimia	162
DAFTAR PUSTAKA.....	165
BAB 10 PENGENDALIAN ASUPAN GIZI	167
10.1 Pendahuluan.....	167
10.2 Asupan Gizi	169

10.2.1 Penilaian Asupan Gizi.....	169
10.2.2 Kecukupan Gizi	170
10.2.3 Kebutuhan Gizi.....	175
10.3 Permasalahan Asupan Gizi	179
10.3.1 Kekurangan Asupan Gizi (Kurang Gizi).....	179
10.3.2 Kelebihan Asupan Gizi (Gizi Lebih).....	180
10.4 Mengendalikan Asupan Gizi	182
10.4.1 Konsumsi Gizi Seimbang.....	182
10.4.2 Membaca Label Gizi	184
10.4.3 Gerakan Masyarakat Hidup Sehat (GERMAS)	185
DAFTAR PUSTAKA.....	188
BAB 11 GIZI LEBIH.....	191
11.1 Pendahuluan.....	191
11.2 Penyebab dan Faktor Risiko Gizi Lebih	191
11.3 Penilaian Status Gizi Lebih	193
11.4 Manajemen Gizi Lebih.....	195
11.5 Komplikasi	197
DAFTAR PUSTAKA.....	198
BAB 12 GIZI KURANG PADA BALITA.....	201
12.1 Pengertian Gizi Kurang.....	201
12.2 Etiologi Gizi Kurang.....	202
12.3 Penentuan Status Gizi Kurang Secara	
Antropometri	209
12.4 Tanda Dan Gejala Gizi Kurang.....	214
12.5 Dampak Gizi Buruk Pada Balita.....	214
12.6 Pencegahan Dan Penanggulangan Masalah Gizi	
Kurang / Buruk Pada Balita.....	216
12.7 Pencegahan Gizi Buruk Pada Bayi Di Bawah Usia 6	
Bulan	225
DAFTAR PUSTAKA.....	227
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Macam – macam zat gizi yang terdapat dalam makanan menurut fungsi utamanya	14
Gambar 2.1 : Tiga tahap kehamilan	25
Gambar 2.2 : Perubahan fisik ibu berdasarkan tahapan kehamilan	26
Gambar 2.3 : Komponen penambahan berat badan dalam kehamilan	30
Gambar 4.1 : Struktur Otak	65
Gambar 4.2 : Sel Saraf (Neuron)	66
Gambar 5.1 : Saluran Gastrointestinal	84
Gambar 5.2 : Kelenjar Saliva	86
Gambar 6.1 : Jantung pusat kardskuler	98
Gambar 8.1 : Fungsi Efektor Antibodi	136
Gambar 8.2 : Respon Inflamasi Akut	141
Gambar 8.3 : Tahapan migrasi leukosit darah ke tempat infeksi	143
Gambar 9.1 : Pembagian Fitokimia	140
Gambar 10.1 : Beragam Bahan Makanan	168
Gambar 10.2 : Beragam Garam Dan Gula	168
Gambar 10.3 : Tumpeng Gizi Seimbang	183
Gambar 10.4 : Piring Makanku	184
Gambar 10.5 : Keuntungan GERMAS	186
Gambar 12.1 : Klasifikasi edema pada balita gizi buruk	211
Gambar 12.2 : Dampak buruk dari stunting	213
Gambar 12.3 : Upaya pencegahan dan penemuan dini kasus kekurangan gizi di masyarakat	222
Gambar 12.4 : Sepuluh (10) cara intervensi pada masalah stunting	225

Gambar 12.5 : Keterkaitan berbagai faktor risiko
dan dampak kekurangan gizi pada
1000 HPK 226

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 : Jenis dan Fungsi Sebagian Besar Zat Gizi	13
Tabel 2.1 : Rekomendasi penambahan berat badan selama kehamilan berdasarkan IMT ibu sebelum hamil	31
Tabel 2.2 : Angka kecukupan zat gizi harian yang Direkomendasikan untuk perempuan dewasa tidak hamil dan hamil	34
Tabel 4.1 : Jenis Nutrisi yang dapat Menjaga Kesehatan Otak.....	74
Tabel 7.1 : Mekanisme radikal bebas dalam merusak sel dan jaringan tubuh	112
Tabel 7.2 : Senyawa aktif antioksidan dari buah dan tanaman	115
Tabel 8.1 : Sumber dan Fungsi Mediator Inflamasi.....	146
Tabel 9.1 : Senyawa Metabolit Sekunder	154
Tabel 9.2 : Klasifikasi Fitokimia	156
Tabel 9.3 : Contoh senyawa fitokimia yang kaya akan antioksidan.....	157
Tabel 9.4 : Sumber fitokimia dan fungsinya dalam nutraseutikal	158
Tabel 9.5 : Metoda ekstraksi	161
Tabel 9.6 : Jenis pelarut dalam proses ekstraksi.....	163
Tabel 10.1 : Angka Kecukupan Energi, Protein, Lemak, Karbohidrat, Serat, dan Air yang dianjurkan (per orang per hari).....	172
Tabel 10.2 : Besaran Jumlah Energi Yang Dikeluarkan Untuk Berbagai Jenis Kegiatan.....	176
Tabel 11.1 : Klasifikasi kegemukan dan obesitas pada anak	194
Tabel 11.2 : Klasifikasi obesitas (IMT) menurut WHO ..	194

Tabel 11.3 : Klasifikasi obesitas (IMT) menurut Asia
Pasifik..... 194

BAB 1

KONSEP DASAR GIZI

Oleh Fonnice Esther Hasan

1.1 Pengertian Gizi dan Ilmu Gizi

Gizi merupakan bagian dari substansi pangan dan bagian dari substansi tubuh manusia. Sementara pangan dan manusia merupakan bagian kecil dari alam semesta. Istilah gizi atau *nutrition* berasal dari bahasa latin “*nutr*” yang berarti “*to nurture*”, yaitu memberi makan dengan baik. Sebutan *Nutrition* mulai dikenal di Inggris pada awal abad ke- 19; sebelumnya, istilah yang digunakan adalah “*diet*”. Istilah *nutrition* mulai populer di Inggris setelah publikasi berjudul *Nutrilogy* di London pada tahun 1812. Dalam tulisan tersebut diungkapkan pentingnya makan aneka ragam makanan dari hewani dan nabati termasuk buah dan sayur untuk hidup sehat. (J.C. Drummond, 1991) dalam (Pakar Gizi Indonesia, 2017)

Proses pembentukan kualitas manusia dan kehidupan masyarakat, sangat ditentukan oleh faktor gizi. Kesehatan individu/ masyarakat berhubungan dengan asupan makanan dan perilakunya, seseorang agar tetap sehat dituntut untuk memenuhi kebutuhan makanan yang memenuhi persyaratan makanan yang bergizi seimbang, aman dan bermutu. Pangan merupakan salah satu kebutuhan manusia yang terpenting dan esensial.

Di Indonesia istilah gizi diadopsi dari bahasa Arab yaitu “*ghidza*” yang dalam dialek Mesir dibaca *ghizi*, artinya makanan yang menyehatkan. Jadi, gizi adalah suatu proses penggunaan makanan yang dikonsumsi secara normal oleh suatu organisme melalui proses pencernaan, absorpsi, transportasi, penyimpanan, metabolisme dan pengeluaran

sisanya hasil metabolisme yang tidak digunakan. Hasil keseluruhan proses tersebut selanjutnya dimanfaatkan untuk mempertahankan kehidupan, pertumbuhan dan fungsi normal dari organ-organ serta menghasilkan energi. (Atikah Proverawati, 2017)

Masa lampau kata gizi hanya dihubungkan dengan kesehatan tubuh, yaitu menyediakan energi, membangun dan memelihara jaringan tubuh, serta mengatur proses-proses kehidupan dalam tubuh. Namun, saat ini kata gizi telah mempunyai pengertian yang lebih luas. Selain untuk kesehatan, gizi dikaitkan juga dengan potensi ekonomi seseorang, kemampuan belajar, perkembangan otak dan produktivitas kerja. Oleh karena hal tersebut, di Indonesia yang sekarang sedang membangun, di samping faktor lain maka faktor gizi dianggap penting untuk memacu pembangunan, khususnya berkaitan dengan pengembangan sumber daya manusia berkualitas. (Banowati, 2014).

Ilmu gizi merupakan ilmu yang mempelajari hubungan, antara manusia dengan makanan yang dikonsumsi, serta pengaruhnya terhadap aspek psikis dan kehidupan sosialnya, termasuk juga aspek fisiologis dan biokimia. (Rahayu, Yulidasari and Setiawan, 2020)

Lebih lanjut ilmu gizi didefinisikan sebagai suatu cabang ilmu yang mempelajari zat-zat pangan yang bermanfaat bagi kesehatan dan proses-proses yang terjadi pada pangan sejak dikonsumsi, dicerna, diserap, sampai dimanfaatkan tubuh serta dampaknya terhadap pertumbuhan, perkembangan dan kelangsungan hidup manusia serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. (Atikah Proverawati, 2017)

Definisi lain menyebutkan bahwa ilmu gizi sebagai ilmu pangan, termasuk zat-zat gizi dan senyawa lain yang terkandung dalam bahan pangan. Reaksi interaksi dan keseimbangan jumlah zat gizi dihubungkan dengan kesehatan dan penyakit.

Dari paparan di atas definisi-definisi tersebut selalu mengandung dua unsur pokok, yaitu pangan dan manusia atau masyarakat. Oleh karena hal tersebut maka ilmu gizi pada hakekatnya merupakan gabungan dari berbagai disiplin ilmu. Ilmu yang berkaitan dengan manusia atau masyarakat; seperti ilmu *faal*, ilmu kimia, biokimia, ilmu dan teknologi pangan serta patologi.

Dengan luasnya ruang lingkup ilmu gizi, maka ilmu ini dibagi dalam cabang-cabang ilmu, seperti: ilmu gizi manusia (*human nutrition*), ilmu gizi hewan (*animal nutrition*) termasuk juga ilmu pangan (*food science*). (Muchtadi, 2019).

1.2 Beberapa Istilah Dalam Konsep Gizi

Ilmu gizi (*Nutrition Science*) adalah ilmu yang mempelajari segala sesuatu tentang makanan dalam hubungannya dengan kesehatan optimal. Di satu sisi ilmu gizi berkaitan dengan makanan dan di sisi lain dengan tubuh manusia.

Zat Gizi (*Nutrient*) adalah ikatan kimia yang diperlukan tubuh untuk melakukan fungsinya, yaitu menghasilkan energi, membangun dan memelihara jaringan, serta mengatur proses-proses kehidupan.

Gizi (*Nutrition*) adalah suatu proses organisme menggunakan makanan yang dikonsumsi secara normal melalui proses digesti, absorpsi, transportasi, penyimpanan, metabolisme dan pengeluaran zat-zat gizi yang tidak digunakan, untuk mempertahankan kehidupan, pertumbuhan dan fungsi normal dari organ-organ, serta menghasilkan energi.

Makanan adalah bahan selain obat yang mengandung zat gizi dan atau unsur-unsur/ikatan kimia yang dapat diubah menjadi zat gizi oleh tubuh, yang berguna bila dimasukkan ke dalam tubuh.

Pangan adalah istilah umum untuk semua bahan yang dapat dijadikan makanan.

Bahan Pangan adalah makanan dalam keadaan mentah. Dalam bahasa Inggris hanya digunakan satu kata untuk menyatakan kata makanan, pangan, dan bahan makanan yaitu *food*.

Malnutrisi atau gizi salah merupakan suatu keadaan patologis yang diakibatkan karena kelebihan atau kekurangan satu atau lebih zat gizi.

Status Gizi adalah keadaan tubuh sebagai akibat konsumsi makanan dan penggunaan zat-zat gizi. Dibedakan antara status gizi buruk, kurang, baik, dan lebih (Almatsier, 2009) (Banowati, 2014)

1.3 Ruang Lingkup Gizi

Ruang lingkup gizi cukup luas, mencakup beberapa komponen atau sub sistem, yaitu mulai dari :

- a. Penyediaan pangan
 - 1) Produksi bahan pangan
 - 2) Pasca panen
 - 3) Perdagangan bahan pangan
 - 4) Teknologi pangan
- b. Distribusi dan Konsumsi
 - 1) Pengolahan pangan di dalam keluarga
 - 2) Penghidangan dan distribusi pangan di dalam keluarga
 - 3) Susunan hidangan
- c. Pendidikan Gizi
 - 1) Pendidikan gizi bagi tenaga profesi
 - 2) Pendidikan gizi bagi umum
- d. Kesehatan Gizi
 - 1) Kesehatan gizi perorangan
 - 2) Kesehatan gizi masyarakat (Jauhari, 2013)

Selain hal tersebut di atas ilmu gizi sangat erat kaitannya dengan ilmu-ilmu agronomi, peternakan, ilmu pangan, mikrobiologi, biokimia, faal, biologi molekuler dan kedokteran. Konsumsi makanan dipengaruhi juga oleh kebiasaan makan, perilaku makan, dan keadaan ekonomi maka ilmu gizi juga berkaitan dengan ilmu-ilmu sosial seperti antropologi, sosiologi, psikologi dan ekonomi (Banowati, 2014)

Konsep baru yang berkaitan dengan ruang lingkup ilmu gizi sebagai sains, adalah sebagai berikut :

- a. Hubungan keturunan dengan gizi
- b. Hubungan gizi dengan perkembangan otak dan perilaku
- c. Hubungan gizi dengan kemampuan bekerja dan produktifitas kerja
- d. Hubungan gizi dan daya tahan tubuh
- e. Faktor-faktor gizi yang berperan dalam pencegahan dan pengobatan terhadap penyakit degeneratif (jantung, diabetes melitus, hati dan kanker) (Banowati, 2014)

1.4 Sejarah Perkembangan Ilmu Gizi

- Sejak zaman purba, manusia mulai menyadari pentingnya makanan untuk kelangsungan hidupnya. Aktivitas utama dari manusia purba adalah mencari makanan dengan berburu, bagi manusia purba makanan memiliki fungsi utama dan mungkin fungsi satu-satunya yang dapat digunakan untuk memelihara kelangsungan hidupnya. Saat itu manusia masih kabur tentang ide-ide berkaitan dengan makanan. Makanan masih dikaitkan dengan kekuatan magis, tabu dan nilai-nilai menyembuhkan.
- Pada tahun 400 SM seorang filosof Yunani bernama **Hippocrates** (460-377 SM), yang dikenal sebagai Bapak Ilmu Kedokteran, dalam salah satu tulisannya berspekulasi tentang peran makanan dalam "pemeliharaan kesehatan serta proses penyembuhan penyakit", yang kemudian

berkembang menjadi dasar ilmu dietetika. Belakangan dikenal dengan istilah “**Terapi Diet**”

- Hipocrates mendefinisikan makanan sebagai panas yang dibutuhkan manusia. Anak-anak yang sedang bertumbuh membutuhkan banyak panas. Oleh karena itu mereka membutuhkan banyak makan. Orang tua membutuhkan lebih sedikit panas. Oleh sebab itu, orang tua membutuhkan lebih sedikit makanan. Ia juga mengatakan bahwa orang gemuk memiliki kecenderungan umurnya lebih pendek bila dibandingkan dengan orang kurus.
- Awal abad ke-16 terdapat pemahaman, bahwa melalui pengaturan makanan akan diperoleh manfaat terhadap pemeliharaan kesehatan dan selanjutnya berkembang juga pemahaman bahwa terdapat hubungan antara makanan dan panjang umur. Contoh Cornaro (1366-1464) yang hidup lebih dari 100 tahun. **Francis Bacon** (1561-1626) berpendapat bahwa “mengkonsumsi makanan yang diatur dengan baik dapat memperpanjang umur”.
- Memasuki abad ke-17 dan ke-18, tercatat berbagai penemuan tentang peran makanan yang berhubungan dengan kesehatan, baik yang ditemukan secara kebetulan maupun yang sengaja dirancang, yang selanjutnya temuan-temuan tersebut menjadi motivasi para ahli kesehatan waktu itu untuk melakukan berbagai percobaan.
- Pada abad ke-18 penemuan-penemuan ilmiah dimulai, termasuk ilmu - ilmu yang mendasari ilmu gizi. Satu diantaranya yang terpenting adalah temuan **Antoine Laurent Lavoisier** (1743-1794), yang menemukan bahwa terdapat hubungan antara proses pernapasan (proses masuknya O₂ ke dalam tubuh dan keluarnya CO₂) dengan proses pengolahan makanan dalam tubuh. Lavoisier bersama seorang ahli fisika **Laplace** pertama kalinya merintis penelitian kuantitatif mengenai pernapasan

menggunakan hewan coba (kelinci). Lavoiser mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan penggunaan energi makanan pada proses pernafasan, proses oksidasi dan kalorimetri. Oleh karena itu Lavoisier dikenal sebagai **Bapak Ilmu Kimia**, namun di kalangan ilmuwan gizi Lavoisier dikenal juga sebagai **Bapak Ilmu Gizi Dunia**.

- Pada tahun 1808, mineral ditemukan pertama kali yaitu kalsium yang terdapat pada tulang dan gigi, demikian pula pada tahun yang sama untuk pertama kalinya ditemukan zat besi oleh **Boussingault**.
- Florence Nightingale (1854) suster terkenal saat perang Krimea, dikenal juga sebagai Tokoh Keperawatan Dunia. Florence Nightingale menyimpulkan bahwa untuk mempercepat proses penyembuhan pasien/ penderita-penderita akibat perang, maka pemberian makanan kepada pasien harus sesuai dengan kebutuhan.
- Awal ilmu gizi diakui sebagai cabang ilmu yang berdiri sendiri pada tahun 1926. **Mary Rose** dikukuhkan sebagai profesor ilmu gizi pertama di Universitas Columbia New York, Amerika Serikat.
- Penelitian gizi berkembang hingga awal abad ke-20 Penemuan Ilmu-Ilmu yang mendasari terbentuknya Ilmu Gizi itu diantaranya :
 - **Liebig** (1803-1873) melakukan analisis zat gizi karbohidrat, protein dan lemak. Zat gizi tersebut merupakan Komponen utama penghasil energi tubuh. Selanjutnya Liebig meneliti juga tentang kemungkinan zat besi yang berikatan dengan oksigen dalam proses transportasi dalam sel darah merah. Berdasarkan temuan tersebut maka sejak tahun 1840 zat besi mulai digunakan dalam pengobatan anemia.
 - Ilmuwan yang dikenal dalam pengukuran energi dengan kalorimeter. (kkal) , bernama ; **Vait** (1831-

1908), **Rubner** (1854-1982), **Atwater** (1844-1907), **Lusk** (1866-1932).

- **Hopkin** (1861-1947), **Eljkmán** (1858-1930) adalah perintis penemuan vitamin dan membedakannya vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam lemak.
- **Mendel** (1872-1935), Osborn (1859 -1929) berperan dalam peran vitamin dan analisis kualitas protein. Temuan-temuan tersebut memperjelas posisi vitamin dalam makanan dan peranannya dalam tubuh manusia serta kualitas protein yang dilihat dari struktur yaitu asam amino yang esensial maupun yang non esensial.
- **Ringer** (1885) **Locke** (1990) berhasil menemukan cairan elektrolit dalam tubuh manusia.
- **Loeb** meneliti tentang pengaruh konsentrasi cairan elektrolit seperti natrium, kalium dan kalsium klorida terhadap jaringan hidup.
- Penemuan vitamin C dan vitamin D yang berperan dalam pencegahan penyakit *Scurvy* dan *Rickets*.
- Penelitian-penelitian tingkat molekuler yang dilakukan pada tahun 1995 ditemukan adanya struktur sel yang rumit yang mempunyai peranan kompleks dan vital dalam proses pertumbuhan dan pemeliharaan sel.
- Sesudah tahun 1960, penelitian zat-zat gizi esensial berkembang ke penelitian tentang hubungan dan pengaruh antara zat gizi, penetapan kebutuhan zat gizi manusia, peranan biologik spesifik dan pengolahan makanan.

➤ Pada abad ke 20, ilmuwan bernama **Mc Collum** dan **Charles G King**, melanjutkan penelitian terhadap vitamin. perkembangan penelitian bidang gizi terus berkembang hingga muncul ilmu bernama Science of Nutrition. Science of Nutrition (ilmu gizi) merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan kesehatan (kedokteran) yang

berdiri sendiri. Secara spesifik Ilmu gizi adalah Ilmu pengetahuan yang membahas sifat-sifat zat gizi yang terkandung dalam makanan, peran zat gizi pada proses metabolik serta akibat yang timbul bila terdapat kekurangan zat gizi, (Soekirman, 2000).

- Dalam perkembangan selanjutnya permasalahan gizi mulai bermunculan secara kompleks, yang tidak dapat ditanggulangi hanya oleh para ahli gizi dan sarjana gizi saja namun perlu melibatkan para ahli dari berbagai disiplin ilmu lainnya. Berdasarkan kenyataan tersebut maka **Komite Thomas dan Earl** (1994) menyatakan bahwa “The Nutrition Sciece are the most interdisciplinary of all sciences”. Yang secara sederhana diartikan bahwa ilmu gizi merupakan ilmu yang melibatkan berbagai disiplin ilmu pengetahuan. (Komite Thomas dan Earl, 1991) (Almatsier, 2009) (Alistina *et al.*, 2021)

1.5 Perkembangan Ilmu Gizi di Indonesia

Berikut beberapa momen dan penelitian yang berperan dalam sejarah perkembangan Ilmu Gizi di Indonesia.

- Tahun 1888 Belanda mendirikan “**Laboratorium Kesehatan**” di Jakarta, dengan maksud untuk menanggulangi penyakit Beri - beri di Indonesia dan di Asia.
- Tahun 1934 terbentuk Lembaga Makanan Rakyat.
- Tahun 1938, bermula dari Tahun 1919, **Jansen** dan **Donath** meneliti masalah Gondok di Wonosobo, kemudian pemerintah Hindia Belanda memberi fasilitas untuk mendirikan Lembaga Eijkman. Beberapa kegiatan lembaga tersebut seperti survei gizi pada tahun 1927-1942, yang dilakukan oleh Jansen dan Kawan-kawan pada 7 lokasi berbeda di daerah Jawa, Seram dan Lampung. Tujuan survei tersebut adalah untuk mengamati pola

makan, keadaan gizi, kondisi pertanian dan perekonomian. Lembaga ini juga berhasil melakukan Analisis berbagai Bahan Makanan yang sekarang dikenal sebagai Daftar Komposisi Bahan Makanan disingkat atau dikenal dengan DKBM

- Tahun 1930, **De Hass**, dkk. berhasil menemukan defisiensi gizi yaitu defisiensi vitamin A, (1935) meneliti tentang KEP (Kurang Energi Protein).
- Tahun 1950, Lembaga Makanan Rakyat (LMR) menjadi lembaga yang berada dibawah Kementerian Kesehatan RI diketuai **Prof. Poerwo Soedarmo** Pendiri organisasi profesi Persatuan Ahli Gizi Indonesia (PERSAGI) atau dikenal juga sebagai Bapak Gizi Indonesia. Saat itu Bapak Poerwo Soedarmo berhasil memperkenalkan promosi gizi yang baik dengan istilah “Empat Sehat Lima Sempurna” yang begitu populer pada waktu itu sampai pada pemerintahan Orde Baru.

Beberapa penelitian di Indonesia yang kemudian menarik perhatian WHO dan dijadikan sebagai rekomendasinya adalah

- **Domen** (1952-1955) melakukan penelitian tentang *kwashiorkor* (istilah gizi buruk ketika tubuh kekurangan protein) dan *Xerophthalmia* (istilah kebutaan akibat seseorang kekurangan vitamin A).
- **Klerk** (1956) melakukan penelitian terhadap variabel Tinggi Badan (TB) dan Berat Badan (BB) anak Sekolah Dasar yang hasil penelitian tersebut diperoleh gambaran Status Gizi Anak SD pada masa balitanya.
- **Gailey** (1957 – 1958) melakukan pengamatan tentang kondisi Kelaparan di Gunung Kidul dan menghasilkan teori Kelaparan .
- Prof. Poerwo Soedarmao Mencetak Tenaga Ahli Gizi (AKZI dan FKUI).

- Tahun 1950-2010 perkembangan ilmu gizi di Indonesia telah berkembang sangat pesat, bahkan teori-teori gizi yang baru ditemukan belum sampai diterapkan telah muncul lagi ilmu yang terbaru dari hasil penelitian terbaru dari ilmu gizi. (Direktorat Bina Gizi Masyarakat Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019) (Komite Thomas dan Earl, 1991)

1.6 Perkembangan Ilmu Gizi Masa Kini

Sejarah perkembangan ilmu gizi saat ini, dapat di kelompokkan menjadi enam era, yaitu : era gizi pangan; era gizi makro ; era gizi mikro; era gizi seluler dan molekuler; era gizi nutrigenetik dan genomik; dan era gizi holistik. Antara era yang satu dengan yang lain bukanlah suatu yang terpisah, melainkan sesuatu yang kontinyu dan berkaitan. Era tersebut menunjukkan *milestone* dimulainya suatu invansi dan inovasi besar yang akan berdampak besar dalam perkembangan iptek gizi selanjutnya. (Pakar Gizi Indonesia, 2017)

Saat ini sudah diketahui sekitar 45 zat gizi yang harus tersedia di dalam makanan sehari-hari dan masih diteliti kemungkinan mikro mineral dan unsur-unsur vitamin baru. Masalah gizi kurang masih merupakan masalah di negara-negara berkembang, termasuk di Indonesia.

Di sisi lain, masalah gizi lebih adalah masalah gizi di Negara-negara maju. Namun, saat ini masalah gizi lebih sudah mulai juga terjadi di negara-negara berkembang, sebagai dampak keberhasilan di bidang ekonomi termasuk Indonesia

Konsep-konsep baru bidang gizi yang ditemukan akhir-akhir ini adalah pengaruh keturunan terhadap kebutuhan gizi, pengaruh gizi terhadap perkembangan otak dan perilaku, pengaruh gizi terhadap kemampuan bekerja dan produktifitas serta daya tahan terhadap penyakit infeksi.

Pengaruh stres, pengaruh faktor-faktor lingkungan (polusi dan obat-obatan) terhadap status gizi. Selain hal tersebut berkembang pula pemahaman terhadap faktor-faktor gizi yang berperan dalam pencegahan dan pengobatan terhadap penyakit degeneratif. Pada bidang teknologi pangan berkembang penemuan-penemuan tentang cara mengolah makanan bergizi, fortifikasi bahan pangan dengan zat-zat gizi esensial, pemanfaatan sifat struktural bahan pangan upaya pemenuhan bahan pangan yang semakin meningkat sehubungan dengan kebutuhan penduduk yang semakin meningkat jumlahnya. (Rahayu, Yulidasari and Setiawan, 2020).

Ilmu gizi akan berkembang terus secara vertikal dan secara horisontal ke masa depan. Secara vertikal, perkembangan ilmu gizi akan mengarah kepada pendalaman tentang fungsi dan manfaat fungsional berbagai komponen zat gizi (berbagai jenis karbohidrat termasuk serat, asam lemak, asam amino, berbagai senyawa mineral dan vitamin). Secara horisontal perkembangan ilmu gizi diperkirakan akan mengarah kepada pendalaman gizi molekuler, gizi genetika, gizi mikrobiota dan perilaku makan dan pencegahan serta terapi masalah gizi dan beragam penyakit infeksi serta penyakit tidak menular secara holistik pada semua tahap kehidupan manusia. (Pakar Gizi Indonesia, 2017).

1.7 Pegelompokan Zat Gizi

Para Ahli Gizi membagi zat-zat gizi ke dalam enam kelompok besar, yaitu : 1) karbohidrat; 2) lemak; 3) protein; 4) vitamin; 5) mineral dan 6) air. Selain enam kelompok besar tersebut, zat gizi juga dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok berdasarkan jumlah yang kebutuhannya, yaitu zat gizi makro dan zat gizi mikro.

1.7.1 Zat Gizi Makro

Zat gizi makro adalah zat gizi yang diperlukan tubuh dalam jumlah besar (makro nutrien), Kelompok gizi makro nutrien ini

terdiri atas karbohidrat, protein dan lemak. Ketiganya zat gizi tersebut menyediakan energi agar dapat beraktifitas dan menjalankan fungsinya.

Satuan ukur untuk kelompok gizi makro nutrien menggunakan satuan gram, misalnya sekian gram karbohidrat, protein dan lemak. Setiap 1 gram Karbohidrat dan protein masing-masing menyediakan energi sebesar 4 kkal (kalori), sedangkan 1 gram lemak menyumbangkan energi 9 kkal. kalori)

1.7.2 Zat Gizi Mikro

Zat gizi mikro adalah zat gizi yang diperlukan tubuh dalam jumlah kecil (mikronutrien), Kelompok gizi mikronutrien ini terdiri atas mineral dan vitamin. Kelompok zat gizi mikro yang disebut juga dengan mikronutrien terdiri atas mineral dan vitamin. Satuan ukur untuk kelompok gizi mikronutrien menggunakan satuan miligram (mg), mikrogram (mcg), atau IU.

Vitamin terbagi kembali menjadi dua kelompok berdasarkan kelarutannya, yakni vitamin larut lemak dan vitamin larut air. Vitamin yang larut dalam lemak meliputi ; vitamin A, vitamin D, vitamin E, dan vitamin K. Sementara, vitamin larut air terdiri atas ; vitamin B kompleks dan vitamin C. Mineral terbagi menjadi dua kelompok besar. Kelompok pertama terdiri atas 7 mineral makro yang dibutuhkan dalam jumlah besar, sisanya merupakan mineral mikro (trace minerals) yang dibutuhkan dalam jumlah kecil.

Untuk dapat beraktivitas dan menjalankan fungsinya dengan baik zat gizi makro dan zat gizi mikro masing-masing mempunyai kegunaan tersendiri bagi tubuh. Tubuh memerlukan asupan kedua zat gizi tersebut dalam jumlah yang sesuai. Zat gizi juga dapat digolongkan menjadi zat gizi esensial dan zat gizi tidak esensial. (Furkon, 2016)

1.8 Fungsi Zat Gizi

Tiga fungsi umum zat gizi bagi tubuh adalah :

1. Sumber energi
2. Pertumbuhan dan mempertahankan jaringan
3. Mengatur proses metabolisme di dalam tubuh tubuh
(Atikah Proverawati, 2017).

1.8.1 Sumber Energi

Zat gizi yang berfungsi menghasilkan energi adalah karbohidrat , lemak dan protein. Zat gizi penghasil energi ini sebagian besar dihasilkan oleh bahan pangan jenis makanan pokok. Oksidasi dari karbohidrat, lemak dan protein menghasilkan energi yang diperlukan untuk melakukan kegiatan/aktivitas. Karbohidrat, lemak dan protein Ketiga zat gizi tersebut mengandung karbon yang termasuk ikatan organik. Dalam fungsi sebagai zat pemberi energi, ketiga zat gizi tersebut dinamakan zat pembakar, yang bermanfaat untuk menggerakkan tubuh dan proses metabolisme.

1.8.2 Pertumbuhan dan Mempertahankan Jaringan Tubuh

Proses pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh dibutuhkan zat gizi protein, mineral dan air. Kebutuhan tersebut disebabkan karena protein, mineral, dan air merupakan komponen penyusun jaringan tubuh, terutama zat gizi protein. Secara spesifik hasil metabolisme protein, mineral dan air dapat berfungsi membentuk sel-sel baru, memelihara dan mengganti sel-sel yang rusak. Dalam fungsi ini ketiga zat gizi tersebut dinamakan zat pembangun terutama protein. Bahan makanan sumber zat pembangun umumnya ditemukan pada bahan pangan jenis lauk pauk. Jenis dan fungsi sebagian besar zat gizi dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 : Jenis dan Fungsi Sebagian Besar Zat Gizi

Zat-zat Gizi	Fungsi		
	Sumber Energi	Pertumbuhan dan Perbaikan	Proses Metabolisme
Karbohidrat (pati, gula)	X		
Lemak	X		
Protein	X	X	
Mineral :			
Kalsium (Ca)		X	X
Fosfor (F)		X	X
Besi (Fe)		X	X
Tembaga (Cu)		X	X
Magnesium (Mg)		X	X
Belerang (S)		X	X
Natrium (Na)		X	X
Kalium (K)		X	X
Klorida (Cl)		X	X
Iodium (I)		X	X
Mangan (Mg)		X	X
Kobalt (Co)		X	X
Vitamin Larut Lemak		X	X
Vitamin A		X	X
Vitamin D		X	X
Vitamin E		X	X
Vitamin K		X	X
Vitamin Larut Air		X	X
Thiamin (Vitamin B1)		X	X
Riboflavin (Vitamin B2)		X	X
Niasin		X	X
Asam Askorbat (Vitamin C)		X	X
Air			

Sumber : (Muchtadi, 2019)

1.8.3 Mengatur Proses Metabolisme Tubuh

Zat gizi untuk mengatur proses tubuh adalah protein, mineral, vitamin dan air. Protein bertindak sebagai *buffer* dalam upaya menjaga netralitas tubuh, mengatur keseimbangan air dalam sel, dan membentuk antibodi yang dapat penangkal organisme dan bahan-bahan asing yang bersifat infeksiif bagi tubuh. Mineral (zat besi/ Fe, kalsium/Ca) bersama vitamin (vitamin A, vitamin B/thiamin, vitamin C) diperlukan sebagai pengatur proses-proses oksidasi tubuh, mengatur fungsi normal saraf, otot serta banyak proses lainnya termasuk proses menua. Air diperlukan sebagai pelarut di dalam proses metabolisme dan pembuangan sisa-sisa/ekskresi hasil metabolisme. Bahan pangan jenis buah dan sayuran merupakan bahan pangan sumber mineral dan vitamin. (Sediaoetama, 1989) (Almatsier, 2009).

1.9 Kebutuhan Gizi Berkaitan dengan Proses Tubuh

Makanan sehari-hari yang dipilih dengan baik akan memberikan semua zat gizi yang diperlukan untuk fungsi normal tubuh. Sebaliknya, jika makanan tidak dipilih dengan baik tubuh akan kekurangan zat-zat gizi esensial tertentu. Zat Gizi esensial adalah zat gizi yang harus dipenuhi dari makanan.



Gambar 1.1 : Macam – macam zat gizi yang terdapat dalam makanan menurut fungsi utamanya.

Sumber : (Rahayu, Yulidasari and Setiawan, 2020)

1.10 Akibat Gangguan Gizi terhadap Fungsi Tubuh

Tubuh membutuhkan setiap zat gizi dalam jumlah yang berbeda-beda. Terdapat zat gizi tertentu yang diperlukan dalam jumlah besar, dan ada pula zat gizi yang diperlukan dalam jumlah kecil. Walaupun kebutuhannya dalam jumlah kecil, namun jumlah tersebut sudah dapat membantu menjalankan berbagai fungsi untuk menjaga metabolisme tubuh secara normal.

Kecukupan jumlah konsumsi makanan berpengaruh terhadap status gizi seseorang. Status gizi baik atau status gizi optimal terjadi ketika tubuh memperoleh zat-zat gizi yang cukup baik secara kualitas maupun kuantitas dan oleh tubuh digunakan secara efisien. Kecukupan jumlah konsumsi gizi memungkinkan proses tubuh berjalan normal meliputi ; pertumbuhan fisik, perkembangan otak, kemampuan kerja dan kesehatan secara umum pada tingkat setinggi mungkin. Status gizi kurang dapat terjadi apabila tubuh kekurangan satu atau lebih zat-zat gizi esensial. Status gizi lebih terjadi ketika tubuh memperoleh zat-zat gizi dalam jumlah berlebihan

1.10.1 Akibat Gizi Kurang Pada Proses Tubuh

Manifestasi yang tampak pada tubuh akibat konsumsi gizi yang kurang, ditentukan dari jenis zat gizi apa yang menurut kualitas dan kuantitas dominan kurang. Kekurangan kecukupan konsumsi zat gizi secara kuantitas dan kualitas menyebabkan gangguan pada proses-proses :

➤ **Pertumbuhan**

Usia anak-anak adalah kelompok usia yang mengalami pertumbuhan fisik, kecerdasan, mental, dan emosional yang sangat cepat. Untuk mendukung proses tumbuh kembang anak-anak berjalan normal, sangat dibutuhkan asupan makanan yang mengandung unsur gizi yang cukup kualitas dan kuantitasnya. Kekurangan gizi yang terjadi pada usia anak-anak sangat beresiko menyebabkan gangguan pada proses tumbuh dan kembang, seperti kekurangan zat gizi sumber energi dan zat pembangun menyebabkan otot-otot menjadi lembek dan rambut mudah rontok.

➤ **Produksi Tenaga**

Kekurangan energi berasal dari makanan, menyebabkan seseorang kekurangan tenaga untuk bergerak, bekerja, dan melakukan aktivitas lainnya. Orang menjadi malas, merasa lemah, dan kemampuan kerja menurun.

➤ **Pertahanan Tubuh**

Akibat gizi kurang menyebabkan daya tahan tubuh terhadap tekanan atau stres menurun. Sistem imun dan antibodi berkurang, tubuh mudah terserang infeksi seperti pilek, batuk, dan diare. Kekurangan zat gizi kronis pada anak dan tidak segera ditangani dapat membawa kepada kematian.

➤ **Struktur dan Fungsi Otak**

Kurang gizi pada usia muda dapat berpengaruh terhadap perkembangan mental seseorang termasuk juga pada kemampuan berfikir. Pertumbuhan dan perkembangan fungsi otak mencapai bentuk maksimal pada usia dua tahun. Apabila seseorang anak mengalami kekurangan gizi sebelum mencapai

usia dua tahun, maka dampak yang kemungkinan terjadi yaitu gangguan pertumbuhan otak dan fungsi otak secara permanen.

➤ **Perilaku**

Perilaku anak dan orang dewasa yang mengalami kekurangan gizi menunjukkan perilaku yang tidak sama seperti anak atau orang dewasa pada umumnya. Anak yang mengalami kekurangan gizi menunjukkan sikap tidak tenang, mudah tersinggung, cengeng dan apatis.

1.10.2 Akibat Gizi Lebih Pada Proses Tubuh

Asupan gizi lebih dapat menyebabkan kegemukan atau obesitas. Kelebihan energi yang dikonsumsi akan disimpan di dalam jaringan dalam bentuk lemak. Kegemukan merupakan salah satu faktor resiko terjadinya berbagai penyakit degeneratif, seperti hipertensi, penyakit diabetes melitus, jantung koroner, gangguan pada organ hati dan kantung empedu. (Purnamasari *et al.*, 2022) (Almatsier, 2009)

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S. 2009. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Cetakan 8. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Alristina, A. D. *et al.* 2021. *Ilmu Gizi Dasar Buku Pembelajaran*. 1st edn. Purwodadi: CV. Sarnu Untung.
- Atikah Proverawati, E. K. 2017. *Ilmu Gizi Untuk Keperawatan & Gizi Kesehatan*. Kedua. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Banowati, L. 2014. *Ilmu Gizi Dasar*. Pertama. Edited by F. A. Pratama. CV. Budi Utama.
- Direktorat Bina Gizi Masyarakat Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2019. *Sejarah Perkembangan Gizi di Indonesia (1951-2018)*. Kementerian Kesehatan RI.
- Furkon, L. A. 2016. 'Ilmu Gizi dan Kesehatan', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699. Available at: <http://www.pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/PEBI4428-M1.pdf>.
- J.C. Drummond, A. W. 1991. 'The Englishman's Food: Five Centuries of English Diet'. PIMLICO.
- Jauhari, A. 2013. *Dasar-Dasar Ilmu Gizi: Karbohidrat, Protein, Lemak, Vitamin*. Cetakan I. Yogyakarta: Jaya ilmu.
- Komite Thomas dan Earl. 1991. 'Sejarah Perkembangan Ilmu Gizi'. Available at: <https://arali2008.wordpress.com/2010/10/19/sejarah-perkembangan-ilmu-gizi/>.
- Muchtadi, D. 2019. *Pengantar Ilmu Gizi*. Bandung: Alfabeta.
- Pakar Gizi Indonesia. 2017. *Ilmu Gizi Teori & Aplikasi*. Edited by H. I Dewa Nyoman Supriasa. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Purnamasari, A. *et al.* 2022 *Fisiologi Manusia dan Zat Gizi*. Edited by Sukmawati. Cendekia Publisher.
- Rahayu, A., Yulidasari, F. and Setiawan, M. I. 2020. *Buku Ajar Dasar Dasar Gizi*. 1st edn. Edited by L. Anggraini. Yogyakarta: CV. Mine.

Sediaoetama, A. D. 1989. 'Ilmu Gizi Untuk Mahasiswa dan Profesi'.
Jakarta: Dian Rakyat.

BAB 2

KEHAMILAN DAN ZAT GIZI

Oleh Rika Rachmawati

2.1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan bahwa kehamilan akan menyebabkan terjadinya perubahan fisiologis pada diri ibu yang dapat mempengaruhi pemanfaatan zat gizi ibu dan transfer zat gizi ke janin, sehingga ibu membutuhkan zat gizi tambahan. Apabila ibu mengalami kekurangan gizi akibat tidak cukupnya asupan makro dan mikronutrien, maka akan menimbulkan efek jangka panjang terhadap *outcome* kehamilan. Penelitian terhadap wanita kurang gizi di negara berpenghasilan menengah ke bawah telah melaporkan bahwa meningkatkan gizi ibu dapat berpengaruh pada kesehatan ibu dan bayi (Victoria dkk, 2021). Disamping kekurangan gizi, beberapa penelitian melaporkan terjadi peningkatan angka obesitas pada ibu saat mulai hamil, kelebihan berat badan selama kehamilan, dan komplikasi seperti gestasional diabetes mellitus (Gilmore, Klempel-Donchenko & Redman, 2015; Aji dkk, 2022), sehingga perlu adanya suatu panduan yang lebih jelas tentang keseimbangan makronutrien yang optimal dan pola diet bagi wanita hamil, untuk mengurangi risiko terhadap timbulnya masalah kesehatan jangka pendek dan jangka panjang pada ibu dan anak.

Keragaman dalam diet, metabolisme zat gizi, dan kebutuhan zat gizi individu dapat mempengaruhi pertambahan berat badan selama kehamilan, pertumbuhan janin, risiko kelahiran prematur, kelahiran cacat, dan *outcome* kehamilan lainnya (Vesco, Lindsay & Johnson, 2020). Bab ini akan membahas tentang perubahan fisiologis yang terjadi selama kehamilan serta kebutuhan makro dan mikronutrien pada ibu hamil untuk mendukung pertumbuhan

dan perkembangan janin yang optimal dan untuk mengurangi risiko komplikasi kehamilan.

2.2 Kebutuhan Fisiologis Kehamilan

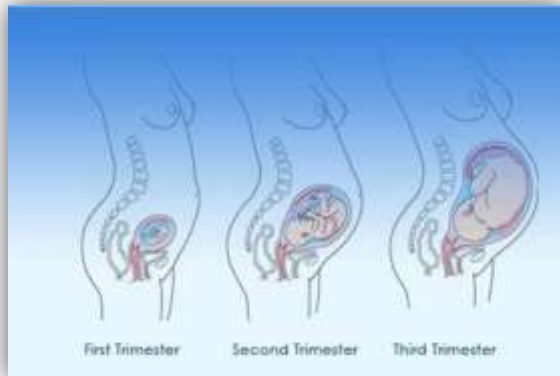
Kehamilan adalah suatu keadaan dimana janin berkembang di dalam rahim seorang wanita. Kehamilan terjadi akibat adanya pembuahan sel telur oleh sel sperma. Proses yang terjadi berkesinambungan mulai dari proses pelepasan sel telur, migrasi spermatozoa dan ovum, konsepsi dan pertumbuhan zigot, implantasi pada uterus, pembentukan plasenta, dan tumbuh kembang janin sampai cukup bulan untuk lahir. Normalnya proses kehamilan berlangsung selama 40 minggu yang diukur dari sejak menstruasi terakhir hingga melahirkan.

Masa kehamilan dibagi menjadi tiga periode triwulan yang biasa disebut trimester, sebagai cara untuk memudahkan mengetahui perbedaan tahapan perkembangan janin. Trimester I dimulai sejak terjadi konsepsi hingga usia kehamilan 3 bulan, trimester II sejak usia kehamilan 4 bulan sampai 6 bulan, sedangkan trimester III dari usia kehamilan 7 bulan sampai 9 bulan. Menurut penelitian dari NICHD Neonatal Research Network, tingkat kelangsungan hidup bayi yang lahir pada minggu ke-28 adalah 92%, meskipun mereka yang lahir pada waktu tersebut memiliki risiko untuk mengalami komplikasi kesehatan yang serius, seperti masalah pernapasan dan neurologis.

Bayi yang lahir sebelum usia kehamilan 37 minggu dianggap prematur, sedangkan bayi yang lahir pada usia kehamilan 39 atau 40 minggu dianggap cukup bulan. Bayi cukup bulan memiliki hasil kesehatan yang lebih baik daripada bayi yang lahir lebih awal atau, dalam beberapa kasus, lebih lambat. Oleh karena itu, jika tidak ada alasan medis untuk melahirkan lebih awal, yang terbaik adalah melahirkan pada atau setelah 39 minggu untuk memberikan waktu bagi paru-paru, otak, dan hati bayi untuk

berkembang sepenuhnya. Bayi yang lahir pada 41 minggu hingga 41 minggu 6 hari dianggap terlambat (NICHD, 2017).

2.2.1 Perubahan Fisik



Gambar 2.1 : Tiga tahap kehamilan

Sumber :

https://www.emedicinehealth.com/pregnancy_week_by_week/article_em.htm

Setiap trimester dalam kehamilan ditandai dengan peristiwa dan penanda perkembangan tertentu. Misalnya, trimester pertama mencakup diferensiasi sistem organ yang berbeda.

Dalam setiap tahapan kehamilan, seorang ibu akan mengalami perubahan pada fisik dan emosional. Beberapa ibu hamil mungkin tidak menyadari adanya perubahan tersebut di trimester pertama karena transformasi yang tidak terlihat dan terjadi dengan cepat. Perubahan fisik pada setiap tahapan kehamilan sebagian besar disebabkan karena adanya perubahan hormonal.

Gambar berikut menunjukkan perubahan fisik yang dialami ibu pada setiap tahapan kehamilan (Duyff, 2012) :

Trimester I	Trimester II	Trimester III
- Payudara membesar - Mual dengan atau tanpa muntah (<i>morning sickness</i>) - Peningkatan buang air kecil - Kelelahan - Mengidam makanan dan sensitif terhadap bau tertentu - Maag - Sembelit	- Mual yang parah mulai mereda - Mengalami kram pada kaki - Perut dan payudara membesar - Beberapa mungkin akan mengalami kontraksi ringan dan tidak teratur - Perubahan kulit akibat peningkatan sel pigmen - Beberapa mungkin mengalami masalah gigi akibat gusi yang sensitif - Beberapa mungkin mengalami pusing - Keputihan - Infeksi saluran kemih	- Gerakan bayi akan menjadi lebih jelas - Kontraksi ringan dan tidak teratur - Sakit punggung - Sesak napas - Maag - Spider veins, varises dan wasir - Sering buang air kecil

Gambar 2.2 : Perubahan fisik ibu berdasarkan tahapan kehamilan

2.2.2 Perubahan Hormon

Selama kehamilan dibutuhkan jumlah zat gizi yang lebih besar untuk metabolisme ibu dan pertumbuhan jaringan pada janin serta untuk disimpan dalam janin. Kebutuhan zat gizi tersebut dapat dipenuhi melalui peningkatan asupan makanan ibu. Selain itu juga ada banyak penyesuaian metabolisme zat gizi untuk mendukung perkembangan janin. Beberapa perubahan penting ada dalam konsentrasi serum hormon, dalam deposisi jaringan dan metabolisme.

1. Human chorionic gonadotropin (hCG) merupakan hormon yang diproduksi oleh plasenta (pada level kecil diproduksi oleh ginjal janin) dan mulai memasuki aliran darah ibu setelah terjadi implantasi. Hormon hCG mulai terdeteksi di plasma ibu hamil sekitar 8 hari setelah ovulasi (Vesco, Lindsay & Johnson, 2020). Fungsi utama hCG adalah membantu mempertahankan corpus luteum, yang menghasilkan hormon steroid untuk mendukung kehamilan

sampai produksi steroid plasenta cukup. Transisi produksi hormon steroid dari korpus luteum ke plasenta terjadi pada saat kehamilan masuk usia 7-10 minggu. Puncak hCG dalam darah ($\sim 100,000$ IU/L) terjadi di sekitar usia kehamilan 8-10 minggu dan kemudian menurun menjadi ($\sim 10,000$ - $20,000$ IU/L) pada 18-20 minggu usia kehamilan, dengan kadar yang tetap sampai melahirkan.

2. Konsentrasi progesteron dalam darah meningkat selama masa kehamilan. Pada awal kehamilan, sumber utama hormon progesteron adalah korpus luteum. Setelah pergeseran luteal-plasenta, plasenta menjadi sumber utama sintesis progesteron. Selama proses kehamilan terjadi berbagai perubahan fisiologis yang seringkali menyebabkan berbagai gejala dan keluhan pada gastrointestinal seperti mulas, mual dan muntah, serta konstipasi. Hormon progesteron berfungsi untuk membuat sel-sel otot polos pada saluran pencernaan dan rahim menjadi relaks sehingga ibu hamil tidak mengalami keluhan gastrointestinal yang parah (Gomes dkk, 2018). Progesterone juga menstimulasi pernapasan ibu hamil sehingga tidak mengalami gangguan pernapasan, meningkatkan perkembangan lobulus kelenjar susu, dan mencegah terjadinya sekresi susu selama kehamilan.
3. Biosintesis estrogen (estrone, estradiol, dan estriol) meningkat selama kehamilan, dan konsentrasi estrogen dalam darah terus meningkat selama kehamilan. Estrogen memainkan peran penting dalam mempromosikan aliran darah rahim dan kontraktilitas serta memainkan peran dalam perkembangan janin dan kematangan organ. Estrogen juga mempengaruhi metabolisme karbohidrat, lemak, dan tulang serta untuk persiapan menyusui, mempromosikan proliferasi duktus di payudara dan merangsang sintesis dan pelepasan prolaktin dari laktotrof hipofisis (King JC, 2000).

4. Human placental lactogen (hPL) diproduksi oleh plasenta. Tingkat darahnya berkorelasi dengan plasenta dan berat badan janin, terus meningkat selama kehamilan sampai akhir minggu ke-4 kehamilan. Hormon hPL mendukung pertumbuhan plasenta dan janin dengan merangsang pemecahan lemak ibu untuk meningkatkan tingkat sirkulasi asam lemak bebas yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk nutrisi ibu dan janin. Hormon hPL juga merangsang sekresi *insulin-like growth factor* (IGF) serta menginduksi resistensi insulin dan intoleransi karbohidrat. Selain itu, merangsang perkembangan kelenjar susu dalam persiapan untuk menyusui (Vesco, Lindsay & Johnson, 2020).

Periode peningkatan resistensi insulin terjadi selama kehamilan normal. Hormon seperti progesteron, hormon pertumbuhan yang diturunkan dari plasenta, prolaktin, kortisol, leptin, dan sitokin seperti faktor nekrosis tumor semuanya berperan dalam resistensi insulin pada kehamilan. Peningkatan resistensi insulin berfungsi untuk memberikan aliran glukosa yang stabil ke janin.

Meskipun berat janin meningkat selama kehamilan, sekitar 90% dari pertumbuhan janin terjadi pada 20 minggu terakhir kehamilan. Pertumbuhan janin disertai dengan perkembangan plasenta, uterus, dan kelenjar susu. Jaringan tambahan menyebabkan tingkat metabolisme ibu meningkat 60% selama paruh terakhir kehamilan, menciptakan peningkatan kebutuhan akan energi dari makanan. Protein, lemak, mineral, dan vitamin yang disimpan dalam janin dan jaringan ibu berasal dari peningkatan asupan makanan ibu dan/atau penyerapan usus yang lebih efisien atau reabsorpsi ginjal, tergantung pada zat gizi (King JC, 2000).

2.2.3 Perubahan Darah dan Cairan Lainnya

Peningkatan volume plasma dimulai dari 6-8 minggu kehamilan dan meningkat sekitar 45 persen (1.2-1.6 L) pada akhir kehamilan, sedangkan peningkatan massa sel darah merah hanya sebesar 20-30 persen (250-450 mL). Proporsi yang lebih besar pada peningkatan volume plasma relatif terhadap sadapan massa sel darah merah untuk "hemodilusi kehamilan," terutama selama trimester kedua, ketika ada peningkatan terbesar dalam volume plasmanya. Hemodilusi dapat menyebabkan penurunan konsentrasi mineral tertentu dalam serum darah, seperti kalium.

Hipervolemia pada kehamilan diperlukan untuk memenuhi peningkatan kebutuhan rahim yang sedang tumbuh untuk mengangkut zat gizi dan elemen lain ke janin dan untuk melindungi ibu terhadap kehilangan darah saat persalinan. Albumin berfungsi sebagai pembawa berbagai mineral, hormon, dan asam lemak serta membantu mempertahankan tekanan onkotik di kapiler. Konsentrasi serum albumin menurun selama kehamilan, akibatnya konsentrasi zat gizi yang mengikat albumin (seperti kalsium) dapat menurun juga. Aliran plasma ginjal meningkat sebesar 80% dan laju filtrasi glomerulus sebesar 50%, disertai dengan peningkatan ekskresi urin glukosa, asam amino, dan vitamin larut dalam air, serta penurunan kadar kreatinin serum (Vesco, Lindsay & Johnson, 2020).

2.2.4 Kenaikan Berat Badan Ibu Hamil



Gambar 2.3 : Komponen penambahan berat badan dalam kehamilan

Sumber : Dalfra', Burlina & Lapolla (2022)

Kenaikan berat badan adalah aspek normal dari kehamilan yang terjadi saat tubuh ibu beradaptasi untuk menopang pertumbuhan janin, persalinan, dan menyusui. Produk dari konsepsi (cairan ketuban, janin, dan plasenta) dan perubahan struktural ibu, seperti peningkatan ukuran rahim dan penyimpanan lemak, darah yang meluas, volume cairan ekstrasvaskular, dan akumulasi sel air dan protein, semuanya berkontribusi pada peningkatan berat badan kehamilan. Kenaikan berat badan normal menyumbang simpanan lemak dari 2,7 menjadi 3,6 kg, peningkatan volume darah dari 1,4 menjadi 1,8 kg, peningkatan volume cairan ekstrasvaskular dari 0,9 menjadi 1,4 kg, pembesaran rahim 0,9 kg, pembesaran payudara 0,45-1,4 kg, cairan ketuban 0,9 kg, plasenta 0,7 kg, janin 3,2-3,6 kg (Gambar 3) (Dalfra', Burlina & Lapolla, 2022).

Indeks massa tubuh (IMT) ibu sebelum hamil telah disarankan sebagai kovariat penting untuk hubungan antara kenaikan berat badan kehamilan (*gestational weight gain* (GWG)) dan *outcome* kehamilan (Rasmussen KM & Yaktine AL, 2009).

Institute of Medicine of America (IOM) telah memberikan rekomendasi kisaran penambahan berat badan total dan tingkat kenaikan berat badan selama kehamilan berdasarkan status IMT pra hamil. Rekomendasi penambahan berat badan selama kehamilan berdasarkan IMT pra hamil disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 : Rekomendasi penambahan berat badan selama kehamilan berdasarkan IMT ibu sebelum hamil

Rekomendasi	IMT (kg/m ²)	Penambahan berat badan total (kg)
Rekomendasi IOM untuk penambahan berat badan pada kehamilan	< 18.5	12.5 – 18
	18.5 – 24.9	11.5 – 16
	25 – 29.9	7 – 11.5
	≥ 30	5 - 9
Rekomendasi penambahan berat badan kehamilan pada wanita dari <i>background</i> Asia	< 18.5	12.5 - 18
	18.5 – 22.9	11.5 - 16
	23 – 27.5	7 – 11.5
	> 27.5	≤ 7

Sumber : Aoyama, Li & Bay (2022)

Penambahan berat badan kehamilan yang berlebihan maupun yang tidak memadai berhubungan dengan peningkatan risiko yang merugikan terhadap *outcome* kelahiran dan kesehatan ibu.

2.3 Gizi dan Kehamilan

2.3.1 Status Gizi Ibu Hamil

Selama proses kehamilan berlangsung akan terjadi peningkatan pada metabolisme energi, yang mengakibatkan kebutuhan energi dan zat gizi lainnya meningkat. Peningkatan

energi dan zat gizi tersebut diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan janin, penambahan besarnya organ kandungan, perubahan komposisi dan metabolisme tubuh ibu. Apabila terjadi defisiensi pada zat gizi tertentu yang diperlukan saat hamil, dapat mengakibatkan pertumbuhan janin menjadi tidak sempurna.

Penting untuk menyediakan kebutuhan gizi yang baik selama kehamilan agar ibu hamil dapat mencapai dan mempertahankan status gizi yang optimal. Ibu hamil dengan status gizi yang baik dapat menjalani kehamilan dengan aman. Ibu hamil dapat melahirkan bayi dengan potensi fisik dan mental yang baik, serta memperoleh energi yang cukup untuk persiapan menyusui bayinya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi status gizi ibu hamil antara lain adalah keadaan sosial ekonomi keluarga yang dapat mempengaruhi kemampuan seseorang dalam memilih dan mengonsumsi makanan dengan nilai gizi yang tinggi, umur kehamilan yang akan menentukan takaran zat gizi yang diperlukan, status kesehatan ibu, dan jarak kelahiran dengan anak sebelumnya. Berikut ini adalah akibat dari kondisi status gizi yang buruk selama kehamilan dan pengaruhnya terhadap :

1. Ibu hamil
 - akan mengalami kekurangan energi dan protein
 - dapat menderita anemia
 - produksi ASI berkurang
2. Janin
 - berisiko mengalami kegagalan pertumbuhan
 - berat badan lahir rendah (BBLR)
 - lahir prematur
 - lahir mati
 - cacat bawaan
 - keguguran
3. Persalinan
 - Sectio Caesarea
 - perdarahan

- persalinan lama

Masalah gizi yang sering dialami oleh ibu hamil adalah kekurangan energi kronis (KEK), anemia akibat kekurangan zat besi, dan gangguan akibat kekurangan yodium (GAKY). Apabila ibu hamil mengalami masalah gizi tersebut maka dapat berdampak pada penurunan kualitas generasi yang akan datang karena pertumbuhan fisik dan perkembangan mental anak menjadi terganggu, serta akan berisiko mengalami penurunan kecerdasan.

2.3.2 Zat Gizi Selama Kehamilan

A. Angka Kecukupan Gizi (AKG) harian yang dianjurkan

Ibu hamil akan membutuhkan asupan zat gizi yang lebih banyak dibandingkan dengan keadaan tidak hamil. Konsumsi makanan ibu meningkat untuk memenuhi kebutuhan zat gizi bagi dirinya dan untuk pertumbuhan serta perkembangan janin/bayinya. Di dalam kandungan ibu, janin tumbuh dengan mengambil zat-zat gizi dari makanan yang dikonsumsi oleh ibunya dan dari simpanan zat gizi yang berada di dalam tubuh ibunya. Pertambahan kebutuhan zat gizi juga diperlukan untuk persiapan ibu dalam memproduksi ASI. Bila makanan ibu sehari-hari tidak cukup mengandung zat gizi yang dibutuhkan, maka janin akan mengambil persediaan yang ada di dalam tubuh ibunya, seperti sel lemak sebagai sumber kalori dan zat besi sebagai sumber zat besi. Oleh karena itu, ibu hamil harus mempunyai status gizi yang baik sebelum hamil dan mengonsumsi makanan yang beranekaragam baik proporsi maupun jumlahnya.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI) nomor 28 tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia memberi panduan tentang angka kebutuhan gizi berdasarkan jenis kelamin dan umur. Selama kehamilan kebutuhan energi dan zat gizi akan meningkat. Semakin bertambah usia

kehamilan, maka kebutuhan energi dan zat gizi juga akan semakin bertambah, utamanya terjadi pada trimester II dan III. Pada trimester II, energi diperlukan untuk pertumbuhan jaringan ibu seperti penambahan volume darah, pertumbuhan uterus dan payudara, serta penumpukan lemak. Sedangkan pada trimester III energi digunakan untuk pertumbuhan janin dan plasenta. Angka Kecukupan Gizi bagi perempuan dewasa tidak hamil dan tambahannya apabila dalam kondisi hamil untuk masing masing zat gizi di setiap trimester ditunjukkan dalam Tabel 2.

Kebutuhan energi dan zat gizi dalam kehamilan untuk individu bervariasi dan pedoman yang merekomendasikan kecukupan zat gizi harian berbeda antar negara. Namun telah disepakati bahwa persyaratan tambahan energi dan zat gizi relatif kecil. Kementerian Kesehatan RI merekomendasikan peningkatan energi sebesar 300 kkal/hari pada trimester kedua dan ketiga. Peningkatan kurang lebih sebesar 10% dari rekomendasi 2250 dan 2150 kkal/hari pada perempuan dewasa yang tidak hamil umur 19-29 tahun dan 30-49 tahun. Kedua kelompok umur tersebut diambil karena merupakan usia reproduktif.

Tabel 2.2 : Angka kecukupan zat gizi harian yang direkomendasikan untuk perempuan dewasa tidak hamil dan hamil

Zat Gizi	Tidak hamil	Hamil
Energi (kkal)	2250 ^a , 2150 ^b	+180 ^c , +300 ^{d,e}
Protein (g)	60 ^{a,b}	+1 ^c , +10 ^d , +30 ^e
Lemak (g)	65 ^a , 60 ^b	+2.3 ^{c,d,e}
Karbohidrat (g)	360 ^a , 340 ^b	+25 ^c , +40 ^{d,e}
Serat (g)	32 ^a , 30 ^b	+3 ^c , +4 ^{d,e}
Vitamin A (RE)	600 ^{a,b}	+300 ^{c,d,e}
Vitamin D (mcg)	15 ^{a,b}	+0 ^{c,d,e}
Vitamin E (mcg)	15 ^{a,b}	+0 ^{c,d,e}
Vitamin K (mcg)	55 ^{a,b}	+0 ^{c,d,e}

Zat Gizi	Tidak hamil	Hamil
Vitamin B1 (mg)	1.1 ^{ab}	+0.3 ^{c,d,e}
Vitamin B2 (mg)	1.1 ^{ab}	+0.3 ^{c,d,e}
Vitamin B3 (mg)	14 ^{ab}	+4 ^{c,d,e}
Vitamin B5 (mg)	5.0 ^{ab}	+1 ^{c,d,e}
Vitamin B6 (mg)	1.3 ^{ab}	+0.6 ^{c,d,e}
Vitamin B12 (mcg)	4.0 ^{ab}	+0.5 ^{c,d,e}
Folat (mcg)	400 ^{ab}	+200 ^{c,d,e}
Biotin (mcg)	30 ^{ab}	+0 ^{c,d,e}
Kolin (mg)	425 ^{ab}	+25 ^{c,d,e}
Vitamin C (mg)	75 ^{ab}	+10 ^{c,d,e}
Kalsium (mg)	1000 ^{ab}	+200 ^{c,d,e}
Fosfor (mg)	700 ^{ab}	+0 ^{c,d,e}
Magnesium (mg)	330 ^a , 340 ^b	+0 ^{c,d,e}
Besi (mg)	18 ^{ab}	+0 ^c , +9 ^{d,e}
Yodium (mcg)	150 ^{ab}	+70 ^{c,d,e}
Seng (mg)	8 ^{ab}	+2 ^c , +4 ^{d,e}
Selenium (mcg)	24 ^a , 25 ^b	+5 ^{c,d,e}
Mangan (mg)	1.8 ^{ab}	+0.2 ^{c,d,e}
Fluor (mg)	3.0 ^{ab}	+0 ^{c,d,e}
Kromium (mcg)	30 ^a , 29 ^b	+5 ^{c,d,e}
Kalium (mg)	4700 ^{ab}	+0 ^{c,d,e}
Natrium (mg)	1500 ^{ab}	+0 ^{c,d,e}
Klor (mg)	2250 ^{ab}	+0 ^{c,d,e}
Tembaga (mcg)	900 ^{ab}	+100 ^{c,d,e}

Sumber : Kemenkes (2019)

Keterangan :

^aPerempuan tidak hamil umur 19-29 tahun

^bPerempuan tidak hamil umur 30-49 tahun

^cTrimester 1

^dTrimester 2

^eTrimester 3

B. Kebutuhan Zat Gizi dalam Kehamilan

Nutrisi di awal kehidupan dapat memprogram kesehatan jangka panjang pada bayi. Peningkatan kebutuhan kalori pada ibu hamil bisa dipenuhi dengan cara menambah

asupan energi, dalam jumlah yang sesuai dengan rekomendasi dalam pedoman gizi seimbang. Kelebihan dan kekurangan kalori dan zat gizi makro lain selama kehamilan sama-sama memberikan efek negatif terhadap ibu dan janin. Wanita yang *overweight* dan obesitas, dapat meningkatkan risiko mengalami keguguran, diabetes gestasional, pre-eklampsia dan diabetes tipe 2 pada anak-anak mereka di kemudian hari (Bruce, 2014; Catalano, P. & deMouzon, 2016). Oleh karena itu supaya ibu hamil tidak mengalami defisiensi zat-zat gizi yang diperlukan, maka dianjurkan untuk mengonsumsi makanan yang beragam agar kebutuhan akan zat gizi dari karbohidrat, protein, lemak, dan berbagai vitamin serta mineral dapat terpenuhi.

Energi dan makronutrien

- Energi

Selama kehamilan, seorang ibu hamil dengan IMT pra hamil normal diharapkan bertambah berat badannya sebesar 11,5-16 kg. Untuk dapat mencapainya, ibu hamil direkomendasikan untuk meningkatkan asupan energi sebesar 180 kkal/hari di trimester pertama kehamilan, kemudian meningkat menjadi 300 kkal/hari pada trimester kedua dan ketiga.

Sebagaimana sudah dijelaskan sebelumnya bahwa peningkatan kebutuhan energi dan zat gizi pada ibu hamil diperlukan untuk perkembangan dan pertumbuhan janin dalam kandungan, peningkatan ukuran organ tubuh ibu, serta perubahan metabolisme dan komposisi tubuh ibu. Apabila ibu hamil mengalami defisiensi pada zat gizi tertentu dapat berisiko pertumbuhan janin menjadi tidak sempurna.

- Karbohidrat dan serat

Karbohidrat membentuk substrat utama yang diperlukan untuk pertumbuhan janin, mendukung fungsi

organ pada ibu dan janin, serta digunakan dalam biosintesis komponen struktural sel, co-enzim dan DNA. Sumber energi terbesar yang digunakan oleh ibu dan janin berasal dari glukosa (sekitar 75%).

Kuantitas dan jenis karbohidrat dapat mempengaruhi homeostasis glukosa melalui pelepasan insulin. Kualitas karbohidrat suatu bahan makanan dapat diketahui dari nilai Indeks glikemik (IG). Nilai IG rendah menunjukkan tingkat pencernaan dan penyerapan karbohidrat dari suatu makanan lebih rendah, sehingga permintaan insulin juga lebih rendah. Makanan yang rendah IG dapat digunakan untuk diet bagi ibu dengan diabetes mellitus gestasional, tipe 1 dan tipe 2.

Serat mempengaruhi respon insulin postprandial dengan mempengaruhi aksesibilitas karbohidrat dan zat gizi ke enzim pencernaan sehingga penyerapan karbohidrat dapat ditunda. Serat dapat menjaga kesehatan pencernaan ibu, dimana biasanya saat hamil ibu sering mengalami konstipasi.

- Protein

Protein berfungsi sebagai zat pembangun untuk membentuk jaringan tubuh janin. Protein membentuk blok bangunan untuk kedua struktur dan komponen fungsional sel. Pada trimester II dan III terjadi perkembangan dan pertumbuhan jaringan ibu dan janin yang ekstra, sehingga dibutuhkan asupan protein yang lebih banyak. Ketika asupan karbohidrat dari makanan tidak mencukupi, protein bisa menjadi sumber energi alternatif. Untuk itu diperlukan asupan karbohidrat yang cukup untuk sintesis sel.

Ibu hamil memerlukan tambahan asupan protein 10 gr pada trimester II dan 30 gram pada trimester III setiap harinya. Makanan sumber protein adalah telur, ikan, daging, susu, tahu, tempe, dan kacang-kacangan.

- Lemak dan asam lemak esensial

Lemak berfungsi untuk membantu transportasi vitamin yang larut dalam lemak yaitu vitamin A, D, E dan K yang diperlukan untuk struktural (misal lipid membran) dan fungsi metabolisme (misalnya prekursor untuk hormon steroid).

PUFA (asam lemak tak jenuh ganda) adalah sangat dibutuhkan untuk perkembangan neurologis termasuk otak janin, sistem saraf dan retina. Bahan makanan yang kaya PUFA antara lain adalah ikan berminyak, kacang-kacangan, biji-bijian, minyak sayur, margarin dan sayuran berdaun hijau.

Asam lemak esensial linoleat dan alfa linolenat adalah prekursor untuk n-6, n-3 LCPUFA dan prostaglandin; ini adalah komponen dari proses inflamasi yang ditandai dengan peradangan, kesehatan reproduksi, pematangan serviks dan inisiasi persalinan. Tinjauan sistematis dari RCT telah menemukan ada efek menguntungkan pada peningkatan panjang periode kehamilan dan mengurangi risiko kelahiran prematur.

Lipase trigliserida, plasenta memecah trigliserida menjadi asam lemak. Asam lemak dan badan keton (diproduksi oleh ibu) lipolisis) melintasi plasenta dengan difusi. Pembawa kolesterol lipoprotein LDL, HDL dan VLDL mengangkut kolesterol ke sirkulasi janin. Janin juga mensintesis kolesterol secara endogen.

Mikronutrien

Vitamin dan mineral berperan dalam pertumbuhan kulit, tulang, gigi, dan pembentukan jaringan tubuh janin. Vitamin dan mineral banyak ditemukan dalam kelompok pangan sayuran, buah-buahan dan susu.

- Zat besi dan vitamin C

Zat besi adalah komponen hemoglobin yang diperlukan untuk perkembangan janin, pertumbuhan

plasenta dan perluasan massa sel darah merah ibu. Pada periode akhir kehamilan terjadi transfer zat besi dari ibu ke janin, sehingga ibu hamil menjadi rentan mengalami defisiensi zat besi. Kekurangan zat besi berhubungan signifikan dengan meningkatnya risiko bayi lahir prematur, berat badan lahir rendah (BBLR), bayi kekurangan zat besi dan efek jangka panjang ke depan akan mempengaruhi kognisi dan fungsi otak bayi. Kekurangan zat besi pada saat hamil bisa menyebabkan metabolisme energi terganggu sehingga dapat menurunkan kemampuan kerja organ tubuh, yang pada akhirnya akan mempengaruhi perkembangan janin.

Ibu hamil harus dalam keadaan tidak defisiensi zat besi karena selain untuk memenuhi zat besi bagi janin di kandungan, juga untuk persiapan melahirkan, dimana ibu akan mengalami banyak kehilangan darah saat melahirkan. Transfer zat besi ke janin difasilitasi melalui reseptor transferin plasenta untuk endositosis besi yang terikat transferin.

Zat besi banyak ditemukan pada bahan makanan antara lain daging, hati, telur, kacang-kacangan dan sayuran hijau.

Vitamin C berfungsi untuk membantu penyerapan zat besi. Tinjauan Cochrane melaporkan bahwa vitamin C memiliki baru-baru ini peran dalam mencegah solusio plasenta (RR 0,64, 95% CI 0,44-0,92) dan pecah ketuban sebelum persalinan (RR 0,98, 95% CI 0,70-1,36).

- Folat dan vitamin B12

Asam folat termasuk kelompok vitamin B yang bermanfaat untuk mengurangi NTD (*Neural Tubes Defects*) atau kelainan susunan saraf pusat. Kebutuhan folat meningkat selama kehamilan sebagai akibat dari sel-sel yang membelah dengan cepat yang berhubungan dengan pertumbuhan janin. Ibu hamil sangat disarankan untuk

mengonsumsi folat karena pembentukan susunan saraf pusat akan dimulai di awal kehamilan. Suplemen asam folat (400-800µg setiap hari) yang dikonsumsi sebelum pembuahan dapat mengurangi risiko NTD pada janin.

Reseptor pengikat folat mempertahankan fetalematernal untuk sintesis DNA sementara vitamin B12 diangkut melalui reseptor plasenta. Kedua mikronutrien tersebut dikaitkan dengan penurunan anemia megaloblastik, gangguan vaskular plasenta, kelahiran prematur, berat badan lahir rendah dan SGA melalui regulasi kadar homosistein yang bersirkulasi. Makanan sumber folat adalah sayuran berdaun hijau tua, kacang-kacangan, hati, buah jeruk, stroberi

- Vitamin D dan Kalsium

Vitamin D diperlukan untuk kekebalan dan fungsi sistem saraf dan memediasi akumulasi kalsium janin dari simpanan ibu untuk pertumbuhan tulang. Defisiensi vitamin D dapat menyebabkan rakhitis, craniotabes, dan osteopenia.

Semakin banyak bukti adanya hubungan antara kekurangan vitamin D dengan BBLR, persalinan prematur, diabetes melitus gestasional dan preeklamsia. Individu terutama yang berisiko untuk kekurangan vitamin D termasuk orang-orang dari Asia Selatan, Afrika, Asal Karibia atau Timur Tengah, indeks massa tubuh >30 kg/m² dan paparan sinar matahari rendah.

Kebutuhan ibu hamil akan kalsium semakin meningkat memasuki trimester kedua dan ketiga kehamilan. Pada periode ini terjadi proses pembentukan tulang dan gigi janin. Selain itu suplementasi kalsium dapat menurunkan terjadinya hipertensi selama kehamilan. Ibu hamil membutuhkan 1.200 mg kalsium setiap harinya. Bahan makanan sumber kalsium antara lain susu, ikan teri,

ikan salmon, sarden, telur, sayuran bewarna hijau, kacang-kacangan, dan wijen.

- Iodium

Iodium diperlukan untuk fungsi tiroid dan perkembangan neurologis janin. Kekurangan iodium dikaitkan dengan keterbelakangan mental dan gangguan kognitif pada bayi. Perikonsepsi dan suplementasi antenatal di daerah kekurangan yodium dapat mengurangi risiko kretinisme dan meningkatkan fungsi motorik.

- Vitamin E

Diperlukan lebih banyak bukti mengenai suplementasi vitamin E pada kehamilan, seperti ulasan Cochrane baru-baru ini menyarankan peran yang menguntungkan dalam mengurangi risiko solusio plasenta (RR 0,64, 95% CI 0,44-0,93). Namun, suplementasi dengan vitamin E dikaitkan dengan peningkatan risiko nyeri perut dan ketuban pecah dini.

2.3.3 Aktivitas Fisik Selama Kehamilan

Ibu hamil sebaiknya melakukan aktivitas fisik ringan hingga sedang selama kehamilan karena banyak manfaat yang dapat dirasakan oleh ibu hamil. Melakukan aktivitas fisik ringan hingga sedang selama kehamilan tidak akan mempengaruhi janin dalam kandungan. Berikut beberapa manfaat dari melakukan aktivitas fisik secara rutin :

- Ibu hamil akan merasa rileks dan nyaman dengan perubahan pada tubuh Anda
- Meningkatkan tonus otot, kekuatan dan stamina
- Membantu mengurangi sakit pada punggung dan kaki,
- Mengurangi sembelit, bengkak, dan kembung
- Meningkatkan sirkulasi darah dan dapat membantu mencegah varises
- Membantu membentuk postur dan keseimbangan karena pusat gravitasi sekarang telah bergeser

- Membantu ibu hamil tidur lebih nyenyak
- Mempersiapkan tubuh untuk menghadapi persalinan dan melahirkan
- Setelah melahirkan, tubuh ibu akan menjadi bugar

Hal-hal yang perlu diperhatikan oleh ibu hamil selama melakukan aktivitas fisik :

- Hindari aktivitas yang berisiko tinggi jatuh atau trauma perut
- Kehamilan bukan waktu yang tepat untuk berolahraga menurunkan atau mempertahankan berat badan.
- Tingkat aktivitas fisik yang tepat tergantung dari kondisi kesehatan dan seberapa aktif sebelum hamil. Aktivitas sedang yang dapat dilakukan antara lain: berjalan-jalan santai dan berenang.
- Hindari aktivitas berat selama trimester pertama atau pada ibu hamil dengan risiko tinggi, karena dapat meningkatkan risiko bayi lahir cacat, kontraksi dini dan persalinan prematur, perdarahan vagina, atau pecah ketuban dini.
- Karena adanya perubahan hormon dapat menyebabkan ligamen di persendian meregang. Hindari gerakan tersentak-sentak, melenting dan jangan berlebihan.
- Nikmati aktivitas yang membangun kekuatan dan kondisi jantung dan paru-paru. Lakukan peregangan otot sebelum dan setelah berolahraga.
- Minum cukup air sebelum, selama, dan setelah melakukan aktivitas fisik.
- Kenakan pakaian yang nyaman untuk menghindari kepanasan dan dehidrasi.
- Kenakan bra yang mendukung untuk melindungi payudara Anda.
- Jika mulai merasa lelah, berhentilah dan beristirahat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A.S., Lipoeto, N.I., Yusrawati, Malik, S.G., Kusmayanti, N.A., dkk. 2022. Association between pre-pregnancy body mass index and gestational weight gain on pregnancy outcomes: a cohort study in Indonesian pregnant women. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 22(1), pp. 1–12. doi: 10.1186/s12884-022-04815-8.
- Aoyama, T., Li, D. & Bay, J. L. 2022. Weight Gain and Nutrition during Pregnancy: An Analysis of Clinical Practice Guidelines in the Asia-Pacific Region. *Nutrients*, 14(6), pp. 1–17. doi: 10.3390/nu14061288.
- Bruce, K. 2014. Maternal and in utero determinants of type 2 diabetes risk in the young. *Current Diabetes Reports*, 14(1), pp. 10–17. doi: 10.1007/s11892-013-0446-0.
- Catalano, P. & deMouzon, S. 2016. Maternal obesity and metabolic risk to the offspring: why lifestyle interventions may have not achieved the desired outcomes. *International journal of obesitty (Lond)*, 39(4), pp. 642–649. doi: 10.1038/ijo.2015.15.Maternal.
- Dalfra', M. G., Burlina, S. and Lapolla, A. 2022. Weight gain during pregnancy: A narrative review on the recent evidences. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 188(March), p. 109913. doi: 10.1016/j.diabres.2022.109913.
- Duyff, R. 2012. *American Dietetic Association Complete Food & Nutrition Guide*. 3rd edn. John Wiley & Sons, Inc.
- Gilmore, L. A., Klempel-Donchenko, M. and Redman, L. M. 2015. Pregnancy as a window to future health: Excessive gestational weight gain and obesity. *Seminars in Perinatology*, 39(4), pp. 296–303. doi: 10.1053/j.semperi.2015.05.009.

- Gomes, C. F. *et al.* 2018. Gastrointestinal diseases during pregnancy: What does the gastroenterologist need to know?. *Annals of Gastroenterology*, 31(4), pp. 385–394. doi: 10.20524/aog.2018.0264.
- Kemenkes. 2019. Permenkes RI No 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia.
- King, J. 2000. Physiology of pregnancy and nutrient metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5 Suppl), pp. 1218S-1225S.
- NICHD. 2017. *About Pregnancy, National Institute of Child Health and Human Development (NICHD) Information Resource Center.* Available at: <https://www.nichd.nih.gov/health/topics/factsheets/pregnancy> (Accessed: 8 September 2022).
- Rasmussen KM; Yaktine AL (ed.). 2009. *Weight Gain during Pregnancy: Reexamining the Guidelines.* The National Academies Press. Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.1111/j.1552-6909.1986.tb01420.x.
- Vesco, K. K., Lindsay, K. and Johnson, M. 2020. *Maternal nutrient metabolism and requirements in pregnancy, Present Knowledge in Nutrition.* Elsevier Inc. doi: 10.1016/b978-0-12-818460-8.00003-4.
- Victora, C. G. *et al.* 2021. Revisiting maternal and child undernutrition in low-income and middle-income countries: variable progress towards an unfinished agenda. *The Lancet*, 397(10282), pp. 1388–1399. doi: 10.1016/S0140-6736(21)00394-9.

BAB 3

PERTUMBUHAN DAN PENUAAN

Oleh Budi Setyawati

3.1 Pendahuluan

Mengalami pertumbuhan adalah salah satu ciri makhluk hidup. Pertumbuhan selalu diiringi dengan perkembangan. Begitu pula manusia, dalam kehidupannya mengalami berbagai fase yang menggambarkan tahapan pertumbuhan dan perkembangan yang dilaluinya, mulai sejak dalam kandungan, kanak-kanak, remaja, dewasa hingga menjadi tua. Beragam faktor mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan. Faktor tersebut meliputi genetik, asupan zat gizi, kondisi saat janin, hormon, aktivitas fisik/olahraga, dan faktor lingkungan (sosial ekonomi, karakteristik keluarga dan pencemaran lingkungan). Penilaian pertumbuhan pada anak-anak menggunakan kategori penilaian indeks antropometri (misalnya berat badan menurut umur, tinggi badan menurut umur, berat menurut tinggi badan, lingkar kepala, maupun indeks massa tubuh). Penilaian pertumbuhan dan perkembangan secara rutin dan berkala pada anak-anak penting dilakukan sebagai deteksi dini gagal tumbuh agar dapat dilakukan intervensi sedini mungkin.

Metabolisme berperan dalam mempertahankan kehidupan dengan cara menjaga berbagai fungsi dan kerja organ tubuh agar sistem yang berlangsung dalam tubuh (sel, organ dan keseluruhan proses dalam tubuh) dapat berjalan dengan baik. Kegiatan metabolisme berupa katabolisme (penguraian) maupun anabolisme (pembentukan). Hormon berperan menentukan arah dari metabolisme, enzim berperan sebagai katalisator/aktivator yang membantu mempercepat proses metabolisme. Metabolisme dengan bantuan katalisis dari enzim berperan dalam

pertumbuhan. Metabolisme mengubah makanan yang dikonsumsi menjadi energi, hasil metabolisme dapat memperbanyak jumlah dan ukuran sel, pertumbuhan penggantian sel-sel dan jaringan yang rusak, serta imunitas. Gangguan pada proses metabolisme dapat berakibat pada gangguan pertumbuhan.

Penuaan adalah hal yang lazim dalam kehidupan, tak dapat dihindari dan bersifat *irreversible*. Penuaan ditandai kerusakan molekuler dan seluler yang menyebabkan rendahnya kemampuan sel dan jaringan memperbaiki diri dan terjadi penurunan kemampuan struktur dan fungsi organ. Selanjutnya kapasitas fisik dan mental menurun menyebabkan timbul berbagai penyakit dan berisiko kematian seiring bergulirnya waktu. Waktu mulai terjadinya proses penuaan dan kecepatan proses penuaan tersebut pada setiap orang tidaklah sama. Perlu dilakukan upaya dengan memperhatikan faktor yang berpengaruh terhadap proses pertumbuhan dan penuaan agar setiap fase kehidupan dapat dijalani secara berkualitas, proses penuaan dan masa tua tetap dapat dijalani secara optimal, mandiri produktif dan berkualitas.

3.2 Pertumbuhan dan Perkembangan

Pertumbuhan didefinisikan sebagai peningkatan ukuran, bersifat konstan dan tidak dapat kembali seperti semula (*irreversible*). Sedangkan perkembangan didefinisikan sebagai pertumbuhan dari kapasitas psikomotorik (Balasundaram & Avulakunta, 2022).

Tahapan/fase pertumbuhan dan perkembangan sepanjang rentang kehidupan manusia adalah sebagai berikut:

1. Masa janin/embrionik

Merupakan fase tumbuh-kembang embrio setelah proses fertilisasi (peleburan sel telur dan sperma) dalam kandungan ibu hingga dilahirkan. Pada masa ini sel-sel embrio memperbanyak diri, tumbuh, bertambah berat dan

ukurannya serta membentuk organ tubuh beserta fungsinya.

2. Masa bayi

Fase tumbuh-kembang sejak dilahirkan sampai berusia 1 tahun. Pada fase ini bayi mulai bisa bernapas sendiri, organ mulai berfungsi, saraf dan otot berkembang, alat gerak mulai dapat digunakan dan pertumbuhan berlangsung sangat cepat.

3. Masa anak-anak

Masa anak-anak mulai setelah bayi hingga sebelum puber/remaja. Pada anak-anak berusia di bawah 5 tahun (balita) terjadi pertumbuhan yang cepat dan merupakan *window opportunity*, kegagalan pertumbuhan di masa ini akan berefek di masa selanjutnya. Pada masa anak-anak terjadi peningkatan pada keterampilan motorik/fisik dan kemampuan emosional dan sosial.

4. Masa remaja

Fase remaja sering juga disebut fase pubertas, karena di masa remaja sudah mulai mengalami pubertas dan perkembangan/kematangan organ reproduksi. Terlihat juga perubahan fisik yang cepat dan pada masa ini, baik pada laki-laki maupun perempuan seperti peningkatan berat dan tinggi badan, mimpi basah dan menstruasi.

5. Masa dewasa

Pada masa dewasa sudah tidak terjadi penambahan tinggi badan namun bisa bertambah berat badan. Peningkatan kemampuan organ tubuh, kematangan mental dan kemampuan berpikir juga mengalami peningkatan dibandingkan masa remaja.

6. Masa tua/manula

Pada masa ini, secara fisiologis organ-organ mengalami penurunan kemampuan. Demikian pula terjadi penurunan fungsi psikomotorik, kognitif dan keterbatasan melakukan kegiatan sehari-hari.

Pertumbuhan dan perkembangan dipengaruhi oleh berbagai faktor dari dalam individu (internal) maupun dari luar individu tersebut (eksternal). Faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan adalah sebagai berikut:

a. Faktor genetik

Faktor genetik merupakan salah satu faktor utama dalam pertumbuhan dan perkembangan. Genetik berpengaruh pada karakteristik fenotipe gen. Terlihat adanya korelasi yang kuat antara faktor genetik dan tinggi badan (Silventoinen et al, 2017).

b. Kondisi saat janin

Kondisi kesehatan saat janin sangat berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan. Stimulus ataupun gangguan pada kesehatan janin akan berpengaruh pada kondisi tumbuh kembang pada anak dan dapat berlanjut hingga usia selanjutnya.

c. Faktor lingkungan meliputi:

- Faktor sosial ekonomi: anak pada keluarga dengan kondisi sosial ekonomi lebih baik umumnya terlihat lebih tinggi dibandingkan sebaliknya.
- Karakteristik keluarga: tingkat pendidikan keluarga yang lebih tinggi berpotensi memberikan stimulus yang lebih baik dan umumnya berdampak positif pada pertumbuhan.
- Pencemaran lingkungan yang berbahaya seperti polutan berpengaruh pada kematangan seksual, obesitas dan fungsi dari kerja tyroid (Schell et al, 2006). Paparan timbal yang berlebih dalam masa kehamilan berisiko berat badan lahir rendah.

d. Faktor gizi

Pola konsumsi saat anak-anak berpengaruh pada kesehatan di masa selanjutnya. Pada masa pertumbuhan, makanan yang dikonsumsi berperan menyiapkan energi dan

pembentukan sel-sel tubuh baru. Protein banyak diperlukan dalam pertumbuhan. Konsumsi zat gizi yang kurang dari kecukupannya dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan. Demikian pula defisiensi mineral mikro dapat berpengaruh pada fungsi biologis pada berbagai fase (janin, anak-anak dan dewasa), mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan psikomotor dan imunitas (Castillo-Durán & Cassorla, 1999). Kekurangan Seng (*Zink*) berpengaruh pada regulasi hormon yang menyebabkan gangguan pertumbuhan dan keterlambatan perkembangan. Defisiensi zat besi berpengaruh pada perkembangan psikomotor. Mineral mikro lain yang berperan penting adalah Selenium, Yodium, Mangan dan Tembaga.

Konsumsi berlebihan tidak baik karena berisiko pada kegemukan (obesitas). Obesitas berisiko menderita berbagai penyakit degeneratif di kemudian hari yang menghambat produktivitas dan menghabiskan banyak biaya dalam pengobatannya.

e. Faktor Hormon

Hormon-hormon dihasilkan beragam kelenjar tubuh memiliki berbagai fungsi. Hormon juga berperan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan.

f. Olahraga/aktivitas fisik

Olahraga mendukung proses pertumbuhan dengan cara melancarkan peredaran darah, metabolisme dan produksi hormon, meningkatkan kekuatan tulang, otot serta kebugaran sehingga imunitas meningkat dan tidak mudah sakit.

Penilaian pertumbuhan dapat dilakukan melalui pengukuran antropometri. Pengukuran antropometri merupakan *gold standar* penilaian status gizi pada balita yang menggambarkan pertumbuhan. Pengukuran antropometri berupa berat badan, tinggi badan, lingkaran kepala, lingkaran lengan atas, dan sebagainya.

Kementerian Kesehatan telah menetapkan standar dari indeks antropometri (tinggi badan menurut umur, berat badan menurut tinggi badan, berat badan menurut umur, indeks massa tubuh, dan seterusnya) yang menggambarkan apakah status gizi (pertumbuhannya) dalam kondisi normal ataukah kurang (Kemenkes RI, 2020).

Evaluasi pertumbuhan dan perkembangan secara rutin dan berkala pada anak-anak penting dilakukan. Hal ini sebagai deteksi dini adanya kegagalan dalam pertumbuhan dan perkembangan pada anak. Pengenalan sejak dini adanya kegagalan pertumbuhan dan perkembangan akan mendorong intervensi secara dini pada anak sehingga tidak berlanjut menjadi semakin parah dan menjauh dari batasan normal bagi anak seusianya.

3.3 Metabolisme dan Pertumbuhan

Metabolisme merupakan proses biokimia yang berlangsung di tingkat sel. Sel akan berhenti bekerja jika tidak terjadi metabolisme. Metabolisme berfungsi agar makhluk hidup dapat tetap bertahan hidup (Wikipedia, 2022). Metabolisme mempengaruhi berbagai fungsi dan kerja organ tubuh agar sistem yang berlangsung dalam tubuh (sel, organ dan keseluruhan proses dalam tubuh yang saling terkait secara sistematis). Di antara fungsi tubuh yang dipengaruhi oleh metabolisme adalah kemampuan respirasi, sirkulasi darah, mencerna dan menyerap makanan yang dikonsumsi, membentuk dan memperbaharui sel, melaksanakan dan menjaga fungsi dari otak dan saraf, membuang zat beracun sisa proses dalam tubuh (metabolisme) melalui feses dan urin, serta banyak fungsi lainnya (Harvard, 2021).

Secara umum kegiatan metabolisme terbagi pada dua arah reaksi yakni (Cleveland Clinic, 2021):

1. Katabolisme yakni penguraian senyawa organik untuk menghasilkan energi seperti pemecahan makanan yang dikonsumsi menjadi energi yang dapat digunakan oleh

tubuh, ataupun pemecahan dari otot dan lemak dalam tubuh untuk diubah menjadi energi.

2. Anabolisme yakni penyusunan (sintesis) dari unit yang lebih kecil menjadi struktur yang lebih besar. Seperti pembentukan senyawa organik seperti protein, karbohidrat, lipid, dan asam nukleat dari molekul-molekul tertentu, ataupun pembentukan/penyusunan struktur baru dalam perbaikan jaringan ataupun pertumbuhan.

Tujuan utama dalam proses metabolisme adalah mengubah makanan menjadi energi penggerak kegiatan di tingkat sel; mengubah makanan menjadi penyusul berbagai senyawa seperti protein, karbohidrat, lipid, asam nukleat; dan mengeluarkan limbah metabolik.

Arah reaksi pada kegiatan metabolisme ditentukan oleh hormon, pada senyawa organik, penentu arah reaksi disebut prometer. Penentu percepatan reaksi kimia dalam metabolisme disebut katalis. Metabolisme dalam prosesnya membutuhkan enzim sebagai katalisator/aktivator (Susilawati & Bachtiar, 2018). Enzim sebagai katalisator/aktivator melakukan pengaturan kecepatan reaksi metabolisme ataupun membuat reaksi menjadi lebih cepat.

Metabolisme dengan bantuan katalisis enzim membuat makhluk hidup dapat menjalankan kemampuan bereproduksi, pencernaan, tumbuh, perpindahan zat dalam satu sel atau sel yang berbeda, mempertahankan struktur, dan beragam kemampuan lainnya.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada kegiatan metabolisme dalam tubuh adalah sebagai berikut (Kompas, 2020; Alodokter, 2022):

- a. Jenis kelamin

Jenis kelamin pria memiliki massa otot lebih banyak daripada wanita, walaupun memiliki berat yang sama namun memiliki tingkat metabolisme lebih tinggi. Wanita

juga cenderung mengalami penurunan tingkat metabolisme setelah melahirkan.

b. Usia

Usia merupakan faktor utama yang mempengaruhi proses metabolisme. Penurunan kemampuan metabolisme berjalan seiring bertambahnya usia, semakin bertambah umur, jumlah otot menurun dan lemak bertambah sehingga memperlambat proses metabolisme. Metabolisme berkurang setengahnya (50%) setiap kelipatan 10 tahun setelah usia 40 tahun.

c. Genetik

Genetik berpengaruh pada pertumbuhan dan jaringan otot, sehingga juga mempengaruhi pembakaran energi dan tingkat metabolisme seseorang. Genetik juga memungkinkan seseorang memiliki tingkat metabolisme yang sama dengan keluarganya.

d. Ukuran dan komposisi tubuh

Orang bertubuh besar, berotot dan berat cenderung memiliki lebih banyak massa otot. Mereka membutuhkan energi yang lebih banyak untuk bergerak sehingga membakar kalori lebih banyak dibandingkan orang yang lebih kurus.

e. Tingkat aktivitas fisik

Aktivitas fisik yang lebih berat dan olahraga secara rutin cenderung membutuhkan kalori lebih banyak sehingga tingkat metabolismenya juga lebih tinggi. Aktivitas fisik yang berkurang cenderung akan mengurangi massa otot dan kekuatannya. (Kim & Kim 2020)

f. Konsumsi

Semakin banyak makanan dan minuman yang dikonsumsi mengandung kalori dan zat gizi maka akan semakin meningkatkan metabolisme yang dilakukan tubuh.

- g. Suhu tubuh
Ketika suhu tubuh turun, maka metabolisme meningkat agar suhu tubuh naik dan kembali ke suhu tubuh normal.
- h. Asupan stimulan
- i. Konsumsi stimulan yang berasal dari sumber alami seperti kafein pada kopi dan teh maupun obat-obatan yang mengandung stimulan seperti *metilfenidat* dan *amfetamin* dapat meningkatkan metabolisme.
- j. Hormon
Hormon berpengaruh pada tingkat metabolisme, terganggunya produksi dan kemampuan kerja hormon dapat menurunkan kemampuan metabolisme.
- k. Kehamilan
Kehamilan akan meningkatkan metabolisme, hal ini untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan janin yang ada dalam kandungan. Pada masa kehamilan, metabolisme meningkat sejak usia kehamilan 15 minggu janin pada hingga usia kehamilan memasuki trimester tiga.

Proses metabolisme berperan dalam mengubah bahan makanan seperti glukosa, asam amino dan asam lemak yang telah dikonsumsi menjadi senyawa yang dibutuhkan agar tetap hidup seperti sumber energi (ATP). Energi digunakan otot untuk bergerak, sintesis substansi sel dan meningkatkan jumlah sel, sekresi kelenjar, memelihara membran. Zat yang berasal dari protein berguna untuk pertumbuhan dan perbaikan sel/jaringan yang rusak. Hasil metabolisme juga digunakan tubuh dalam beragam kepentingan seperti sumber energi, penggantian jaringan yang rusak, dan pertumbuhan. Metabolisme juga membantu dalam proses pembentukan imunitas dan melindungi diri dari faktor-faktor gangguan kesehatan. Tanpa proses metabolisme yang bagus, karena kerusakan hormon ataupun gangguan pada proses metabolisme sehingga mempengaruhi penyerapan zat gizi yang

pada akhirnya dapat terjadi gangguan/hambatan dalam pertumbuhan (metabolisme makanan).

Banyak hormon yang berperan dan saling terkait dalam metabolisme yang mendukung secara langsung ataupun tak langsung dalam proses pertumbuhan. Hormon penting yang bertanggung jawab pada pertumbuhan sejak usia dini adalah somatotropin atau *Human Growth Hormone* (HGH). Hormon ini bertanggungjawab menunjang proses pertumbuhan, juga memiliki fungsi dalam pengaturan metabolisme gula dan lemak. Dalam menunjang proses pertumbuhan, hormon somatotropin memainkan peran dalam merangsang replikasi/pertumbuhan maupun regenerasi sel tulang dan tulang rawan. Somatotropin juga berperan dalam regulasi faktor pertumbuhan seperti insulin, sehingga sel meningkatkan penyerapan asam amino, sintesis protein, dan menurunkan katabolisme protein (Britanica, 2022). Hormon pertumbuhan kadarnya terus meningkat di masa awal kehidupan dan masa anak-anak, puncaknya pada masa remaja yakni saat pubertas dan kemudian menurun seiring bertambahnya usia.

3.4 Penuaan

Penuaan adalah proses yang tak dapat dihindari dan bersifat *irreversible*, merupakan bagian dari siklus kehidupan, yakni mulai awal kehidupan, kanak-kanak, remaja, dewasa dan disuatu titik waktu tertentu mengalami penuaan. Penuaan merupakan proses dimana tidak lagi tumbuh dan fungsi organ mulai berkurang akibat akumulasi kerusakan molekuler dan seluler yang menyebabkan rendahnya kemampuan sel dan jaringan memperbaiki diri dan terjadi penurunan kemampuan struktur dan fungsi organ. Kondisi ini menurunkan kapasitas fisik dan mental dari waktu ke waktu, pada akhirnya menyebabkan munculnya berbagai penyakit dan berisiko kematian.

Proses penuaan melibatkan proses fisik, psikologis dan sosial. Waktu dimulainya proses penuaan dan kecepatan proses penuaan pada setiap orang tidaklah sama. Demikian pula pada orang yang sama, proses penuaan di organ-organnya tidaklah sama kecepatannya. Ciri atau gejala penuaan secara fisik yang dapat terlihat ataupun dirasakan misalnya rambut mulai memutih, rambut berkurang dan dapat menyebabkan kebutakan, pendengaran berkurang, kemampuan penglihatan berkurang sehingga butuh kacamata sebagai alat bantu dan sebagainya. Contoh fungsi organ yang berkurang dalam proses penuaan dapat terlihat pada: massa tulang berhenti bertambah pada usia sekitar 30 tahun, menopause pada wanita, penurunan jumlah testosteron pada pria, neuron dan nefron pada otak berkurang dan berkurang pula kapasitas otak dalam mempelajari hal baru, ataupun kekuatan otot menurun. Fungsi pankreas yang menurun atau rusak dalam proses penuaan dapat mempengaruhi produksi insulin sehingga berisiko diabetes. Berat badan yang bertambah, pembuluh darah yang berkurang elastisitasnya dan menyempit mengakibatkan tekanan darah meningkat dan berisiko pada stroke ataupun serangan jantung. Pola hidup tidak sehat seperti merokok dan minum minuman keras dapat memperparah efek penuaan pada risiko menderita penyakit degeneratif (Senescencia, 2022). Secara psikis, tanda penuaan berupa sulit tidur, mudah tersinggung, cemas, dan gairah hidup menurun.

WHO (2022) menyatakan bahwa kondisi umum lansia selanjutnya adalah adanya gangguan pendengaran, katarak, kelainan refraksi pada mata, osteoarthritis, penyakit paru obstruktif kronis, diabetes, depresi dan demensia. Semakin bertambah usia, semakin cenderung mengalami beberapa masalah/kondisi kesehatan yang kompleks secara bersamaan yang disebut sindrom geriatri.

Terdapat faktor-faktor yang berperan dalam proses penuaan. Faktor-faktor tersebut adalah:

a. Radikal bebas

Radikal bebas ditengarai sebagai penyebab utama penuaan. Radikal bebas membuat terjadinya stres oksidatif pada sel yang menyebabkan kerusakan pada sel, penyakit dan penuaan. Stres oksidatif muncul ketika terjadi ketidakseimbangan antara radikal bebas yang dihasilkan dengan kemampuan untuk menetralkannya/ memperbaikinya (Salisbury, 2015).

b. Hormon

Hormon berperan pada banyak proses metabolisme yang mempertahankan kondisi tubuh, saat hormon berkurang berefek pada kerja jaringan dan organ yang mengalami penurunan dan terjadilah penuaan. Hormon yang berperan pada proses penuaan adalah hormon estrogen dan hormon pertumbuhan/somatopause. Berkurangnya hormon estrogen membuat kulit keriput dan mudah merasa lelah. Hormon pertumbuhan/somatopause yang berkurang membuat massa otot berkurang, lemak bertambah dan imunitas menurun.

c. Radiasi ultra violet

Sinar ultraviolet yaitu radiasi gelombang elektromagnetik yang umumnya berasal dari sinar matahari. Sinar ultraviolet berperan pada penuaan karena stres oksidatif yang ditimbulkannya pada sel-sel kulit yang jika paparannya berlebih dapat menyebabkan kulit keriput, lesi dan kanker.

d. Pola diet tidak tepat

Umumnya proses penuaan sudah dimulai di usia 35 tahun, namun kadangkala dapat terjadi lebih cepat karena diet (pola konsumsi maupun olahraga) yang berlebihan dan kurang tepat.

Faktor-faktor yang berperan dalam pencegahan/memperlambat terjadinya proses penuaan dan Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

a. Antioksidan

Berkurangnya fungsi jaringan dan organ akibat kerusakan yang ditimbulkan oleh stres oksidatif (oksigen dan nitrogen reaktif/radikal bebas hasil metabolisme) (Liguori, 2018). Antioksidan mengikat radikal bebas dan melindungi sistem biologis dari toksisitas radikal bebas. Antioksidan endogen meliputi enzimatis dan non enzimatis. Enzim antioksidan utama yaitu SOD, katalase (CAT) dan glutathione peroksidase (GSH-Px). Antioksidan endogen non enzim yaitu bilirubin, α -tocopherol (vitamin E), and β -carotene. Antioksidan eksogen di antaranya vitamin C yang mengikat hidroksil dan anion radikal superoksida, Vitamin E yang berfungsi untuk menghambat proses peroksida lemak pada membran sel, antioksidan eksogen lainnya yaitu lesitin, selenium (Birben et al, 2012; Wu et al, 2013). Vitamin C melindungi kulit, dari polusi, sinar ultraviolet, AC, cuaca dan asap rokok. Vitamin E mampu mengencangkan kulit. Antioksidan juga bisa diperoleh dari berbagai bahan makanan alami yakni buah dan sayuran yang berwarna warni.

b. Pola hidup sehat

Melaksanakan pola hidup sehat penting untuk mencegah/memperlambat proses penuaan. Diet/pengaturan konsumsi pangan yang tepat (jumlah dan kandungan gizi) yang disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan tubuh, pengolahan makanan mengurangi digoreng/dipanggang dan memperbanyak dikukus/direbus atau pangan segar, meningkatkan konsumsi pangan alami tanpa pengawet dan mengandung omega-3 (sayuran daun hijau, ikan salmon/sarden) (Kemenkes RI, 2019). Berolahraga teratur dan terukur sesuai kemampuan dan kebutuhan juga membuat metabolisme berjalan lebih baik

dan efektif, peredaran darah lancar dan menjadi lebih bugar. Menjalankan kehidupan secara higienis membuat terhindar dari berbagai penyakit infeksi yang dapat mengancam sehingga dapat terus sehat.

c. Menghindari/mengurangi merokok

Merokok merupakan salah satu faktor yang mempercepat penuaan dini. Kandungan pada rokok yaitu nikotin dan tar selain bersifat karsinogenik (pemicu kanker) juga memicu terjadinya penuaan melalui mekanisme aktivasi produksi *Matrix Metalloproteinase-1* (MMP) yang menyebabkan perubahan warna kulit dan pengerutan/keriput pada kulit (Sanusi dkk, 2020).

Penuaan adalah hal yang tak dapat dihindari, seseorang dikatakan telah memasuki manusia lanjut usia (manula) jika telah mencapai usia 60 tahun keatas (UU RI No 13, 1998). Menjadi manusia lanjut usia (manula) dalam kondisi sehat, bugar, tetap bisa beraktivitas, mandiri dan tetap produktif adalah hal yang diharapkan dan harus dipersiapkan. Saat di usia lansia, sebaiknya tetap aktif beraktivitas dan bersosialisasi dengan tetap memperhatikan kemampuan/kapasitas tubuh. Aktivitas dan bergaul/bersosialisasi bisa dilakukan pada arisan, mengurus cucu, mengikuti perkumpulan (lansia, olahraga, peminatan tertentu), berkebun, kerajinan tangan, silaturahmi, reuni dengan kawan lama, kegiatan keagamaan, atau kegiatan lain yang memungkinkan terjadinya komunikasi dan dialog sehingga dapat merangsang fungsi otak dan tidak cepat pikun.

Manula sebaiknya juga cukup beristirahat (tidur 7-8 jam sehari) dan melakukan pola hidup bersih sehat (konsumsi makanan bergizi dan sehat, berolahraga rutin, tidak merokok dan minum-minuman keras, menjaga kebersihan diri, mematuhi pantangan terkait penyakit yang di derita). Hasil penelitian Zhang & Zhao (2021) mendapatkan bahwa makanan yang dikonsumsi mempengaruhi proses penuaan, semakin beragam pangan

dikonsumsi berkaitan dengan proses penuaan yang lebih baik dan lebih sehat. Olahraga yang dilakukan manula sebaiknya mempertimbangkan melatih kardiovaskular/ kekuatan jantung, mempertahankan kekuatan otot, tulang dan keseimbangan. Hal yang juga penting adalah menjaga berat badan tetap dalam batas normal dan berhati-hati agar tidak jatuh untuk menghindari osteoarthritis (CDC, 2022). Berat badan berlebih/obesitas berkaitan dengan sindrom metabolik yang menjadi pemicu terjadinya berbagai penyakit kardiovaskular seperti penyakit jantung, stroke dan diabetes tipe-2 (Tune dkk, 2017). Pemantauan kesehatan secara rutin dan berkala serta minum obat secara teratur (bagi penderita penyakit tertentu). Penting juga menanamkan menerima kondisi diri sendiri dan religius supaya bisa mensyukuri atas kehidupan yang telah dan sedang dijalani, atas semua karunia Sang Pencipta karena dapat melewati semua permasalahan hingga saat ini. Penerimaan atas diri sendiri dan rasa syukur serta berbagai upaya positif secara langsung maupun tidak langsung akan membuat metabolisme berjalan baik, mengurangi stres dan reaksi oksidatif akibat stres, dan akhirnya diharapkan lebih siap secara fisik dan mental dalam menjalani proses penuaan dan masa tua secara berkualitas (Geriatri Id, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts B, Johnson A, Lewis J, Martin R, Roberts K, Walter P. 2002. How cells obtain energy from food. *Biology of the Cell*. 4th edition
- Alodokter. 2022. "Mengenal Lebih Dalam Seputar Metabolisme Tubuh", diunduh dari: <https://www.alodokter.com/meningkatkan-metabolisme-tubuh-untuk-menurunkan-berat-badan>. Pada tanggal: 20 Oktober 2022
- Balasundaram P, Avulakunta ID. 2022. Human Growth and Development. Diunduh dari: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567767/> pada 18 Oktober 2022.
- Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, Kalayci O. 2012. Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ J*. 2012;5(1): 9–19. 15.
- Britanica, 2022. growth hormone. Diunduh dari <https://www.britannica.com/science/growth-hormone>
- Castillo-Durán C, Cassorla F. 1999. Trace minerals in human growth and development. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 1999 Sep-Oct;12(5):589-601.
- Centers for disease control and prevention (CDC). 2022. Promoting Health for Older Adults. Diunduh dari: <https://www.cdc.gov/chronicdisease/resources/publications/factsheets/promoting-health-for-older-adults.htm>
- Cleveland Clinic. 2021. Anabolism vs. Catabolism: The Role They Play in Your Metabolism. . <https://health.clevelandclinic.org/anabolism-vs-catabolism/>
- Detik Health. 2022. Tips siapkan masa tua yang berkualitas mulai dari sekarang. Diunduh dari:

- <https://health.detik.com/advertorial-news-block/d-6125063/tips-siapkan-masa-tua-yang-berkualitas-mulai-dari-sekarang>.
- Entrevista. 2021. What is ageing? Diunduh dari <http://www.ub.edu/senesciencia/noticia/what-is-ageing/>
- Geriatri id. 2019. Cara Tetap Sehat dan Bugar Saat Lansia. Diunduh dari <https://www.geriatri.id/artikel/20/cara-tetap-sehat-dan-bugar-saat-lansia>. Pada tanggal 20 Oktober 2022.
- Harvard Medical School*. 2021. *The Truth About Metabolism*. Harvard Health Publishing.
- Kemenkes (Kementerian Kesehatan) RI. 2019. Cara sehat cegah penuaan dini pada kulit. MediaKom Sehat Negeriku, edisi 108 Juli 2019. Hal.36-37. Diunduh dari: http://repository.um-surabaya.ac.id/4452/1/Mediakom_108_versi_web.pdf. Pada tanggal 20 Oktober 2022
- Kemenkes (Kementerian Kesehatan) RI. 2020. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2020 Tentang Standar Antropometri Anak.
- Kim G, Kim JH. 2020. Impact of Skeletal Muscle Mass on Metabolic Health. *Endocrinol Metab* 2020;35:1-6. <https://doi.org/10.3803/EnM.2020.35.1.1>
- Kompas. 2020. Metabolisme: Pengertian, Proses, dan Faktornya. Diunduh dari: <https://www.kompas.com/skola/read/2020/01/15/130000769/metabolisme-pengertian-proses-dan-faktornya?page=all>. Pada tanggal 20 Oktober 2022
- Liguori I, Russo G, Curcio F, Bulli G, AranL, Della-Morte D, Gargiulo G, Testa G, Cacciatore F, BonaduceD, AbeteP. 2018. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging* 2018;13. Pp:757-772
- Presiden RI. 1998. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 1998 Tentang Kesejahteraan Lanjut Usia.

- Salisbury D, Bronas U. Reactive oxygen and nitrogen species: impact on endothelial dysfunction. *Nurs Res.* 2015;64(1):53–66.
- Sanusi FE, Sawitri AAS, Putri WCWS. 2020. Hubungan Aktivitas Merokok Dengan Penuaan Dini Kulit Pada Kelompok Masyarakat Usia 20-40 Tahun Di Universitas Udayana. *Jurnal Bios Logos* Vol.10 No.1, Februari 2020.
- Schell ML, Gallo MV, Denham M, Ravenscroft J. 2006. Effects of Pollution on Human Growth and Development: An Introduction. *J Physiol Anthropol.* 2006 Jan;25(1):103-12.
- Silventoinen K, Bartels M, Posthuma D, Van-Burk GFE, Willemsen G, Beijsterveldt TCEM, Boosmsma DI. 2007. Genetic regulation of growth in height and weight from 3 to 12 years of age: a longitudinal study of Dutch twin children. *Twin Res Hum Genet.* 2007 Apr;10(2):354-63.
- Susilawati, Bachtiar N. (2018). *Buku Biologi Dasar Terintegrasi*. Kreasi Edukasi Publishing and Consulting Company, Pekanbaru-Riau.
- Tune JD, Goodwill AG, Sassoon DJ, Mather KJ. 2017. Cardiovascular Consequences of Metabolic Syndrome. *Transl Res.* 2017 May ; 183: 57–70.
- Wikipedia. 2022. Metabolisme. Diunduh dari: <https://id.wikipedia.org/wiki/Metabolisme>. Pada tanggal: 20 Oktober 2022.
- Wu JQ, Kosten TR, Zhang XY. 2013. Free radicals, antioxidant defense systems, and schizophrenia. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2013;46:200–206.
- Zhang J and Zhao I. 2021. Dietary Diversity and Healthy Aging: A Prospective Study. *Nutrients* 2021, 13, 1787.

BAB 4

GIZI DAN OTAK

Oleh Ernita

4.1 Pendahuluan

Allah SWT telah menciptakan otak manusia yang sangat sempurna dan kompleks. Otak mempunyai peranan yang sangat penting dan besar pengaruhnya terutama sebagai pusat kendali berbagai organ tubuh lainnya (Perretta, 2011). Kita harus bekerja keras untuk menjaganya agar tetap sehat. Oleh karena itu penulis akan membahas tentang kaitan antara zat gizi dan otak, tentunya sebelum kita memasuki mengenai pembahasan tersebut, kita harus terlebih dahulu mengetahui tentang anatomis dan fisiologis dari otak.

Kinerja otak manusia didasarkan interaksi antara genotipe yang diwariskan dan faktor lingkungan internal, termasuk diet. Makanan dan nutrisi sangat penting untuk pemeliharaan kinerja otak juga membantu dalam pencegahan dan pengobatan mental (Ekstrand *et al.*, 2020).

Apakah kita mengetahui jika setiap makanan yang kita makan mempengaruhi kesehatan kita? Makanan yang kita makan memiliki dua efek, yaitu efek negatif dan efek positif pada otak kita ini (Ahmad *et al.*, 2021). Salah satu faktor yang berkontribusi untuk menjaga kesehatan yang baik adalah mengonsumsi semua nutrisi yang dibutuhkan tubuh agar dapat berfungsi dengan baik. Gizi seimbang sangat dibutuhkan untuk kesejahteraan fisik dan mental sepanjang masa hidup mulai dengan perkembangan awal masa pre-natal, dan pasca-natal hingga terus berlanjut hingga tahap kehidupan selanjutnya. Banyak artikel yang meninjau bukti yang menghubungkan antara pola diet dengan penyakit berbasis otak dan gambaran tentang mekanisme yang mendasari hubungan

antara kesehatan otak dan makanan yang dimakan (Lachance & Ramsey, 2015).

Makanan yang kita makan akan berpengaruh kepada neuron (sel saraf) yang merupakan sel utama pada otak. Nutrisi yang memenuhi kebutuhan gizi akan bermanfaat bagi otak yang dapat meningkatkan produksi neuron baru serta berpengaruh terhadap plastisitas.

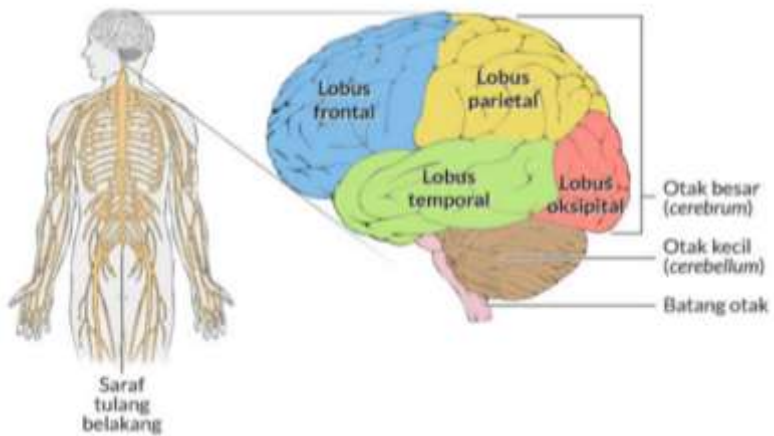
Bab ini akan membahas hubungan gizi dengan otak, pertumbuhan dan gizi terbaik untuk otak, dan metabolisme serta zat gizi yang diperlukan otak.

4.2 Otak

Otak adalah suatu organ yang sangat kompleks. Otak terletak dalam batok kepala dan melanjutkan diri menjadi saraf tulang belakang (*medulla spinalis*). Secara anatomis otak dibagi menjadi otak besar (*cerebrum*), otak kecil (*serebelum*), dan batang otak (*brain steim*). Berat otak sekitar 2% dari berat badan atau lebih kurang 1500 gram. Sel Otak tersusun dari 100 miliar neuron (Perretta, 2011).

Otak mengolah segala macam informasi yang didapatkan dari seluruh tubuh. Dalam penyebaran dan pengolahannya otak bekerja sebagai tempat bermuaranya segala informasi dan pada saat yang bersamaan itu juga yang terjadi pada sistem saraf.

Dalam proses pengolahan informasi tersebut, terdapat 3 komponen utama padanya: otak, sel saraf yang disebut juga neuron serta yang terakhir yaitu *neurotransmitter*. Secara garis besar 3 komponen ini yang berperan besar dalam jalannya atau proses terjadinya serta sampainya suatu informasi tersebut terhadap sel saraf lainnya. Masing-masing komponen tersebut memiliki tugas dan peran yang berbeda-beda.

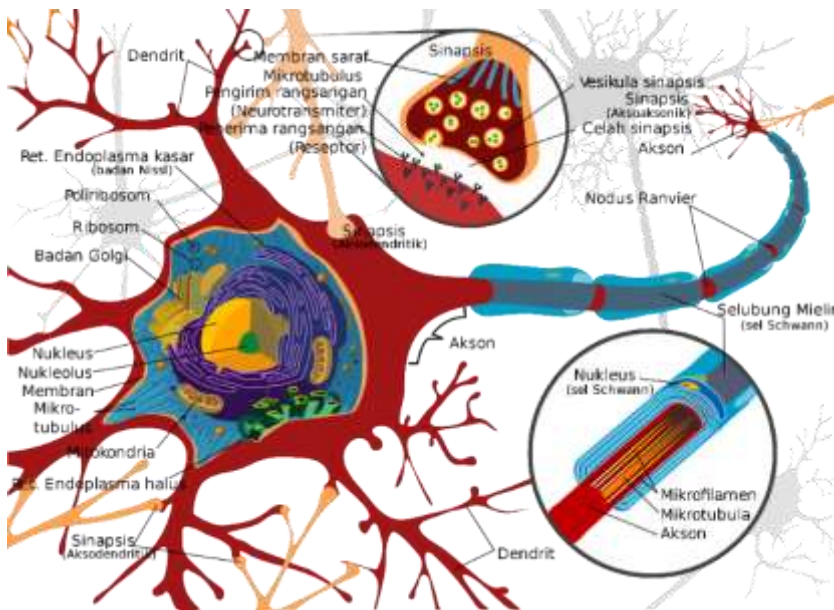


Gambar 4.1 : Struktur Otak

(Sumber : www.alodokter.com/menyederhanakan-anatomi-otak-yang-rumit)

Otak berperan sebagai pos dan pusat keseluruhan informasi diterima, diolah, serta diteruskan kembali kepada yang bagian tubuh yang lain. Komponen yang kedua yaitu sel saraf atau disebut juga neuron. Neuron itu kita ibaratkan bagaikan jalur yang menghubungkan antara otak dengan bagian tubuh yang lainnya. Ia membentuk jaringan yang menghubungkan dari suatu tempat ke tempat lainnya. Total panjang sel saraf (neuron) mencapai 75 km, panjang sekali bukan? Dan ia berjumlah lebih dari 100 miliar.

Adapun komponen ketiga ialah neurotransmitter. Ia berperan sebagai pengantar informasi dari suatu sel saraf (neuron) ke sel saraf (neuron) lainnya. Ia mampu bergerak dengan kecepatan yang sangat tinggi bahkan pada saat-saat tertentu bisa mencapai hingga 450 km/jam.



Gambar 4.2 : Sel Saraf (Neuron)

(Sumber: id.m.wikipedia.org/wiki/Berkas:Complete_neuron_cell_diagram_id.svg)

Bentuk sel saraf dapat dilihat pada gambar diatas. Dendrit adalah bagian terluar daripada sel saraf (neuron), panjangnya kurang dari 1,5 cm (hanya beberapa mm) pada otak akan tetapi pada bagian tubuh yang lainnya memiliki Panjang yang berbeda contohnya seperti panjang sel saraf pada kaki mencapai hingga 1 meter. Cara kerja sel saraf (neuron) yaitu awalnya ia menerima rangsangan dari reseptor yang berada di dendrit. Kemudian Ketika dendrit tersebut mendapatkan rangsangan tersebut maka nukleus menahan informasi untuk mengontrol kegiatan neuron tersebut sehingga apabila diteruskan maka membutuhkan jalur untuk mencapai dan mengirim informasi tersebut. Jalur tersebut dinamakan *axon*. Pada jalur inilah neurotransmitter disalurkan pada saluran (jalur) tersebut terdapat selubung myelin yang membungkus *axon* tersebut sehingga memiliki pengaruh terhadap percepatan rangsangan impuls saraf. Kemudian neurotransmitter

tersebut terus berjalan hingga mencapai bola di ujung saraf tersebut. Kemudian ujung saraf tersebut tersebut bersambung dengan sel saraf lainnya (yang bersebelahan) dan seterusnya (Perreta, 2011).

4.2.1 Pertumbuhan Otak

Pertumbuhan otak berawal setelah terjadinya konsepsi, sehingga terbentuknya zigot. Masa pertumbuhan otak tercepat terus berlangsung sesuai dengan tahapannya. Otak mempunyai komponen yang berbeda-beda tumbuh dengan laju yang tidak sama dan mempunyai periode kritis yang memiliki laju pertumbuhan tercepat dan tingkat kerentanan terbesar terhadap pengaruh negatif (Barasi, 2009).

Pertumbuhan dan perkembangan sangat cepat dan terjadi selama 1000 hari pertama (pembuahan sampai 24 bulan) sehingga nutrisi yang baik sangat penting diperhatikan.

4.3 Gizi Terbaik untuk Otak

Kesehatan otak dan kesehatan fisik sama-sama memiliki peran yang sangat penting. Semua makanan dianggap sebagai sarana untuk menyediakan energi dan zat pembangun tubuh, selain itu gizi dalam makanan memiliki kemampuan untuk mencegah dan melindungi terhadap penyakit tertentu (Gomez-Pinilla, 2008). Kinerja otak manusia didasarkan pada interaksi antara gen yang berasal dari faktor eksternal, salah satunya adalah gizi, gizi ini lalu dikaitkan dengan pentingnya pemeliharaan yang berfokus pada otak (Ekstrand *et al.*, 2021).

Secara umum kesehatan otak dimulai dari kesehatan tubuh, dapat digambarkan bahwa semua tindakan yang mengarah pada kesehatan fisik yang baik dan terjaga secara keseluruhan juga dapat bermanfaat pada otak (Ekstrand *et al.*, 2021). Beberapa makanan juga dianggap dapat mengurangi perkembangan otak. Sebuah studi *cohort* perspektif

menunjukkan bahwa kepatuhan jangka panjang yang spesifik terhadap makanan dapat menekan kejadian penyakit non infeksi dikaitkan dengan fungsi kognitif rata rata yang baik (Ekstrand *et al.*, 2021)

Otak membutuhkan sejumlah besar energi dibandingkan bagian tubuh lainnya, mekanisme yang terjadi dalam transfer energi dari makanan ke neuron menjadi dasar untuk mengontrol fungsi otak itu sendiri (Stephen D. and Erika E, 2019). Darah dalam tubuh akan mengalirkan banyak darah ke otak, aliran ini tidak hanya membawa O₂ saja, aliran darah juga mengangkut nutrisi-nutrisi penting untuk saraf yang ada, seperti asam amino, vitamin dan mineral (Perretta, 2005). Aliran ini juga memberikan mikro nutrien glukosa sejenis gula dan oksigen ke dalam otak, sebaliknya jika otak mengalami gangguan aliran, maka penyediaan energi yang dibutuhkan otak akan berkurang, sehingga akan mengakibatkan beberapa keadaan yang tidak normal seperti kondisi linglung bahkan tidak sadarkan diri (Perretta, 2005).

WHO (2021) mengaitkan hubungan gizi dengan berbagai kondisi baik dan buruk. Pola makanan yang tidak sehat dan tidak memiliki nutrisi sesuai yang dibutuhkan perorangan akan menyebabkan risiko global terkait beberapa penyakit termasuk penyakit mental yang ada hubungannya dengan otak.

Beberapa studi epidemiologi eksperimental membuktikan terdapat efek yang menguntungkan dari nutrien yang terkandung dalam makanan salah satunya adalah Polifenol yang baik untuk otak. Polifenol adalah mikro nutrien yang sangat melimpah yang dapat ditemukan pada makanan yang berasal dari tumbuhan yang memiliki anti-oksidan yang kuat (Meeusen, 2014). Buah-buahan seperti anggur merah dan kakao, kopi, juga teh merupakan sumber utama makanan dengan kandungan Polifenol, bahkan Polifenol telah terbukti

dapat melindungi neuron terhadap cedera yang disebabkan oleh Neurotoksin (Meeusen, 2014).

Energi otak juga membutuhkan glukosa yang dibawa oleh darah melalui sawar darah otak. Pengangkutan glukosa dapat lebih banyak sekitar 10 kali dibandingkan jumlah glukosa yang biasanya di angkut dalam 1 hari (Barasi, 2011).

4.3.1 Nutrisi Utama untuk Otak

Untuk menjaga kesehatan otak, otak membutuhkan 5 nutrisi utama, antara lain: Air, Protein, Karbohidrat, Lemak, dan Vitamin. Semua ini terdapat dalam makanan yang kita konsumsi.

1. Air

Air menyumbang sekitar 60-70% dari berat tubuh manusia (Zhang *et al.*, 2018). Air juga paling penting untuk menjaga keseimbangan input/output cairan. Saat seseorang kekurangan input yang disebut dehidrasi, akan mempengaruhi kerja otot, di samping itu beberapa organ juga dapat mengalami masalah seperti ginjal dan Infeksi Saluran Kencing (ISK), selanjutnya dehidrasi mempengaruhi kinerja kognitif karena air menyumbang 75% dari massa otak itu sendiri (Zhang *et al.*, 2018).

Beberapa studi menemukan bahwa dehidrasi karena kekurangan air berpengaruh terhadap kecerdasan jangka pendek, studi lain menyebut dehidrasi ini akan berdampak buruk tidak hanya pada kognitif dan perubahan suasana hati (Zhang *et al.*, 2018).

2. Protein

Protein merupakan nutrisi yang sangat penting. protein mengandung sumber asam amino yang dibutuhkan hampir disemua proses fisiologi (Stampanoni Bassi *et al.*, 2019). Protein terdiri dari asam amino dan merupakan bahan pembangun kehidupan yang penting. Sebanyak 12 asam

amino diproduksi dalam tubuh itu sendiri dan 8 sisanya (asam amino esensial) harus dipasok melalui makanan (Rao *et al.*, 2008).

Pada awal kehidupan protein memiliki peran untuk membangun strukturnya. Protein akan diubah menjadi asam amino yang juga di angkut oleh transporter ke sawar otak (Barasi, 2011). Banyak *neurotransmitter* di otak terbuat dari asam amino (Rao *et al.*, 2008). Makanan kaya protein berkualitas tinggi termasuk daging, susu dan produk susu lainnya, dan telur. Protein nabati seperti kacang-kacangan, kacang polong, dan biji-bijian mungkin rendah satu atau dua asam amino esensial. Asupan protein dan pada gilirannya asam amino individu dapat mempengaruhi fungsi otak dan kesehatan mental (Rao *et al.*, 2008).

Di dalam protein terdapat dua asam amino yang penting untuk *neurotransmitter* yang berperan untuk mengatur suasana hati dan mengurangi depresi 2 Asam amino ini adalah tirosin dan triptofan keduanya bisa ditemukan dalam bahan makanan yang mengandung susu, *oat*, telur, dan daging (Perretta, 2005).

Jika ada kekurangan salah satu dari dua asam amino ini, tidak akan ada cukup sintesis *neurotransmitter* masing-masing, yang dikaitkan dengan suasana hati yang rendah dan agresi pada pasien. Penumpukan asam amino yang berlebihan juga dapat menyebabkan kerusakan otak dan keterbelakangan mental. Misalnya, penumpukan fenilalanin yang berlebihan pada individu dengan penyakit yang disebut fenilketonuria dapat menyebabkan kerusakan otak dan keterbelakangan mental (Rao *et al.*, 2008)

3. Lemak

Asupan makanan yang cukup dan status gizi memiliki efek penting pada fungsi otak dan kesehatan otak. Asupan

energi dan kelebihan atau kekurangan nutrisi spesifik dari diet secara berbeda mempengaruhi proses kognitif, emosi, perilaku, fungsi neuroendokrin dan plastisitas sinaptik dengan kemungkinan efek protektif atau merugikan pada fisiologi saraf. Lipid, khususnya, memainkan peran struktural dan fungsional dalam neuron (Chianese *et al.*, 2018).

Dalam dekade terakhir, studi retrospektif dan prospektif menunjukkan bahwa obesitas dan peningkatan konsumsi diet tinggi lemak meningkatkan risiko pengembangan demensia. Studi epidemiologi lain juga menunjukkan bahwa asupan diet tinggi lemak yang mencakup sebagian besar omega-6 dikaitkan dengan kinerja yang lebih buruk pada tugas kognitif (Chianese *et al.*, 2018).

Terdapat beberapa jenis lemak, antara lain:

a. Lemak tak jenuh

Lemak tak jenuh, yang berbentuk cair pada suhu kamar, dianggap lemak bermanfaat karena dapat meningkatkan kadar kolesterol darah, meredakan peradangan, menstabilkan irama jantung, dan memainkan sejumlah peran bermanfaat lainnya. Lemak tak jenuh banyak ditemukan pada makanan yang berasal dari tumbuhan, seperti minyak nabati, kacang-kacangan, dan biji-bijian.

Ada dua jenis lemak tak jenuh "baik":

- 1) Lemak tak jenuh tunggal ditemukan dalam konsentrasi tinggi di: Minyak zaitun, kacang tanah, minyak canola, alpukat, kacang-kacangan seperti almond, hazelnut, dan pecan, Biji-bijian seperti labu dan biji wijen.
- 2) Lemak tak jenuh ganda ditemukan dalam konsentrasi tinggi dalam minyak bunga matahari, jagung, kedelai, biji rami, kenari, Ikan, minyak

canola meskipun lebih tinggi lemak tak jenuh tunggal, itu juga merupakan sumber lemak tak jenuh ganda yang baik (*Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2014*)

b. Lemak Omega-3

Lemak omega-3 adalah jenis lemak tak jenuh ganda yang penting. Tubuh tidak dapat membuatnya sendiri sehingga ini semua dihadirkan melalui makanan. Cara terbaik untuk mendapatkan lemak omega-3 adalah dengan makan ikan 2-3 kali seminggu. Sumber nabati yang baik dari lemak omega-3 termasuk biji rami, kenari, dan minyak canola atau kedelai (*Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2014*).

Lemak khusus ini dapat berfungsi untuk meningkatkan ukuran dari otak, serta meningkatkan kuantitas jumlah sel otak, selain itu mampu memperbaiki visual/penglihatan, dan membantu dalam proses belajar (Perretta, 2005). Sumber utama lemak esensial ini adalah ikan salmon, sarden, kacang-kacangan, dan biji-bijian (Perretta, 2005).

4. Karbohidrat

Karbohidrat adalah polisakarida alami dan memainkan peran penting dalam struktur dan fungsi suatu organisme. Pada organisme yang lebih tinggi (manusia), mereka ditemukan mempengaruhi suasana hati dan perilaku. Makan makanan yang kaya karbohidrat memicu pelepasan insulin dalam tubuh. Insulin membantu membiarkan gula darah masuk ke dalam sel di mana ia dapat digunakan untuk energi dan secara bersamaan memicu masuknya triptofan ke otak. Triptofan di otak mempengaruhi tingkat *neurotransmitter* (Rao *et al.*, 2008).

Konsumsi makanan rendah karbohidrat cenderung memicu depresi, karena produksi zat kimia otak serotonin dan triptofan yang meningkatkan perasaan sehat, dipicu oleh makanan kaya karbohidrat (Rao *et al.*, 2008). Glukosa diperlukan untuk menyediakan prekursor untuk sintesis *neurotransmitter* dan ATP untuk bahan bakar tindakan mereka serta tuntutan energi otak tidak terkait dengan sinyal (Slavin and Carlson, 2014). Ketergantungan otak pada glukosa sebagai bahan bakar wajibnya terutama berasal dari sawar darah otak. (Slavin and Carlson, 2014). Karbohidrat banyak ditemukan pada makanan biji-bijian, buah dan sayuran (Perretta, 2005).

5. Vitamin

Vitamin dan mineral vitamin dan mineral juga dibutuhkan oleh tubuh lain juga otak beberapa varian makanan dapat membantu tercukupinya kebutuhan akan vitamin dan mineral (Perretta, 2005). Kedua zat ini banyak terdapat dalam berbagai jenis makanan (Perretta, 2005).

Vitamin B dianggap banyak mempengaruhi fungsi otak vitamin B ini terdiri dari 8 Vitamin yang larut dalam air yang berperan terhadap fungsi selular dan sebagai koenzim dalam rangka reaksi enzimatik fungsi vitamin B juga sebagai produksi energi memperbaiki DNA atau RNA dan menyintesis berbagai neurokimia dan molekul *neurotransmitter* (Kennedy, 2016).

Penelitian epidemiologi secara eksperimental dan terkontrol mendapatkan tiga jenis vitamin yang lebih unggul diantara vitamin yang lain yaitu B9 atau folat B12 dan B6 namun tidak eksklusif semua jenis vitamin ini terlibat langsung dalam metabolik homeostasis namun secara umum vitamin ini terkait sebagai kelompok gizi yang paling berperan untuk fungsi fisiologis dan neurologis yang optimal (Kennedy, 2016).

Perretta (2005) menyebutkan vitamin B Kompleks memiliki tugas penghasil energi yang cukup dibutuhkan oleh otak sedangkan vitamin A, C, dan E dianggap antioksidan yang berpengaruh terhadap kemampuan mengingat pada usia lanjut.

Mineral dianggap sebagai penjaga otak terhadap neurologis. Magnesium berperan penting dalam *neuromuscular*. Magnesium adalah jenis mineral yang terbaik untuk mencegah penyakit gangguan neurologis kondisi yang dapat dicegah adalah migrain nyeri nyeri kronis epilepsi *alzheimer* Parkinson dan stroke termasuk gangguan-gangguan yang berhubungan dengan kecemasan (Kirkland, Sarlo and Holton, 2018).

Tabel 4.1 : Jenis Nutrisi yang dapat Menjaga Kesehatan Otak

No	Jenis Nutrisi	Sumber	Peran terhadap otak
1	Protein Lengkap	Daging, ikan, susu olahan	Memproduksi/ menghasilkan <i>neurotransmitter</i>
2	Protein tidak Lengkap	Bijian, sayur dan buah	Memproduksi/ menghasilkan <i>neurotransmitter</i>
3	Protein pelengkap	Dapat dikombinasikan seperti kacang polong gandum pasta beras merah biji wijen sayur segar kacang India dan kacang-kacangan yang lainnya	Efek untuk otak adalah memproduksi dan menghasilkan <i>neurotransmitter</i> yang baru
4	Air	Air yang baik yang tidak tercemar bersih dan dimasak.	Mempertahankan konsentrasi dan kesadaran dan

No	Jenis Nutrisi	Sumber	Peran terhadap otak
		Dibutuhkan 1 sampai 2 liter per harinya Jus buah juga dianjurkan, sup sayur juga dianjurkan	menjaga memori pada orang yang dewasa
5	Vitamin dan mineral	Vitamin B1 atau thiamin: biji bunga matahari beras merah kedelai Vitamin B2 Riboflavin: daging kacang almond jamur biji-bijian Vitamin B3 Niasin: bijian, alpukat, tauge Vitamin B5 asam pantolonat: daging, kuning telur, alpukat, ragi Vitamin B6 Piridiksin: biji-bijian, pisang, toge, kacang Vitamin B12 Kobalamin: ginjal, hati sapi, ikan, sayuran hijau Folat: sayuran hijau Biotin: terdapat dalam ayam, kacang,	Sebagai anti-oksidan mempengaruhi daya ingat dan memperbaiki DNA dan RNA

No	Jenis Nutrisi	Sumber	Peran terhadap otak
		ragi, dan kuning telur Kolin: jenis jeruk, polong, kacang, gandum murni, hati, dan kuning telur.	
6	Karbohidrat, protein (sama seperti dijelaskan di atas)	Makanan untuk kekuatan berpikir sumbernya: sayuran, kacang-kacangan, biji-bijian	Pemasok sumber energi utama untuk otak mempertahankan konsentrasi mental dan kesiagaan
7	Lemak esensial antara lain omega 3 dan omega 6	Sumber: ikan berminyak, makarel haring, salmon, kacang Brazil segar, lemon, kacang hazelnut, minyak wijen, minyak sunflower	Menjaga keseimbangan sel otak dan saraf membangun struktur otak membantu proses kognitif

Sumber: Perretta, 2005; Barasi, 2011; Slavin and Carlson, 2014.

4.4 Hubungan Nutrisi dan Otak

Salah satu faktor penting yang berkontribusi untuk menjaga kesehatan yang baik adalah konsumsi gizi yang dibutuhkan oleh tubuh (Flanagan *et al.*, 2020). Organ yang berperan penting untuk mendapatkan nutrisi adalah otak (Cusick and Georgieff, 2016). Pertumbuhan dan perkembangan otak bersifat jangka panjang, pada dasarnya sebagian besar struktur dan kapasitas utama otak sudah terbentuk sejak awal kehidupan sebelum usia 3 tahun (Cusick and Georgieff, 2016).

Pertumbuhan otak sudah dimulai dari trimester II (usia kehamilan pertengahan) sampai dengan usia anak 15 bulan. Setelah lahir beberapa elemen otak tumbuh dengan waktu yang

berbeda pula. Otak juga memiliki periode masa kritis yang dapat cepat tumbuh dan memiliki kerawanan terbesar jika ada pengaruh negatif (Barasi, 2011).

Terdapat hubungan langsung antara gizi yang dikonsumsi dengan otak juga berikut fungsinya (Ahmad *et al.*, 2021). Gizi yang baik yang dibutuhkan oleh tubuh membuat otak menjalankan tugasnya dengan aktif, kebaikan dari gizi juga mampu mengelola semua fungsi tubuh. Karena otak mengendalikan tubuh yang lain, pesan yang dikirimkan oleh otak tidak hanya memungkinkan seseorang melakukan tugas secara fisik seperti melakukan gerakan namun juga membantu seseorang melakukan tugas kognitif (Ahmad *et al.*, 2021).

Kognitif memiliki hubungan erat dengan kecerdasan seseorang. Kognitif mengarah kepada kemampuan menghafal, berpikir, belajar, mengingat, merencanakan, berimajinasi, mengatur, berkonsentrasi bahkan mampu menyimpan file masa lalu yang pernah di alami (Ahmad *et al.*, 2021). Pada dasarnya konsep kecerdasan ini banyak mengalami perubahan pendapat seiring berjalannya waktu dan penelitian terbaru (Perretta, 2005). Dahulu kecerdasan di anggap turunan dari genetik yang di bawa sejak lahir. Sebagian peneliti juga menganggap bahwa kecerdasan berasal dari pijakan pendidikan, namun saat ini beragam penelitian dan bukti muncul dengan mengaitkan secara jelas bahwa gizi berperan penting terhadap peningkatan kecerdasan seseorang. Berbagai kelompok usia harus mampu menyesuaikan gizi sesuai dengan yang dibutuhkan agar otak dapat melakukan fungsinya dengan optimal (Perretta, 2005; Ahmad *et al.*, 2021).

Gizi juga dirasakan langsung berhubungan dengan fungsi otak (Ahmad *et al.*, 2021). Gizi yang baik mampu meningkatkan produksi Neuron baru, yang proses ini disebut dengan Neorogenesis. Gizi juga mampu mempengaruhi plastisitas sinapsis (Ahmad *et al.*, 2021). Plastisitas Sinapsis merupakan komponen neuron untuk membawa perubahan antar jaringan saraf dalam menanggapi respon (Stephen D. and Erika E, 2019). Plastisitas

sinapsis ini mengacu pada kemampuan Neuron untuk memodifikasi kekuatan koneksi mereka, dan merupakan proses Neurofisiologis yang sangat penting dan terlibat dalam pengembangan jaringan otak dan perbaikan otak setelah mengalami kerusakan (Stampanoni Bassi *et al.*, 2019).

Gizi ternyata juga dikaitkan dengan kesehatan mental (Gómez, Pinilla, 2008). Mental ini merujuk kepada yang dapat mempengaruhi suasana hati dan memiliki manifestasi kejiwaan yang merujuk kepada emosional seseorang (Gomez-Pinilla, 2008). Gizi dapat memegang peranan penting dalam timbulnya masalah mental termasuk pada nafsu makan yang buruk, seringnya menunda makan, dan mendominasi keinginan makan yang manis (Rao *et al.*, 2008).

Gangguan emosional secara umum dikaitkan dengan kekurangan nutrisi yang paling utama dibutuhkan oleh otak, terutama Vitamin Essensial, Mineral, Lemak, dan Omega 3 (Rao *et al.*, 2008). Studi juga menunjukkan bahwa suplemen harian gizi efektif mengurangi gejala yang berhubungan dengan mental. Asam amino juga telah terbukti mengurangi gejala yang sama (Rao *et al.*, 2008).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. *et al.* 2021. *Healthy Meal, Happy Brain: How Diet Affects Brain Functioning, Frontiers for Young Minds*. <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frym.2021.578214> (Accessed: 18 October 2022).
- Barasi, M.E. 2011. *At A Glance Ilmu Gizi*. Jakarta: Erlangga.
- Black, M.M. 2018. Impact of Nutrition on Growth, Brain, and Cognition. *Nestle Nutrition Institute Workshop Series*, 89, pp. 185–195. Available at: <https://doi.org/10.1159/000486502>.
- Chianese, R. *et al.* 2018. Impact of Dietary Fats on Brain Functions. *Current Neuroparmacology*, 16(7), pp. 1059–1085. <https://doi.org/10.2174/1570159X15666171017102547>.
- Coelho-Junior, H.J. *et al.* 2021. Protein Intake and Cognitive Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrition and Metabolic Insights*, 14, p. 11786388211022372. <https://doi.org/10.1177/11786388211022373>.
- Cusick, S.E. and Georgieff, M.K. 2016. The Role of Nutrition in Brain Development: The Golden Opportunity of the “First 1000 Days”. *The Journal of pediatrics*, 175, pp. 16–21. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.05.013>.
- Ekstrand, B. *et al.* 2021. Brain foods - the role of diet in brain performance and health. *Nutrition Reviews*, 79(6), pp. 693–708. Available at: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa091>.
- Gómez-Pinilla, F. 2008. Brain foods: the effects of nutrients on brain function. *Nature reviews. Neuroscience*, 9(7), pp. 568–578. <https://doi.org/10.1038/nrn2421>.
- Harvard T.H. Chan School of Public Health. 2014. *Types of Fat | The Nutrition Source | Harvard T.H. Chan School of Public Health*. <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what->

should-you-eat/fats-and-cholesterol/types-of-fat/
(Accessed: 23 October 2022).

- Kennedy, D.O. 2016. B Vitamins and the Brain: Mechanisms, Dose and Efficacy—A Review. *Nutrients*, 8(2), p. 68. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu8020068>.
- Kirkland, A.E., Sarlo, G.L. and Holton, K.F. 2018. The Role of Magnesium in Neurological Disorders. *Nutrients*, 10(6), p. 730. <https://doi.org/10.3390/nu10060730>.
- Lachance, L. and Ramsey, D. 2015. Food, Mood, and Brain Health: Implications for the Modern Clinician. *Missouri Medicine*, 112(2), pp. 111–115. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6170050> (Accessed: 18 October 2022)
- Meeusen, R. 2014. Exercise, nutrition and the brain. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 1, pp. S47-56. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0150-5>.
- Nogueiras, R., Tschöp, M.H. and Zigman, J.M. 2008. CNS Regulation of Energy Metabolism: Ghrelin versus Leptin. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1126, p. 14. <https://doi.org/10.1196/annals.1433.054>.
- Perretta, L. 2005. *Makanan untuk Otak: Panduan penting untuk meningkatkan kemampuan otak Anda*. Jakarta: Erlangga.
- Rao, T.S.S. et al. 2008. Understanding nutrition, depression and mental illnesses. *Indian Journal of Psychiatry*, 50(2), pp. 77–82. <https://doi.org/10.4103/0019-5545.42391>.
- Slavin, J. and Carlson, J. 2014. Carbohydrates. *Advances in Nutrition*, 5(6), pp. 760–761. <https://doi.org/10.3945/an.114.006163>.
- Stampanoni Bassi, M. et al. 2019. Synaptic Plasticity Shapes Brain Connectivity: Implications for Network Topology. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(24), p. 6193. <https://doi.org/10.3390/ijms20246193>.
- Stephen D., M. and Erika E, F. 2019. Synaptic Plasticity - an overview. *ScienceDirect*. Available at:

- <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/synaptic-plasticity> (Accessed: 19 October 2022).
- WHO. 2021. *Nutrition*. Available at: https://www.who-topics/nutrition_ (Accessed: 19 October 2022).
- Zhang, J. *et al.* 2018. The Effects of Hydration Status on Cognitive Performances among Young Adults in Hebei, China: A Randomized Controlled Trial (RCT). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), p. 1477. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071477>.

BAB 5

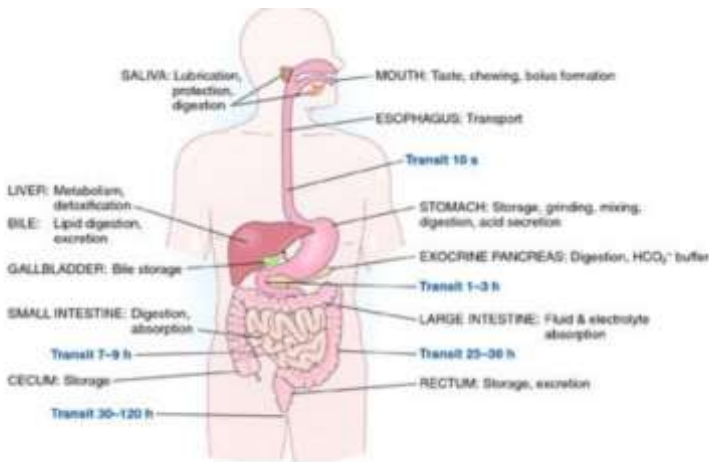
SALURAN GASTROINTESTINAL

Oleh Roslinda Laiya

5.1 Pendahuluan

Gastrointestinal adalah salah satu organ terbesar dalam tubuh, memiliki luas permukaan terbesar, memiliki jumlah sel imun terbesar, dan merupakan salah satu jaringan yang paling aktif secara metabolik dalam tubuh. Sistem gastrointestinal meliputi saluran gastrointestinal dan kelenjar eksokrin. Saluran gastrointestinal manusia panjangnya sekitar 9 meter, memanjang dari mulut ke anus, terdiri dari mulut, esofagus, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus. Kelenjar utama meliputi kelenjar saliva, hati, kantung empedu, dan pankreas (Tappenden, 2021, Kibble *et al.*, 2022).

Gastrointestinal dirancang untuk (1) mencerna makronutrien, yaitu karbohidrat, protein, dan lemak yang dikonsumsi; (2) menyerap cairan, makronutrien dan mikronutrien, serta mineral yang dicerna; (3) memberikan penghalang fisik dan imunologis terhadap patogen, bahan asing, dan antigen potensial yang dikonsumsi bersama makanan atau terbentuk selama perjalanan makanan pada saluran gastrointestinal; (4) mengoordinasikan respons terhadap mikroba dan antigen dengan sistem kekebalan sistemik, menghasilkan tingkat toleransi atau peradangan yang terkendali; dan (5) memberikan sinyal regulasi dan biokimia ke sistem saraf, sering kali melibatkan mikrobiota usus, melalui jalur yang dikenal sebagai *gut-brain axis* (Tappenden, 2021).



Gambar 5.1 : Saluran Gastrointestinal

Sumber: <https://accessmedicine.mhmedical.com>

Kesehatan tubuh tergantung pada gastrointestinal yang sehat dan fungsional. Karena tingkat pergantian yang luar biasa tinggi dan kebutuhan metabolisme sel epitel, fungsi gastrointestinal sangat rentan terhadap gangguan karena defisiensi mikronutrien, malnutrisi energi protein, dan kerusakan akibat toksin, obat-obatan, iradiasi, reaksi alergi makanan, serta gangguan aliran darah. Sekitar 45% kebutuhan energi usus halus dan 70% kebutuhan energi sel-sel yang melapisi usus besar disuplai oleh nutrisi yang melewati lumennya. Hanya beberapa hari setelah terjadi kelaparan atau pemberian makanan intravena (nutrisi parenteral), mukosa usus atrofi. Kembalinya asupan makanan merangsang proliferasi sel epitel dan fungsi gastrointestinal kembali normal setelah hanya beberapa hari (Tappenden, 2021).

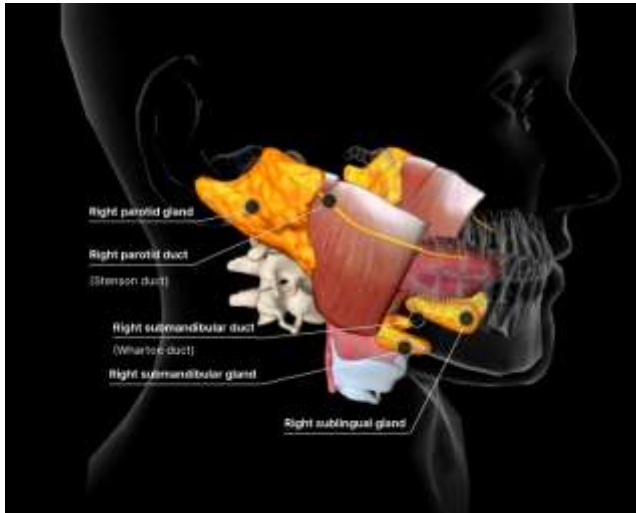
5.2 Mulut

Mulut adalah awal saluran gastrointestinal. Di sini pulalah pencernaan mulai terjadi. Sebenarnya, pencernaan sudah dimulai sebelum makan masuk ke mulut. Bau makanan yang tercium memicu kelenjar saliva untuk mengeluarkan saliva yang menyebabkan mulut berair. Saat makanan masuk ke mulut, produksi saliva meningkat (Khatri, 2022). Di mulut makanan dikunyah sehingga menjadi lebih kecil (Husairi dkk., 2020).

Ada 3 pasang kelenjar saliva yang berperan dalam proses pencernaan di mulut, yaitu

1. Kelenjar parotis, terletak di anterior telinga dan merupakan kelenjar besar
2. Kelenjar submandibular
3. Kelenjar sublingual (Faris et al., 2021).

Selain kelenjar saliva utama, banyak kelenjar saliva kecil yang didistribusikan ke seluruh mulut. Saliva mengalir dari kelenjar ke dalam mulut melalui saluran kecil (Sulyanto, 2022). Dalam sehari, kelenjar saliva mensekresikan 1 – 1,5 liter saliva, di mana 70% disekresikan oleh kelenjar submandibula, 25% oleh kelenjar parotis, dan 5% oleh kelenjar sublingual. Saliva mengandung 99,4% air, 0,6% elektrolit (natrium, klorida, dan bikarbonat), buffer, glikoprotein, antibodi (IgA) dan lisozim, serta enzim pencernaan (Husairi dkk., 2020, Faris *et al.*, 2021, Ogobuiro *et al.*, 2022).



Gambar 5.2 : Kelenjar Saliva

Sumber: <https://www.merckmanuals.com>

Ada 3 fungsi utama saliva, yaitu:

1. Pelumas, termasuk melembabkan mulut serta melumasi makanan untuk membantu menelan. Saliva memfasilitasi gerakan mulut dan lidah untuk berbicara dan membantu melarutkan bahan kimia dalam makanan untuk disajikan ke reseptor rasa.
2. Perlindungan, berkaitan dengan pengurangan efek buruk bakteri mulut. Alkalinitas saliva tidak hanya menetralkan asam yang dihasilkan oleh bakteri mulut tetapi juga mengandung banyak zat (seperti antibodi dan enzim) yang membunuh bakteri, ragi, dan virus. Aliran saliva di gigi juga membantu membersihkan bakteri penyebab kerusakan gigi (karies gigi) dan mencegah hilangnya mineral dari gigi. Saliva mengandung zat yang dapat mengurangi pertumbuhan bakteri, yaitu
 - Lisozim menyerang dinding sel bakteri.

- Laktoferin mengkelat besi, yang dibutuhkan oleh banyak bakteri untuk replikasi.
 - *Imunoglobulin A (IgA)-binding protein* diperlukan untuk aktivitas imunologis IgA.
3. Fungsi pencernaan saliva adalah memulai pemecahan karbohidrat dan lemak melalui enzim alfa-amilase dan lipase lingual.
- Alfa-amilase menghidrolisis pati, memiliki pH optimum 7, tetapi tetap aktif di lambung karena sebagian besar makanan tetap tidak tercampur selama beberapa menit di lambung. Alfa-amilase dapat memecah hingga 75% pati dalam makanan sebelum enzim didenaturasi oleh asam lambung.
 - Lipase lingual menghidrolisis trigliserida dan disekresikan oleh kelenjar saliva kecil yang ada di permukaan lidah. Lipase lingual memiliki pH asam optimal dan tetap aktif di lambung (Sulyanto, 2022, Kibble *et al.*, 2022).

Makanan di mulut akan diolah sedemikian rupa dengan bantuan gigi, lidah dan saliva sampai terbentuk bolus. Bentuk ini memudahkan makanan terdorong ke belakang menuju faring dan esofagus (Husairi dkk., 2020).

5.3 Faring dan Esofagus

Faring terletak antara mulut dan esofagus, merupakan tempat transisi pergerakan makanan secara volunter menjadi gerakan involunter. Refleks menelan di faring mendorong makanan dari esofagus menuju ke lambung (Juffrie dkk., 2018).

Fungsi utama esofagus adalah mengosongkan bahan makanan dan cairan dari mulut dan faring menuju ke lambung melalui gelombang kontraksi otot longitudinal dan melingkar yang dikenal sebagai peristaltik. Selama deglutisi, fase bukal adalah satu-satunya fase volunter di mana seseorang masih dapat

mengontrol proses menelan (Tappenden, 2021, Ogobuiro *et al.*, 2022).

Otot rangka yang ditemukan di faring dan esofagus bagian atas semuanya berada di bawah kendali refleks menelan; karenanya fase menelan faring dan esofagus berada di bawah kendali involunter dengan bantuan serat aferen dan eferen saraf glossopharyngeal dan vagus. Otot polos esofagus diatur dalam bentuk melingkar dan memanjang dan membantu gerakan peristaltik selama menelan (Ogobuiro *et al.*, 2022, Kibble *et al.*, 2022).

Perpindahan makanan mulai saat ditelan hingga tiba di lambung membutuhkan sekitar delapan detik. Cairan turun dengan cepat, hanya membutuhkan waktu sekitar satu detik atau delapan kali lebih cepat dibandingkan makanan. Adanya gerakan peristaltik membantu makanan turun melewati esofagus (Juffrie dkk., 2018).

5.4 Lambung

Volume lambung dalam keadaan kosong, yaitu 50 ml dan jika terisi dapat mengembang hingga 1 liter. Hal ini dimungkinkan karena adanya plastisitas otot polos lambung dan relaksasi reseptif lambung saat terisi. Begitu bahan makanan tiba di lambung, maka akan dipecah secara mekanis dan kimiawi oleh aksi asam lambung dan enzim (Husairi dkk., 2020, Ogobuiro *et al.*, 2022).

Di dalam lambung terdapat getah lambung (*gastric juices*) yang merupakan campuran:

1. Asam hidroklorik (HCl), berfungsi mengaktifkan pepsinogen, memudahkan pelumatan makanan, dan melindungi epitel lambung dari bakteri tak tahan asam.
2. Pepsinogen, dengan bantuan asam lambung diubah menjadi pepsin untuk mencerna protein menjadi rantai polipeptida dan sebagian kecil asam amino.
3. Mukus, akan melapisi permukaan membran mukosa sehingga tidak tercerna oleh HCl.

4. Faktor intrinsik, untuk membantu penyerapan vitamin B12.
5. Lipase gaster, berperan untuk mencerna lemak. Namun, karena pencernaan lemak membutuhkan garam empedu untuk proses emulsifikasi, maka pencernaan lemak di gaster tidak terlalu berperan (Husairi dkk., 2020).

Lambung yang normal dapat berkontraksi sebanyak tiga kali per menit. Kontraksi dan relaksasi lambung dipengaruhi oleh pikiran, penglihatan, penciuman, serta pengecapan makanan. Produksi cairan lambung akan berkurang jika makanan tidak menarik, baunya tidak sedap, atau kondisi lingkungan tidak nyaman. Sekresinya juga akan berkurang jika jumlah makanan banyak, kadar lemaknya tinggi, atau frekuensi mengunyah kurang. Dibutuhkan waktu sekitar dua hingga enam jam untuk mengosongkan makanan dari lambung. Setiap kali peristaltik maka 3/100 ons makanan akan dikosongkan dari lambung. Jika lambung berkontraksi tiga kali per menit, maka satu kilogram makanan akan dikosongkan dari lambung setelah sekitar 5 jam.

Proses digesti dan pengosongan lambung dipengaruhi oleh jenis makanan. Pengosongan karbohidrat paling cepat, selanjutnya protein, dan yang paling lambat adalah lemak (Juffrie dkk., 2018).

Ketika makanan telah mencapai konsistensi dan konsentrasi yang sesuai, sekarang disebut kimus, selanjutnya akan berpindah dari lambung ke usus halus, tempat sebagian besar pencernaan berlangsung (Tappenden, 2021).

5.5 Usus Halus

Organ utama pencernaan dan absorpsi nutrisi dan air adalah usus halus. Panjangnya kurang lebih 6 sampai 7 meter, terdiri dari duodenum kira-kira 0,5 meter, jejunum 2 sampai 3 meter, dan ileum 3 sampai 4 meter. Sebagian besar proses pencernaan diselesaikan di duodenum dan jejunum bagian atas, sedangkan penyerapan sebagian besar nutrisi selesai di bagian

tengah jejunum. Kimus asam dari lambung memasuki duodenum, kemudian akan bercampur dengan sekresi dari pankreas, kandung empedu, dan epitel duodenum. Natrium bikarbonat yang terkandung dalam sekresi ini menetralkan kimus asam dan memungkinkan enzim pencernaan bekerja lebih efektif di lokasi ini (Juffrie dkk, 2018, Tappenden, 2021).

Makanan dari lambung memasuki duodenum melalui sfingter pilorus sejumlah yang dapat dicerna oleh usus halus. Saat penuh, duodenum memberi sinyal pada lambung untuk berhenti mengosongkan. Duodenum menerima enzim pankreas dan empedu yang masuk ke duodenum melalui lubang yang disebut ampula Vater. Cairan ini penting untuk membantu pencernaan dan penyerapan, demikian pula gelombang peristaltik yang mengaduk makanan dan mencampurnya dengan sekresi usus (Bartel, M., 2022).

Masuknya makanan yang dicerna sebagian, terutama lemak dan protein, merangsang pelepasan kolesistokinin, sekretin, dan GIP (*Gastric Inhibitory Polypeptide*), yang akan merangsang sekresi enzim dan cairan dan mempengaruhi motilitas dan rasa kenyang. Empedu, yang sebagian besar merupakan campuran air, garam empedu, dan sejumlah kecil pigmen dan kolesterol, disekresikan dari hati dan kantong empedu. Melalui sifat surfaktannya, garam empedu membantu pencernaan dan penyerapan lemak, kolesterol, dan vitamin larut lemak. Asam empedu juga merupakan molekul pengatur yang mengaktifkan reseptor vitamin D yang mengubah ekspresi gen enzim yang terlibat dalam regulasi metabolisme energi. Selanjutnya, asam empedu memainkan peran penting dalam rasa lapar dan kenyang (Tappenden, 2021).

Jejunum dan ileum terletak di bawah duodenum, sebagian besar bertanggung jawab untuk penyerapan lemak dan nutrisi lainnya. Gerakan mengaduk memfasilitasi penyerapan. Penyerapan juga ditingkatkan oleh luas permukaan yang terdiri dari plika, vili, serta mikrovili atau *brush border*. Luasnya sekitar 200 hingga 300

m². Vili bertumpu pada struktur pendukung yang disebut lamina propria. Di dalam lamina propria terdapat jaringan ikat, sel imun, dan pembuluh darah kapiler dan pembuluh limfa (*central lacteal*) yang menerima nutrisi yang dihasilkan selama pencernaan dan memiliki peran sentral dalam proses absorpsi. Dinding usus kaya pembuluh darah yang membawa nutrisi yang diserap ke hati melalui vena portal. Dinding usus melepaskan lendir, yang melumasi isi usus, dan air, yang membantu melarutkan fragmen yang dicerna (Juffrie dkk, 2018, Bartel, 2022).

Pankreas mengeluarkan enzim yang mampu mencerna semua nutrisi utama, dan enzim dari usus halus membantu menyelesaikan prosesnya. Enzim pencernaan lipid utama yang disekresikan oleh pankreas adalah lipase pankreas dan kolipase. Enzim proteolitik termasuk tripsin dan kimotripsin, karboksipeptidase, aminopeptidase, ribonuklease, dan deoksiribonuklease. Tripsin dan kimotripsin disekresikan dalam bentuk tidak aktif dan diaktifkan oleh enterokinase (juga dikenal sebagai enteropeptidase). Amilase pankreas akhirnya menghidrolisis molekul pati besar menjadi sekitar dua sampai enam gula. Enzim disakaridase yang terikat pada membran brush border enterosit selanjutnya memecah molekul karbohidrat menjadi monosakarida sebelum diserap. Sejumlah pati resisten dan sebagian besar serat makanan dapat menambah jumlah serat yang tersedia untuk fermentasi oleh mikroba kolon (Tappenden, 2021).

Di hati terjadi berbagai proses metabolisme. Sintesis protein plasma terjadi di hati dan kelebihan glukosa disimpan dalam bentuk glikogen, serta menjadi tempat penyimpanan cadangan lemak, mineral, dan vitamin. Glikogen yang tersimpan akan dipecah kembali menjadi glukosa sehingga dapat mempertahankan kadar gula darah dalam batas normal dan menyediakan sumber energi saat tubuh membutuhkan (Juffrie dkk, 2018).

Isi usus bergerak sepanjang usus halus dengan kecepatan kira-kira 1 cm per menit, membutuhkan waktu sekitar 3 hingga 8 jam untuk berjalan melalui seluruh usus ke katup ileosekal. Sepanjang jalan substrat yang tersisa terus dicerna dan diserap. Katup ileosekal, seperti sfingter pilorus, mengatur masuknya kimus ke dalam usus besar dan membatasi jumlah bahan yang lewat bolak-balik antara usus kecil dan usus besar. Katup ileosekal yang rusak atau tidak berfungsi menyebabkan masuknya sejumlah besar cairan dan substrat ke dalam usus besar dan meningkatkan kemungkinan pertumbuhan mikroba yang berlebihan di usus halus (Tappenden, 2021).

Setiap hari, usus halus menyerap sekitar 150 hingga 300 g monosakarida, 60 hingga 100 g asam lemak, 60 hingga 120 g asam amino dan peptida, dan 50 hingga 100 g ion. Kemampuan penyerapan pada individu yang sehat jauh melebihi kebutuhan makronutrien dan energi normal. Sekitar 95% garam empedu yang disekresikan hati dan kandung empedu direabsorpsi sebagai asam empedu di ileum distal. Jika asam empedu tidak didaur ulang dari saluran gastrointestinal (sirkulasi enterohepatik), sintesis asam empedu baru di hati tidak akan mengimbangi kebutuhan pencernaan yang optimal. Ileum distal juga merupakan tempat penyerapan vitamin B12 dengan faktor intrinsik (Tappenden, 2021). Pada akhirnya, usus halus menyerap sebagian besar nutrisi dan semua kecuali sekitar 1 liter cairan sebelum dikosongkan ke dalam usus besar (Bartel, 2022).

5.6 Usus Besar

Panjang usus besar sekitar 1,5 m dan terdiri dari sekum, kolon, rektum, dan anus (Tappenden, 2021). Kolon terdiri dari tiga segmen, yaitu kolon asenden, kolon transversum, dan kolon desenden. Usus besar dan usus halus dihubungkan oleh katup ileosekal yang akan mengendalikan kecepatan masuknya makanan dari usus halus ke usus besar dan mencegah refluks. Katup

ileosekal membuka ke bagian usus besar yang disebut sekum, yang berfungsi menerima sisa makanan. Bagian sekum yang menonjol disebut apendiks, posisinya eksentrik sehingga mengakibatkan sisa makanan mudah terakumulasi dan dapat mengakibatkan peradangan atau apendisitis (Juffrie dkk, 2018).

Lendir yang disekresikan oleh mukosa usus besar melindungi dinding usus dari ekskoriasi dan aktivitas bakteri serta menjadi media untuk mengikat tinja. Sekitar 2 L cairan diambil dari makanan dan minuman pada siang hari, dan 7 L cairan disekresikan di sepanjang gastrointestinal. Dalam keadaan normal, sebagian besar cairan diserap di usus kecil, dan sekitar 2 L cairan masuk ke usus besar. Semua kecuali 100 hingga 150 mL cairan ini diserap, sisanya dikeluarkan melalui feses (Tappenden, 2021).

Ada beberapa fungsi usus besar, yaitu: menerima hasil kerja produksi usus, menyimpan dan mengeluarkan massa fekalis, mengabsorpsi larutan garam dan air, serta adanya aktivitas bakteri yang dapat melepaskan bahan yang tidak diabsorpsi lagi berupa vitamin (terutama vitamin K) dan gas (Husairi dkk., 2020).

Isi kolon bergerak maju perlahan dengan kecepatan 5 cm/jam, dan beberapa nutrisi yang tersisa mungkin diserap (Tappenden, 2021). Apabila kolon desendens penuh dengan tinja, maka ia akan mengosongkan isinya ke dalam rektum sehingga mulailah proses eliminasi (Khatri, 2022). Buang air besar, atau pengeluaran feses melalui rektum dan anus, terjadi dengan frekuensi yang bervariasi, mulai dari tiga kali sehari hingga sekali setiap tiga hari atau lebih. Berat tinja rata-rata sekitar 100 hingga 200 g, dengan waktu transit dari mulut ke anus sekitar 18 hingga 72 jam. Feses umumnya terdiri dari 75% air dan 25% padatan, tetapi proporsinya sangat bervariasi. Sekitar dua pertiga dari berat basah tinja adalah bakteri, sisanya berasal dari sekresi gastrointestinal, lendir, sel-sel yang terkelupas, mikrobiota, dan makanan yang tidak tercerna. Diet yang kaya akan biji-bijian, kacang-kacangan, buah-buahan, dan sayur-sayuran biasanya menghasilkan waktu transit gastrointestinal keseluruhan yang

lebih pendek, buang air besar yang lebih sering, dan tinja yang lebih besar dan lebih lunak (Tappenden, 2021).

5.7 Rektum dan Anus

Rektum adalah saluran yang panjangnya delapan inci yang menghubungkan usus besar dan anus. Ada beberapa fungsi rektum, yaitu:

- Menerima tinja dari usus besar
- Memberi informasi adanya tinja yang harus dievakuasi
- Menahan tinja sampai evakuasi terjadi

Jika ada gas atau tinja yang masuk ke dalam rektum, maka sensor akan mengirimkan sinyal ke otak. Selanjutnya otak akan memutuskan apakah isi rektum dapat dikeluarkan atau tidak. Jika diputuskan isi rektum dapat dikeluarkan, maka sfingter akan berelaksasi dan rektum berkontraksi, sehingga isi rektum dikeluarkan. Jika isi rektum tidak dapat dikeluarkan, maka sfingter akan berkontraksi dan rektum berakomodasi sehingga sensasi sementara hilang (Khatri, 2022).

Bagian akhir saluran gastrointestinal adalah anus, terdiri dari otot-otot yang melapisi panggul (otot dasar panggul) dan dua otot lain yang disebut sfingter anal (internal dan eksternal). Otot dasar panggul membentuk sudut antara rektum dan anus sehingga dapat mencegah tinja keluar ketika tidak seharusnya. Sfingter anal mengontrol feses dengan baik. Sfingter internal selalu kencang, kecuali saat feses memasuki rektum, sehingga membuat feses tidak keluar saat tidur atau tidak menyadari keberadaan tinja. Ketika ada dorongan untuk buang air besar maka sfingter eksternal akan menahan tinja sampai bisa ke toilet (Khatri, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Faris, M., Ibrahim, R. H., Al-Mukhtar, S. 2021. Physiology of the Digestive System. https://www.researchgate.net/publication/351776423_Physiology_of_the_digestive_system
- Husairi, A., dkk. 2020. Fisiologi Sistem Pencernaan. *Sistem Pencernaan – Tinjauan Anatomi, Histologi, Biologi, Fisiologi, dan Biokimia*. Malang: CV IRDH. Hal. 162-189
- Juffrie, M., Basrowi, R.W., Chairunita, C. 2018. Saluran Cerna yang Sehat: Anatomi dan Fisiologi. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/325986943_Saluran_Cerna_yang_Sehat_Anatomi_dan_Fisiologi
- Khatri, M. 2022. The Digestive system. <https://www.webmd.com/digestive-disorders/digestive-system>
- Kibble, J. D., Hasley, C.R. 2022. Gastrointestinal Physiology. *Medical Physiology*. <https://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1291§ionid=75577353#1106602837>
- Ogobuiro, I., et al. 2022. Physiology Gastrointestinal. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537103/>
- Bartel, M., 2022. Small Intestine. <https://www.merckmanuals.com/home/digestive-disorders/biology-of-the-digestive-system/small-intestine>
- Tappenden, K. A. 2021. Intake: Gastrointestinal Digestion, Absorption, and Excretion of Nutrition. *Krause and Mahan's Food and The Nutrition Care Process*. Canada: Elsevier.
- Sulyanto, R., 2022. Biology of the mouth. Available at: <https://www.merckmanuals.com/home/mouth-and-dental-disorders/biology-of-the-mouth-and-teeth/biology-of-the-mouth>

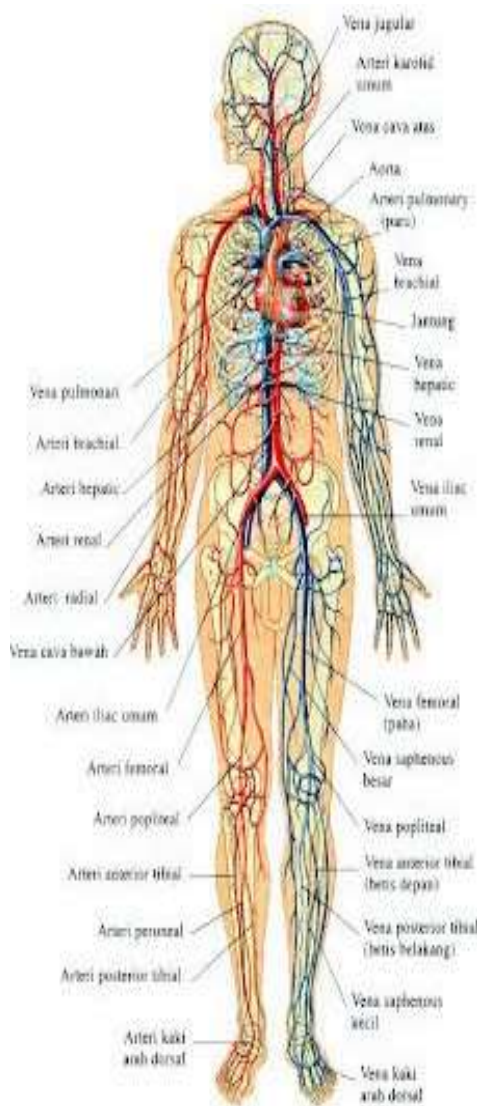
BAB 6

SISTEM KARDIOVASKULER

Oleh Antik Puji Hastuti

6.1 Kardiovaskuler

Daya tahan kardiovaskuler merupakan suatu kemampuan paru, jantung, pembuluh darah dalam mengalirkan oksigen, zat-zat gizi untuk memenuhi sel tubuh sehingga mampu melaksanakan aktivitas fisik untuk waktu lama (Junusul Hairy, 2007: 10:4). Sistem kardiovaskuler merupakan bagian dari anggota tubuh yang mengatur sirkulasi darah terdiri dari jantung, komponen darah dan pembuluh darah. Darah memiliki fungsi diantaranya mengalirkan suplai oksigen dan nutrisi pada seluruh jaringan tubuh dan mengangkut sisa metabolisme dari sel tubuh yang dilakukan oleh plasma darah. Mekanisme dari sistem kardiovaskuler memiliki variasi dalam merespon aktivitas tubuh pada peningkatan aktivitas suplai darah yang dapat memenuhi kebutuhan jaringan. Peran darah yaitu mengalirkan oksigen, zat gizi, hormon dan komponen lainnya melalui organ jantung. Jantung terdiri 4 ruang yaitu atrium sebagai serambi kanan dan kiri, bilik kanan kiri atau disebut ventrikel. Organ jantung dilengkapi katup jantung diantaranya katup trikuspid, mitral, paru, aorta yang memisahkan empat ruang tersebut dengan fungsi menjaga darah mengalir kearah yang benar. Komponen katup tersebut mempunyai bagian penutup (flaps) disebut cusp atau leaflet yang bertugas membuka dan menutup pada saat jantung berdetak.



Berikut gambar disamping kiri merupakan komponen secara keseluruhan yang membentuk metabolisme kerja jantung. Komponen jantung terdapat pembuluh darah utama diantaranya arteri, vena dan kapiler yang elastis berfungsi mengalirkan darah dari jantung ke seluruh organ lain ataupun sebaliknya pada sistem peredaran darah. Dimana arteri yang elastis berperan membawa darah yang berisi oksigen dari jantung ke organ tubuh lainnya yang mampu menjaga tekanan darah stabil. Sedangkan vena dengan dinding pembuluh darah lebih tipis dari arteri merupakan pembuluh darah bertugas membawa darah yang rendah oksigen atau penuh dengan kandungan karbon dioksida dari tubuh untuk dibawa kembali ke jantung. Pembuluh darah kapiler dengan dinding yang sangat tipis memiliki tugas menghubungkan

Gambar 6.1: Jantung pusat kardskuler
 Sumber: <https://ukh.ac.id/images/file/36.pdf>

arteri kecil dengan vena terkecil sebagai sarana pembuluh darah bertukar dengan jaringan sekitarnya.

Pertukaran jaringan sekitarnya yaitu karbon dioksida, air, oksigen, limbah, zat gizi yang diperoleh dari kacang sebagai salah satu makanan yang mengandung serat dan air yang bermanfaat sebagai antioksidan dalam menghindari kerusakan sel sebagai akibat radikal bebas. Dimana tubuh manusia menampung sekitar 4 sampai 5 liter darah.

6.2 Peran Darah

Darah sangat penting dalam melawan penyakit serta membantu proses penyembuhan luka yang terdiri dari plasma darah, sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), keping darah (trombosit). Dimana plasma darah berperan membawa sel darah untuk dialirkan keseluruh organ bersama zat gizi, antibodi, protein pembekuan darah, bahan kimia seperti hormon. Sedangkan sel darah merah (eritrosit) berfungsi mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh dan sel darah putih (leukosit) bertanggungjawab melawan infeksi dari virus, bakteri dan jamur yang memicu munculnya penyakit. Selain itu keping darah sendiri berperan pada proses pembekuan darah (koagulasi) bila tubuh mengalami luka.

Sistem peredaran darah pada tubuh diantaranya sistem peredaran darah besar (sistemik) dan peredaran darah kecil (pulmonal). Peredaran darah besar memiliki fungsi membawa darah yang terdapat oksigen, melalui bilik kiri jantung menuju seluruh tubuh sampai akhirnya kembali ke serambi kanan jantung dan peredaran darah kecil (pulmonal) pada sirkulasi dari jantung menuju paru paru dengan darah mengandung karbon dioksida (CO_2) dipompa dari bilik kanan jantung menuju paru-paru dan kembali lagi maka terjadi proses pertukaran gas yang mampu

mengubah karbon dioksida menjadi oksigen (O_2). Kemudian darah yang memuat oksigen tersebut akan keluar dan kembali ke serambi kiri jantung.

6.3 Gangguan dan Pola Makan dalam Menjaga Peredaran Darah

Sistem peredaran darah manusia tersebut dapat terganggu dan menjadikan munculnya penyakit diantaranya:

1. Hipertensi

Hipertensi merupakan suatu kondisi dimana tekanan darah tinggi dapat menyebabkan kerja jantung lebih kuat dalam memompa darah. Hal tersebut melalui khasiat pisang memilik kandungan kalium yang berfungsi membantu dalam menjaga fungsi jantung dan membantu ginjal mengekskresikan kelebihan natrium sebagai kontribusi dalam menjaga tekanan darah yang sehat. Selain itu dari apel yang mengandung fitonutrien, kuersetin, epigallocatehin, kaempferol dan senyawa lainnya yaitu epicatechin dapat mencegah kolesterol jahat (LDL) dalam tubuh manusia yang mampu mengatur gula darah. Zat dari bawang putih memiliki manfaat dapat pula memelihara tekanan darah agar dalam batas normal.

2. Stroke merupakan gangguan aliran darah yang menuju ke otak sehingga jaringan pada otak membantu mencegah dampak kematian akibat kekurangan oksigen dan zat gizi. Dimana dari teh hijau dapat memiliki kandungan yang berfungsi untuk mengurangi resiko, serangan jantung dan stroke.

3. Aneurisma aorta merupakan bagian dari dinding aorta atau pembuluh darah arteri yang mengalirkan dari jantung ke bagian tubuh lainnya. Sedangkan Aterosklerosis merupakan penyempitan atau pengerasan pada pembuluh darah sebagai akibat adanya tumpukan lemak, kolesterol, zat sisa

lainnya melalui dinding pembuluh darah arteri. Kacang Hijau mengandung flavonoid yang bekerja dalam menghambat adeksi trombosit pada darah dengan mengurangi kolesterol jahat yang mampu menurunkan resiko terjadinya serangan jantung dan stroke. Dampaknya terjadi aritmia dimana jantung terdapat kelainan saat ritme detak jantung tidak normal yang terlalu cepat, pelan, maupun tidak beraturan. Selain itu pada ikan salmon dan tuna dari tambak mengandung asam lemak omega 3 yaitu memiliki kadar asam lemak tak jenuh yang dapat mengurangi peradangan, termasuk pembuluh darah pada sekitar jantung sehingga dapat menurunkan tekanan darah, mengurangi trigliserida pembekuan darah dan berdampak menormalkan kembali irama jantung yang tidak teratur atau aritmia dengan mengkonsumsi dua porsi (150 gram) ikan dalam waktu seminggu dapat mengurangi resiko terjadinya henti jantung mendadak.

4. Penyakit jantung koroner merupakan penumpukan plak pada salah satu atau lebih pembuluh darah dari arteri yang menuju jantung akibatnya terjadi penyumbatan. Penumpukan plak adanya *low density lipoprotein* (LDL). LDL disebut sebagai kolesterol jahat sebab bisa memicu pembentukan plak pada pembuluh darah jika kadarnya berlebihan. Penumpukan plak adanya kolesterol dengan kandungan dari kenari dan almond yang mengandung lemak tak jenuh, serat, asam lemak omega 3, vitamin E, Stenol, dan L-arginin bermanfaat menurunkan kadar kolesterol jahat pada darah, mengurangi terjadinya radang pembuluh darah dan pembekuan darah, menghambat terjadinya penumpukan plak sehingga arteri tetap fleksibel dengan langkah menjaga konsumsi sekitar 600 gram per minggu dalam rasa tawar. Adapun dari tomat juga mengandung karotenoid, vitamin A, kalsium, asam gamma-aminobutyric mampu mengurangi kadar trigliseride merupakan jenis

lemak yang memicu penyakit aterosklerosis dimana terjadinya penyempitan dari pembuluh darah arteri yang sebagai akibat penumpukan plak dalam dindingnya. Dengan adanya plak tersebut dari kandungan coklat mengandung pula flavonoid dimana antioksidan didalamnya mampu menurunkan darah, memiliki peran antiradang, mencegah dari penggumpalan darah dan memperlancar aliran darah. Dari kandungan ubi jalar memiliki kandungan vitamin A dan oksalat dapat pula mengurangi kadar kolesterol dalam darah. Dimana didukung peran dari coklat hitam juga memiliki kandungan flavanol yang dapat mendukung proses pengencer darah dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh dengan mengurangi peradangan. Dalam pengurangan peradangan dapat diperoleh juga dari jeruk jenis mandarin dan jeruk bali merah memiliki peran dalam proses metabolisme lemak di tubuh, mencegah adanya peradangan serta kerusakan sel.

5. Gagal jantung merupakan suatu kondisi ketidakmampuan otot pada jantung dalam memompa aliran darah secara baik. Begitu pula dengan serangan jantung sebagai permasalahan yang terjadi disaat aliran darah kaya oksigen menuju otot jantung secara mendadak berdampak pada munculnya rasa nyeri dada dan nafas pendek. Hal ini dari beberapa buah Beri seperti blueberry, strawberry, raspberry, blackberry mempunyai kaya serat dan antioksidan dapat mengurangi terjadinya resiko serangan jantung.
6. Kardiomiopati merupakan kondisi lemahnya jantung dengan ditandai otot jantung membesar, tebal maupun kaku. Diantaranya varises merupakan kondisi pembuluh darah vena bengkak, bertambah besar, berkelok-kelok berada dibawah permukaan kulit khususnya bagian kaki. Dimana anggur merupakan buah yang kaya serat dan terdapat flavonoid yang berperan dalam mencegah kerusakan jantung dan hipertensi. Dimana dari delima terdapat

senyawa bioaktif punicalagin sebagai suatu antioksidan yang menjaga jantung dari stress oksidatif, mengurangi gangguan fungsi jaringan endotel (sel yang melapisi permukaan pembuluh darah).

Menurut Choiril Azmiyawati, dkk (2008: 22) vitamin bermanfaat sebagai zat yang mengatur dan melindungi tubuh sehingga mencegah timbulnya penyakit. Sebaliknya, seseorang dalam kondisi kekurangan vitamin dapat terjadi gangguan kesehatan, misalnya timbul sariawan akibat tubuh kekurangan vitamin C. Sayuran terdiri brokoli, bayam, kangkung, sawi hijau, pokchoy, asparagus memiliki kandungan vitamin C, E, folat, kalium, kalsium, dan serat berfungsi menormalkan kerja jantung. Pencegahan munculnya penyakit diatas senantiasa dengan menjaga aliran darah pada tubuh manusia dengan cara menjaga berat badan ideal, mengkonsumsi makanan bergizi, berolahraga dan berhenti merokok. Memaksimalkan konsumsi makanan yang mengandung gizi fitonutrien. Kandungan tersebut terdapat pada buah dan sayur yang bermanfaat bagi kesehatan jantung dan membantu kerja jantung optimal, Berikutnya juga biji- bijian sebagai sumber utama karbohidrat yang dapat diperoleh dari gandum, beras merah, jagung memiliki kandungan protein, antioksidan, vitamin B, zat besi, zinc dan magnesium yang bermanfaat mengurangi resiko penyakit jantung, diabetes, obesitas. Biji rami dan biji chia memiliki pula kandungan serat, lemak omega 3, fitosetrogen yang berfungsi sebagai pengendali kadar kolesterol dan tekanan darah dalam kondisi normal. Pencegahan dan pengobatan penyakit jantung dapat diperoleh dari tomat yang bermanfaat sebagai vitamin C, vitamin A, kalium, serat, lycopene. Buah anggur memiliki pula kandungan polifenol yang dapat mengurangi timbulnya ketegangan atau kekakuan pembuluh arteri dan senyawa phytocomp, seperti catechin, epicatechin, procyanidin B1, dan β -karoten, yang dapat mengurangi kadar kolesterol pada darah. Begitu pula alpukat

memiliki senyawa lipofilik (dapat larut dalam lemak), seperti asam lemak tak jenuh tunggal, polifenol, karotenoid, vitamin E, pitosterol, dan squalen berfungsi menurunkan kadar kolesterol. Konsumsi asam lemak EPA (eikosapentaenoat) dan DHA (dokosaheksaenoat) meminimalkan risiko munculnya penyakit jantung koroner. Suatu meta analisis menguraikan dimana asam lemak EPA dan DHA mampu menormalkan kecepatan detak jantung. Kesehatan jantung didukung adanya antioksidan yang diperoleh dari buah-buahan dan sayuran sebagai sumber serat. Pilihan sayuran berdaun hijau baik untuk jantung seperti bayam, kangkung, dan sawi ini sebagai sayuran kaya akan vitamin, mineral, sumber vitamin K, dan antioksidan.

Makanan bergizi merupakan makanan yang mengandung zat-zat dan diperlukan dalam tubuh yaitu karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamin, dan air. Karbohidrat Menurut Choiril Azmiyawati, dkk (2008: 20) fungsi karbohidrat bagi tubuh yaitu sebagai sumber tenaga, sebagai makanan cadangan, untuk mempertahankan suhu tubuh.

Bahan makanan yang mengandung karbohidrat antaralain: gandum, beras sagu, ketela pohon. Lemak Menurut Choiril Azmiyawati, dkk (2008: 21) lemak juga sebagai sumber tenaga, lemak ini berfungsi sebagai makanan cadangan. Bahan makanan yang mengandung lemak antara lain: kelapa, kacang tanah, kuning telur, keju, dan daging.

Protein Menurut Choiril Azmiyawati, dkk (2008: 21) protein sebagai zat pembangun tubuh, makanan yang berpotein berguna untuk pertumbuhan, perkembangan, mengganti sel-sel tubuh yang rusak. Bahan makanan yang mengandung protein antara lain: susu, daging, putih telur, dan kacang-kacangan. d. Mineral Menurut Choiril Azmiyawati, dkk (2008: 21) mineral merupakan zat pengatur tubuh. Mineral diperlukan tubuh dalam jumlah sedikit, walaupun tubuh hanya memerlukan sedikit, kita harus memenuhinya. Jika tubuh kekurangan mineral, kesehatan akan terganggu. Menurut Djoko Pekik (2007: 20) khusus bagi

olahragawan, pada status zat besi dan kalsium harus diberikan perhatian yang utama. e. Vitamin Menurut Choiril Azmiyawati, dkk (2008: 22) vitamin berfungsi sebagai zat pengatur dan pelindung tubuh. Vitamin dapat mencegah timbulnya penyakit. Sebaliknya, kekurangan vitamin dapat mengganggu kesehatan, misalnya sariawan akibat tubuh kekurangan vitamin C. f. Air Menurut Choiril Azmiyawati, dkk (2008: 23) air berguna untuk melarutkan zat-zat makanan, melancarkan pencernaan makanan serta mengatur suhu tubuh. Air dapat diperoleh dari air yang kita minum. Selain itu air juga diperoleh dari bahan makanan seperti buah-buahan dan sayur-sayuran. Pada kondisi normal tubuh membutuhkan 2,5 liter air setiap hari.

6.4 Pola Hidup yang dapat Menunjang Kesehatan

Kesegaran jasmani dapat ditunjang melalui makan, istirahat, dan olahraga. Berikut penjelasannya:

1) Makan

Manusia dalam mempertahankan hidup memerlukan makan yang cukup secara kuantitas atau kualitas, dengan memenuhi syarat makanan sehat, cukup energi dan nutrisi yang dapat diperoleh dari karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral, dan air. Kebutuhan sumber energi saat bekerja dapat diperoleh dari proporsi karbohidrat 60% lemak 25% dan protein 15% guna mendapatkan kesehatan prima dan dituntut meninggalkan kebiasaan tidak sehat diantaranya minuman beralkohol, makan berlebihan serta tidak teratur.

2) Istirahat

Manusia memiliki tubuh yang terdiri dari sistem organ, jaringan serta sel. Seseorang tidak akan mampu bekerja secara terus menerus tanpa berhenti, maka membutuhkan istirahat agar tubuh dapat melakukan pemulihan (*recovery*) dengan baik.

3) Olahraga

Kebutuhan olahraga termasuk faktor penting guna peningkatan kebugaran jasmani, maka memerlukan aktifitas olahraga secara baik. Aktivitas fisik secara teratur dapat memberikan kebugaran badan dan fungsi badan seseorang melalui waktu istirahat, yang dapat menetralkan denyut jantung dan tekanan darah, aliran darah pada pembuluh koroner membaik, denyut jantung stabil dan kadar lemak darah menjadi rendah sehingga kemampuan membawa oksigen dan mengeluarkan karbondioksida akan naik, kadar asam laktat menjadi rendah, serabut dan masa otot membesar yang dapat memberikan kekuatan otot dan jumlah hemoglobin dapat bertambah.

DAFTAR PUSTAKA

- Azmiyawati, Choiril dkk. 2008. IPA 5 Salingtemas. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Syarifuddin, Arip. 2004. Tingkat Kebugaran Jasmani. (Skripsi Akhmad Suryawan, 2005. FIK UNM).
- Irianto, Djoko Pekik. 2004. Panduan Latihan Kesegaran yang Efektif dan Aman. Yogyakarta: Lukman Offset (Skripsi Akhmad Suryawan, 2015. FIK UNY).
- <http://eprints.unm.ac.id/12229/1/JURNAL>
- <https://hellosehat.com/jantung/sistem-peredaran-darah-manusia>
- <https://hellosehat.com/jantung/penyakit-jantung/makanan-penderita-sakit-jantung>
- <http://r2kn.litbang.kemkes.go.id:8080/handle/123456789/74674>
- Zat Gizi dan Makanan Pada Penyakit Kardiovaskuler
- http://pustaka.poltekkespdg.ac.id:80/images/docs/zat_gizi_dan_makanan_pada_penyakit_kardiovaskuler_001.jpg.jpg
- <https://www.foodreview.co.id/blog-564942-Zat-Gizi-Mikro-dan-Kesehatan-Kardiovaskuler-.html>
- Hairy, Junusul.2007.Dasar-Dasar Kesehatan Olahraga. Jakarta: Universitas Terbuka Departemen Pendidikan Nasional.
- Muttaqin,Arif.2009.Asuhan keperawatan klien dengan gangguan sistem kardiovaskuler. . Jakarta. Penerbit: Salemba Medika
- Syaifuddin,H.2002. Anatomi fisiologi berbasis kompetensi untuk keperawatan dan kebidanan.Jakarta:Penerbi EKG
- Syaifuddin,H.2006.Anatomi fisiologis mahasiswa keperawatan.Jakarta Penerbit:EKG
- Syaifuddin.2009. Fisiologi tubuh manusia untuk mahasiswa keperawatan. Jakarta Penerbit: Salemba Medika.
- WHO. Diakses pada 2021. How to take care of your heart health Georgia Vascular Institute. Diakses pada 2021. Improving Your Vascular Health NHS. Cardiovascular disease

BAB 7

ANTIOKSIDAN DAN NITRIT OKSIDA

Oleh Rondius Solfaine

7.1 Pendahuluan

Dewasa ini kesadaran pentingnya pola hidup sehat semakin menjadi perhatian di seluruh dunia. Menurut penelitian disebutkan kontaminasi cemaran udara dan diet dengan tinggi lemak menjadi sumber utama terjadinya penyakit degenerative, gangguan metabolik dan pembentukan senyawa yang tidak stabil dalam tubuh. Senyawa yang tidak stabil muatannya, disebut senyawa radikal bebas merupakan molekul yang bersifat reaktif terhadap senyawa lain dalam tubuh. Molekul dengan kondisi yang tidak stabil akan mudah bereaksi dengan molekul radikal bebas menjadi senyawa yang dapat mengganggu dan merusak membran, sel dan jaringan tubuh (Pham-huy, He and Pham-huy, 2008)

Di dalam tubuh selain sistem imunitas seluler, terdapat senyawa dan molekul yang berfungsi menjaga kekebalan terhadap agen penyebab penyakit, yaitu antioksidan. Bersama sistem imunitas seluler yang bekerja dengan menstimulasi sel-sel radang dan antibodi, maka berbagai macam senyawa baik berupa enzim, vitamin dan mineral bekerja dengan cara menetralkan dan menangkap molekul radikal bebas agar tidak merusak sel dan jaringan. Jadi fungsi utamanya penghambat proses oksidasi senyawa-senyawa lemak, protein dan asam amino menjadi senyawa radikal baru penyebab stres oksidatif (Taj *et al.*, 2018).

Keseimbangan radikal bebas, antioksidan dan molekul *endothelial nitric oxide* (eNO) diketahui memegang peran fundamental dalam patofisiologi dalam sistem kardiovaskuler.

Apabila terjadi ketidakseimbangan dalam aliran dan komposisi darah, maka akan terjadi peningkatan radikal oksidan yang berasal dari ikatan molekul NO dengan super oxide membentuk *peroxynitrite* dan menurunkan atau menginaktifkan sekresi molekul NO itu sendiri. Menjaga agar konsentrasi antioksidan dengan konsentrasi radikal bebas dalam kondisi imbang akan sangat penting bagi kesehatan tubuh (Moncada and Higgs, 2006).

7.2 Radikal bebas

Selama proses fisiologis, tubuh manusia yang terdiri dari molekul kimia, terjadi proses metabolisme seperti oksidasi asam lemak untuk menghasilkan energi, sintesis protein dan penyerapan ion-ion yang menghasilkan efek lain berupa terbentuknya sampah metabolisme dan radikal bebas. Tidak semua radikal bebas akan bersifat merusak, tetapi dalam jumlah yang besar tanpa diimbangi antioksidan yang cukup maka akan merusak jaringan dan menimbulkan gangguan kesehatan. Disamping itu dari luar tubuh, partikel polutan, asap tembakau, logam berat dan radiasi sinar violet dan sinar gelombang pendek dari matahari merupakan induktor terjadinya reaksi berantai dengan sel dan radikal bebas lainnya. Proses oksidasi kombinasi senyawa-senyawa radikal bebas dari dalam dan luar tubuh tersebut menyebabkan berbagai gangguan syaraf, degeneratif, kardiovaskuler dan kanker. Salah satu gangguan kardiovaskular pada terbentuknya radikal bebas dari metabolisme minuman beralkohol. Pada saat cairan beralkohol masuk ke sistem pencernaan, akan diabsorpsi dan didistribusi menuju ke organ hati melalui vena porta, untuk dimetabolisme menjadi senyawa *acetaldehyde* dengan bantuan enzim *alcohol dehydrogenase* kemudian *acetaldehyde* dioksidasi menjadi senyawa *acetate* dengan diperantarai enzim *acetaldehyde dehydrogenase*. Senyawa *acetate* tersebut

merupakan senyawa pembentuk radikal bebas yang akan menyebabkan peroksidasi membran lipid yang merusak sel endotelia penyebab disfungsi sistem kardiovaskular (Shah and Channon, 2004).

Struktur kimia senyawa radikal bebas mempunyai ciri khas muatan atau gugus elektron tunggal yang tidak stabil, sehingga senyawa ini reaktif mencari pasangan electron dari molekul lain agar menjadi senyawa stabil dilingkungannya. Reaksi yang terjadi melalui reaksi berantai dan bersambung sehingga terbentuk radikal-radikal bebas baru. Reaksi-reaksi berantai molekul yang tidak stabil ini terus terjadi dalam tubuh yang disebut kondisi stres oksidatif. Telah diketahui reaksi berantai pada kondisi stress oksidatif oleh radikal bebas penyebab berbagai jenis penyakit berbahaya. Sifat reaktif radikal bebas dapat mengikat berbagai jenis protein, lipid, karbohidrat dapat memicu kerusakan sel dan jaringan. Pada prinsipnya, terjadinya reaksi berantai radikal bebas tidak berbahaya jika bersifat sementara dan dalam jumlah yang bisa dinetralsisir oleh antioksidan, tetapi jika berikatan dengan molekul enzim-enzim tertentu, asam lemak jenuh, protein dengan gugus electron tidak stabil secara berantai dan jumlah yang tidak bisa dihambat antioksidan intrinsik, maka timbul gangguan fatal pada sistem syaraf dan kardiovaskular seperti hipertensi, infark dan aterosklerosis (Phaniendra and Babu, 2015).

Radikal bebas atau dikenal dengan istilah *Reactive Oxygen Species* (ROS) merupakan partikel yang dihasilkan selama proses metabolisme aerobik yang dapat menyebabkan terjadinya stres oksidasi dan memicu disfungsi sistem dalam tubuh. Radikal bebas atau (ROS) tersebut berperan penting dalam munculnya penyakit kardiovaskuler, termasuk hipertensi, atherosklerosis, diabetes, gangguan syaraf, gangguan ginjal dan signal patofisiologis yang dapat menyebabkan penyakit lainnya. Berbagai sumber penghasil

ROS diantaranya yaitu enzim-enzim xanthine oxidase, NADPH oxidase (Nox); Nox, Nox1, Nox2, Nox4 dan Nox5 yang langsung berkaitan dengan gangguan sistem kardiovaskuler. Proses aktivasi dan distribusinya ROS dalam sel dan jaringan sangat bervariasi serta kompleks dalam aktivitasnya. Dalam sistem syaraf pusat dikenal enzim yang mengatur tekanan darah, angiotensin II (Ang II) dan aldosteron, diketahui berkaitan kasus tekanan darah yang disebut dengan ROS-dependent hypertension, sehingga ROS telah diketahui memiliki peran pada hipotalamus dan batang otak (Liu *et al.*, 2017).

Tabel 7.1 : Mekanisme radikal bebas dalam merusak sel dan jaringan tubuh

Kerusakan DNA pada inti sel	Aktivitas radikal bebas dapat menyebabkan rantai DNA terputus, terhambatnya pembelahan sel dan kerusakan/mutasi gen
Kerusakan membran sel	Aktivitas radikal bebas merusak komponen struktur molekul lipid ganda pada membran sel dan fungsi membran sel yang rusak akan mematikan sel-sel pada jaringan tubuh
Destruksi protein	Radikal bebas akan mengoksidasi protein yang merusak jaringan misalnya penyakit katarak pada lensa mata
Peroksidasi Lipid	peroksidasi menyebabkan kerusakan sel penyebab terjadinya berbagai penyakit degeneratif
Proses penuaan	degradasi sel mengikuti perkembangan dan penambahan umur sehingga netralisir radikal bebas tidak sempurna dan tidak selesai

(Phaniendra and Babu, 2015)

7.3 Antioksidan

Sistem pertahanan tubuh yang terdiri dari sistem imunitas seluler, adaptif dan humoral tidak selalu mencukupi dalam mempertahankan homeostasis tubuh. Hal tersebut berkaitan dengan paparan penyebab penyakit yang berasal dari luar

(eksogen) dan dalam tubuh (endogen) tidak berhenti oleh system imunitas yang ada. Sehingga tubuh diberikan sistem pertahanan lain yang berasal dari dalam baik berupa enzim, protein dan senyawa lain berupa vitamin, mineral dan senyawa fitokimia yang disebut antioksidan. Para peneliti telah melaporkan mekanisme dan peran antioksidan, yaitu menghambat proses oksidasi dari lemak, protein, minyak, enzim dan karbohidrat dalam proses metabolisme walaupun antioksidan tidak sepenuhnya mencegah kerusakan sel.

Secara klinis sumber penghasil antioksidan melimpah berasal dari sayur, buah dan diet yang mempunyai vitamin E, C, dan A, dan mengandung senyawa aktif alkaloid, *flavonoid*, *polifenol* dan senyawa lainnya. Beberapa jenis buah-buahan seperti apel, jeruk dan belimbing wuluh merupakan sumber utama antioksidan yang diketahui banyak mengandung tokoferol, asam askorbat, karotenoid, serta senyawa asam *cinamic*, asam *benzoic acid*, asam *folic*, asam *ascorbic*, *alpha tocopherol*, *beta carotene* dan *tocotrienol*. Sistem imunitas dalam tubuh yang terdiri atas imunitas seluler, humoral dan adaptif berkolaborasi dengan senyawa antioksidan dalam menetralkan radikal bebas. Enzim-enzim katalase, *SOD*, *GPx*, *GST*, *G6PD*, *GSH* dan *TSH* merupakan antioksidan yang bersifat protektif terhadap radikal bebas. Beberapa senyawa non enzim antara lain vitamin A, E dan vitamin C serta jenis logam Selenium. *Zink* dan Mangan diketahui sebagai antioksidan (Jamalan *et al.*, 2015).

Secara fungsional antioksidan dapat dikelompokkan menjadi menjadi beberapa jenis yaitu 1). Pencegah radikal bebas, enzim superoksida dismutase (*SOD*), *Glutation* Peroksidase (*GPx*), dan enzim *Catalase* (*Cat*), 2). Pemutus rantai radikal bebas seperti vitamin E, C dan A. dan 3). Perbaikan, enzim untuk memperbaiki atau membuang molekul lemak, protein, atau DNA yang mengalami kerusakan. Mekanisme aktivitas antioksidan enzim *SOD* dan *GPx* dengan cara menetralkan molekul reaktif oksigen reaktif anion

superoksida (O_2^-) menjadi hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air (Kurutas, 2016)

Dewasa ini banyak ditemukan sediaan antioksidan sintetis selain dari produk alam yang kaya antioksidan alami bagi terapi dan pencegahan. Namun diketahui produk sintetis mempunyai efek samping toksik dan berbahaya bagi tubuh. Oleh sebab itu para ilmuwan telah melakukan penelitian dengan mengembangkan produk alami, seperti senyawa aktif yang berasal dari rempah-rempah, tanaman herbal, sayuran dan buah. Senyawa fitokimia yang menunjukkan potensi sebagai antioksidan seperti isoflavon dan saponin. Isoflavon mempunyai aktivitas mengurangi risiko penyakit kanker, hipertensi, jantung koroner, dan osteoporosis. Sedangkan saponin merupakan turunan dari glikosida yang dapat menurunkan kolesterol dan menghambat penyakit kanker (Jideani *et al.*, 2021)

Jenis buah yang banyak mengandung antioksidan adalah belimbing wuluh yang mempunyai zat aktif flavonoid. Diketahui senyawa ini dapat menurunkan tekanan darah melalui induksi produksi Nitrit oksida dalam darah dan mengikat radikal peroksinitrit yang berasal dari ikatan metabolit radikal bebas *acetaldehyde* metabolisme alkohol, sehingga konsentrasi NO bebas dalam darah meningkat sehingga sekresi enzim endothelial nitric oxide (eNOS) meningkat dan mengaktifkan siklik guanine (cGMP) yang mempengaruhi otot dinding pembuluh darah menjadi vasodilatasi sehingga menurunkan tekanan darah pada hewan coba yang diinduksi hipertensi spontan. Molekul *nitric oxide* (NO) diketahui bersifat larut lemak dan sangat labil dengan mempunyai banyak peran dalam pengaktifan reaksi seluler melalui membran sel. Nitric oxide disekresikan asam amino L-arginin menjadi L-citrulin dengan enzim *endothelial nitric oxide synthases* (eNOS). Mekanisme utama kerja NO terhadap pembuluh darah dengan cara mengaktifkan enzim seluler *guanylyl cyclase* (sGC) untuk

mensitosis pembentukan *cyclic guanosine monophosphate* (cGMP), yang akan berperan dalam vasodilatasi. (Solfaine *et al.*, 2021)

Berikut ini senyawa kimia yang tergolong antioksidan, baik yang berupa enzim maupun zat fitokimia pada tanaman, sayuran dan buah-buahan dengan kandungan senyawa aktif antioksidan.

Tabel 7.2 : Senyawa aktif antioksidan dari buah dan tanaman

a. Polifenol	Fitokimia yang dapat menangkap dan mengikat radikal bebas, senyawa polifenol bersifat larut air dan lemak, mampu bereaksi sinergis dengan senyawa lain (vitamin C dan E).
b. Flavonoid	Fitokimia yang mampu menangkap molekul radikal dari dalam dan luar tubuh, bersifat larut air, lemak. Banyak ditemukan dari tanaman teh, buah apel, sayur brokoli, bawang dan mentimun. Antioksidan ini sangat baik dalam menangkap radikal yang berasal dari polutan luar; asap tembakau dan logam berat.
c. Vitamin C	Jenis vitamin yang mampu mengikat radikal bebas dari logam berat, radikal oksigen dan berperan dalam menurunkan tekanan darah, melindungi efek sinar ultraviolet dan membantu proses kesembuhan.
d. Vitamin E	Vitamin ini berperan dalam menghambat kerusakan membrane sel dan dapat mengikat radikal bebas pada jaringan kulit dan lemak secara baik. Bersifat mudah larut dalam lemak dan bersinergis dengan vitamin C dalam mencegah gangguan degeneratif.
e. Beta Karoten/ Karotenoid	Senyawa ini efektif mengikat radikal bebas dengan struktur molekulnya yang mempunyai banyak ikatan rangkap, mampu menetralkan radikal peroksil menjadi molekul yang stabil karotenoid peroksida. Senyawa karotenoid mampu menghambat oksidasi asam lemak jenuh dan banyak ditemukan pada buah mentimun, belimbing, semangka dan jeruk. Selain itu pada sayur wortel, mentimun, bayam dan kangkung juga banyak mengandung senyawa ini.

(Jideani *et al.*, 2021)

7.4 Nitrit Oksida (NO)

Molekul nitrit oksida atau *nitric oxide* (NO) merupakan molekul bentukan asam amino L-Arginin yang dikonversi menjadi L-Citrulin dengan enzim Nitric Oxide synthases (eNOS). Molekul eNOS mempunyai bentuk isoform tiga jenis yaitu: *inducible nitric oxide* (iNO), endothelial *nitric oxide* (eNO) dan neuro *nitric oxide* (nNO), yang sesuai dengan letak produksinya. Molekul NO bersifat sangat labil, lipofilik dan bekerja tanpa menggunakan reseptor sel. Cara kerja NO sangat spesifik dengan berdifusi ke dalam sel dan mengaktifkan enzim *guaninil cyclase* (sGC) untuk mensintesis *Cyclic guanosine monophosphat* (cGMP) (Moncada and Higgs, 2006)

Fungsi NO dalam patofisiologi tubuh sangat bervariasi baik sebagai penanda dan sinyal sel (*cell signaling*), anti inflamasi, reaksi imunologis, sinyal reproduksi, bronchodilasi, pembentukan tulang dan berperan dalam sistem pencernaan. Peran NO dalam sistem kardiovaskuler antara lain penganturan fungsi endothelial, antitrombosis dan antiinflamasi dengan menghambat perlekatan leukosit, sitokine dan monosit pada dinding pembuluh darah. Selain itu NO berperan dalam mencegah stres oksidatif dengan cara reaksi seluler pengikatan *superoxide* menjadi *peroxynitrit* dan aktivasi eNOS (Bruno *et al.*, 2014)

Selain itu molekul NO berperan dalam pengaturan kontraksi sel otot polos pembuluh darah, sinap syaraf dan sinyal sel lainnya. Senyawa nitrosothiol-NO merupakan pengatur dan aktivator leukosit dalam sistem sirkulasi dan menekan sekresi sel mast serta menfagosit radikal oksidan dalam proses inflamasi namun fungsi NO terhambat apabila terikat oleh hemoglobin dan myoglobin. Molekul NO dalam sistem pembuluh darah mempunyai tiga fungsi penting yaitu sebagai mediator vasodilatasi, antitrombosis dan penghambat pelekatan sel leukosit, migrasi monosit dan sekresi sitokin proinflamasi pada dinding endothelia. Pada kondisi yang normal sekresi NO pada pembuluh darah

dipertahankan normal untuk mencegah terjadinya gangguan kardiovaskuler yang terkait endothelial (Gow, Stamler and Glazebrook, 1999)

Tekanan darah diketahui berkaitan erat dengan konsentrasi Nitric Oxide dalam darah. Konsentrasi nitrit dalam plasma berkaitan dengan aktivitas enzim endothelial *Nitric Oxide Synthase* (eNOS). Metabolisme nitrit yang sangat singkat dalam darah menyebabkan standar baku konsentrasi nitrat plasma sulit ditentukan dan tidak konsisten. Pada beberapa jenis spesies konsentrasi NO relatif bervariasi yaitu pada manusia 305 nmol/L, pada hewan monyet 367 nmol/L, pada hewan anjing 305 nmol/L, pada kelinci 502 nmol/L, pada marmut 412 nmol/L, pada tikus 191 nmol/L dan pada mencit 457 nmol/L. Pengukuran konsentrasi NO dalam plasma darah lebih stabil dengan cara konversi reaksi nitrit menjadi nitrat. Oksidasi NO menjadi nitrat yang diperantarai oxyHb merupakan jalur utama eliminasi NO, selain itu NO dapat berikatan dengan Hb dalam bentuk *nitrosylate Hn thiol* atau bereaksi dengan *superoxide*, dalam sel darah merah dengan enzim *superoxide dismutase* (SOD) mengeliminasi superoxide dengan bentuk *S-nitrosoHb* dan *nitrosylasi heme*. Molekul nitric oxide mempunyai waktu aktif yang sangat pendek dalam sirkulasi darah karena mudah terikat oleh Hb, sehingga bioavailabilitas NO dipengaruhi adanya radikal bebas, enzim sel, antioksidan dan kondisi komposisi darah. Molekul NO berikatan dengan Hb dengan dua cara yaitu konversi menjadi nitrat dengan ikatan *oxyHb* dan ikatan dengan *deoxyHb*. Senyawa oxyhemoglobin dapat menghambat aktivasi NO pada endothelia untuk stimulasi relaksasi *tunica muscularis*. Molekul NO dapat disimpan dalam sel darah merah sebagai nitrit atau *S-nitrosothiol* dan dalam aliran pembuluh darah sebagai nitrit anion (NO_2^-). Sementara hemoglobin merupakan bufer dan modulator NO dalam pembuluh darah untuk sinyal vaso-relaksan melalui asetilkolin dan

bradikinin, dan bertindak sebagai modulator reaksi myogenik pembuluh arteri (Bruno *et al.*, 2014)

Hasil penelitian menyebutkan peran NO dalam patofisiologi tekanan darah mamalia sangat penting. Hal tersebut ditunjukkan adanya stres oksidatif pada sistem pembuluh darah berupa pembentukan radikal bebas dari induksi alkohol berakibat menghambat pembentukan eNOS dan inaktivasi NO. Ikatan ROS dan NO menyebabkan pembentukan radikal *peroxinitrit* dan inhibisi eNOS akan menyebabkan turunnya produksi NO akan menghambat vasodilatasi sel otot dinding pembuluh darah, terjadi penyumbatan, sintesis protein membran-matrik ekstraseluler dan pembentukan fibrosis pada hipertensi spontan tikus putih (Solfaine *et al.*, 2021)

Enzim *Nitric oxide synthase* (eNOS) merupakan bahan potensial dalam pengobatan kardivaskuler (*vascular gene therapy*), karena perannya dalam memproduksi NO pada dinding pembuluh darah. Pada pemberian infus nitrit membentuk *Fe-nitroso-Hb* dan *S-nitrosoHb*, dapat berperan dalam vasodilatasi. Terapi NO secara inhalasi dapat menginduksi vasodilatasi perifer dan mencegah terjadinya infark jaringan namun bisa juga berefek inaktivasi NO jika berikatan dengan protein thiol (cystein-93) membentuk S-nitrosothiol. Peran hemoglobin penting karena mengatur nitrit *reductase* dengan meningkatkan konversi nitrit menjadi NO, pembentukan NO bebas dari deoxyHb-nitrit. Tanpa adanya HB, maka molekul nitrit menjadi dinitrogen trioxide (N₂O₃). Yang menyebabkan disfungsi endothelial pada kondisi hemolitik yaitu berupa peningkatan tekanan arteri pulmonalis. Infeksi mikrobia yaitu saat terjadinya sepsis dalam peradangan akut disertai disfungsi aliran darah dan hipotensi menyebabkan kerusakan molekul NO oleh sel darah merah sepsis dengan cara meningkatkan SNOHb (Bradley, Punihaole and Barry, 2012)

DAFTAR PUSTAKA

- Bradley, A., Punihaole, D. and Barry, T. 2012. 'Characterization of the Role of Nitric Oxide and Its Clinical Applications', pp. 55–68. doi: 10.1159/000338150.
- Bruno, P. *et al.* 2014. 'Nitric oxide from inflammatory origin impairs neural stem cell proliferation by inhibiting epidermal growth factor receptor signaling', pp. 1–14. doi: 10.3389/fncel.2014.00343.
- Gow, A. J., Stamler, J. S. and Glazebrook, J. 1999. 'From the Academy Ancient origins of nitric oxide signaling in biological systems'. doi: 10.1073/pnas.96.25.14206.
- Jamalan, M. *et al.* 2015. 'Effect of ascorbic acid and alpha-tocopherol supplementations on serum leptin, tumor necrosis factor alpha, and serum amyloid A levels in individuals with type 2 diabetes mellitus.', *Avicenna journal of phytomedicine*, 5(6), pp. 531–9. doi: 10.22038/ajp.2015.4453.
- Jideani, A. I. O. *et al.* 2021. 'Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health', *International Journal of Food Properties*, 24(1), pp. 41–67. doi: 10.1080/10942912.2020.1866597.
- Kurutas, E. B. 2016. 'The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative / nitrosative stress: current state', *Nutrition Journal*, pp. 1–22. doi: 10.1186/s12937-016-0186-5.
- Liu, Z. *et al.* 2017. 'Review Article Oxidative Stress in Neurodegenerative Diseases : From Molecular Mechanisms to Clinical Applications', 2017(Figure 1). doi: 10.1155/2017/2525967.
- Moncada, S. and Higgs, E. A. 2006. 'The discovery of nitric oxide and its role in vascular biology', pp. 193–201. doi: 10.1038/sj.bjp.0706458.

- Pham-huy, L. A., He, H. and Pham-huy, C. 2008. 'Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health', 4(2), pp. 89–96.
- Phaniendra, A. and Babu, D. 2015. 'Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Implication in Various Diseases', 30(1), pp. 11–26. doi: 10.1007/s12291-014-0446-0.
- Solfaine R, Muniroh L, Sadarman, Apriza, and Iriawan A. 2021. 'Roles of Averrhoa bilimbi Extract in Increasing Serum Nitric Oxide Concentration and Vascular Dilatation of Ethanol-Induced Hypertensive Rats', *Prev. Nutr. Food Sci.*, 26(March), pp. 186–191.
- Shah, A. M. and Channon, K. M. 2004. 'Free radicals and redox signalling in cardiovascular disease', pp. 486–487. doi: 10.1136/hrt.2003.029389.
- Taj, I. *et al.* 2018. 'Antioxidant activity, fatty acids characterization and oxidative stability of Gouda cheese fortified with mango (*Mangifera indica* L.) kernel fat', *Journal of Food Science and Technology*, 55(3), pp. 992–1002. doi: 10.1007/s13197-017-3012-y.

BAB 8

SISTEM IMUN DAN INFLAMASI

Oleh Indra Taufik Sahli

8.1 Sistem Imun

Sistem imun terdiri dari serangkaian mekanisme efektor yang mampu menghancurkan mikroorganisme patogen seperti bakteri, jamur, virus, dan parasit. Sistem imun terdiri dari dua jenis respon yaitu respon imun adaptif spesifik antigen dan respon imun innate atau bawaan juga disebut alami, yang mengenali *Pathogen-Associated Molecular Patterns* (PAMPs). PAMP ini dikenali oleh *Pattern Recognition Receptors* (PRR), terutama diekspresikan oleh sel-sel imunitas innate. PRR juga dapat mengenali molekul inang yang mengandung *Damage-Associated Molecular Patterns* (DAMPs), molekul yang sering dilepaskan dari sel nekrotik yang rusak oleh patogen yang menyerang (Carrillo *et al.*, 2017).

8.1.1 Sistem Imun Innate

Imunitas innate merupakan respon imun yang bekerja secara cepat dan hanya membutuhkan waktu beberapa jam untuk menghadapi serangan tetapi sifatnya terbatas. Misalnya penghalang fisik, kimia, biologis, sel khusus dan molekul terlarut, yang terdapat pada semua individu. Sel efektor utama imunitas innate adalah makrofag, neutrofil, sel dendritik, dan sel natural killer (NK). Fagositosis, pelepasan mediator inflamasi, aktivasi protein sistem komplemen, serta sintesis protein fase akut, sitokin dan kemokin adalah mekanisme utama dalam imunitas innate. Mekanisme ini diaktifkan oleh rangsangan spesifik oleh struktur molekul yang terdapat pada mikroorganisme, tetapi tidak pada spesies manusia. Molekul yang biasa ditemukan pada permukaan

mikroorganisme, seperti lipopolisakarida, mannose dan *asam teichoic* merupakan PAMP dan mengaktifkan respon imun innate melalui interaksi dengan reseptor yang berbeda yang dikenal sebagai PRR. Reseptor ini terutama terdapat pada makrofag, neutrofil, dan sel dendritik. Saat ini sudah sebelas TLR yang berbeda telah diidentifikasi, beberapa terletak di membran sel dan yang lain terdapat di dalam sel (Cruvinel et al., 2010).

Tujuan utama sistem imun innate adalah:

- 1) Mencegah masuknya patogen ke dalam tubuh melalui hambatan fisik dan kimia
- 2) Untuk menghindari penyebaran infeksi melalui sistem komplemen dan faktor humoral lainnya
- 3) Untuk menghilangkan patogen melalui mekanisme fagositosis dan sitotoksitas
- 4) Mengaktifkan sistem imun adaptif melalui sintesis beberapa sitokin dan presentasi antigen ke sel T dan sel B (Carrillo et al., 2017).

I. Sel – sel dalam Sistem Imun Innate

Sel sel yang terlibat dalam sistem imun innate berfungsi sebagai pertahanan tubuh dalam melawan patogen. Beberapa tipe sel mengekspresikan berbagai PRR yang dapat mengenali PAMP dan DAMP, yang merespon dengan memproduksi sitokin inflamasi untuk membunuh mikroba atau sel yang terinfeksi. Sel-sel ini termasuk sel mieloid dan sel limfoid.

1) Sel mieloid

Sel imun yang secara kolektif disebut leukosit (sel darah putih), dibagi menjadi subset mieloid dan limfoid. Sel mieloid terdiri dari sebagian besar sistem imun innate termasuk monosit, makrofag, sel dendritik, neutrofil, eosinofil, basofil, sel mast, dan trombosit. Semua sel ini memiliki fungsi khusus untuk pertahanan melawan patogen yang menyerang (Carrillo et al., 2017).

a. Monosit

Monosit adalah sel yang berkembang di sumsum tulang dan sel ini dilepaskan ke dalam aliran darah untuk beredar selama kurang lebih 72 jam dan kemudian bermigrasi ke jaringan yang berbeda di mana mereka berdiferensiasi menjadi makrofag atau sel dendritik. Fungsi utama monosit adalah keterlibatan dalam respon imun innate terhadap patogen dan selama proses inflamasi, monosit yang berada dalam darah bermigrasi ke tempat infeksi. Dalam proses tersebut terjadi pematangan sel monosit menjadi makrofag atau sel dendritik untuk berpartisipasi sebagai fagosit dengan menelan dan mencerna patogen atau puing-puing seluler. Selain itu monosit berfungsi sebagai *Antigen Presenting Cell* (APC) yang dikenal karena partisipasinya dalam presentasi antigen melalui *Major Histocompatibility Complex* (MHC) ke sel T, juga bekerja sama dalam aktivasi respon imun adaptif (Carrillo et al., 2017).

b. Makrofag

Monosit merupakan sel prekursor yang diproduksi di sumsum tulang, yang dimobilisasi ke dalam aliran darah dan kemudian berdiferensiasi menjadi makrofag di tempat inflamasi. Monosit dan makrofag adalah fagosit yang efisien, menelan patogen dan puing-puing seluler. Tidak seperti neutrofil, makrofag dapat tetap berada di jaringan selama berbulan-bulan hingga bertahun-tahun, bertindak sebagai penjaga sejati. Selain berperan dalam imunitas innate, makrofag memproses dan mempresentasikan antigen melalui molekul MHC, sehingga merangsang respon yang dimediasi oleh sel T. Menanggapi beberapa sinyal dari lingkungan

mikro, makrofag dapat diaktifkan dengan fungsi yang berbeda. Makrofag M1 diaktifkan secara klasik dan makrofag M2 diaktifkan secara alternatif. Makrofag M1 memiliki fungsi proinflamasi dan berpartisipasi dalam pertahanan inang terhadap patogen dan sel tumor. Sedangkan makrofag M2 berhubungan dengan remodeling jaringan dan perkembangan tumor serta memiliki efek imunoregulasi (Carrillo et al., 2017; Cruvinel et al., 2010).

c. Sel Dendritik (SD)

Monosit dapat berdiferensiasi menjadi sel dendritik selama inflamasi. Migrasi ke jaringan dan diferensiasi ke sel dendritik inflamasi bergantung pada lingkungan inflamasi dan PRR. PRR mampu mengenali PAMP pada permukaan bakteri, virus, jamur, dan parasit. Sel SD menjembatani hubungan penting antara imunitas innate dan adaptif. Ada dua sub tipe SD yaitu SD klasik dan SD plasmacytoid. SD klasik adalah sel yang terspesialisasi dalam pemrosesan dan penyajian antigen, dengan aktivitas fagositik yang tinggi sebagai sel yang belum matang dan kapasitas produksi sitokin yang tinggi sebagai sel yang matang. Sel SD klasik biasanya berumur pendek sedangkan SD plasmacytoid relatif berumur panjang. SD plasmacytoid terdapat di sumsum tulang dan di semua organ perifer, dan mereka terspesialisasi untuk merespon infeksi virus dengan produksi besar-besaran interferon tipe I (IFNs). Namun, mereka juga dapat bertindak sebagai sel penyaji antigen dan mengontrol respon sel T (Carrillo et al., 2017).

d. Neutrofil

Neutrofil merupakan sel lekosit yang paling banyak jumlahnya sekitar (50% sampai 70%) dari jumlah leukosit yang bersirkulasi didalam darah dan jauh lebih banyak dari pada eosinofil (1%–3%), basofil (<1%), atau sel mast (<1%). Setelah berdiferensiasi di sumsum tulang, neutrofil dilepaskan ke dalam darah perifer dan beredar selama 7 sampai 10 jam sebelum bermigrasi ke jaringan, di mana mereka memiliki masa hidup hanya beberapa hari. Sebagai respon terhadap banyak jenis infeksi, jumlah neutrofil yang bersirkulasi meningkat secara signifikan dan lebih banyak lagi yang direkrut ke jaringan. Neutrofil direkrut ke tempat infeksi sebagai respon terhadap molekul inflamasi (misalnya, kemokin) yang dihasilkan oleh sel innate (termasuk neutrofil lain) yang telah melibatkan patogen. Begitu berada di jaringan, neutrofil memfagositosis bakteri dengan sangat efektif, dan juga mensekresi berbagai protein yang memiliki efek antimikroba dan potensi remodeling jaringan (Owen et al., 2013).

e. Eosinofil

Eosinofil merupakan sel fagosit motil yang dapat bermigrasi dari darah ke dalam jaringan. Peran fagositik eosinofil masih kurang jika dibandingkan dengan neutrofil. Eosinofil berperan penting dalam pertahanan terhadap organisme parasit multiseluler, termasuk cacing. Eosinofil ditemukan mengelompok di sekitar cacing yang menyerang, yang membrannya rusak oleh aktivitas protein yang dilepaskan dari granula eosinofilik. Seperti neutrofil dan basofil, eosinofil juga dapat

mengeluarkan sitokin yang mengatur sel B dan T, sehingga mempengaruhi respon imun adaptif (Owen et al., 2013).

Eosinofil berkembang di sumsum tulang. Eosinofil memproduksi dan menyimpan berbagai granula proteolitik sekunder sebelum meninggalkan sumsum tulang. Setelah matang eosinofil beredar melalui aliran darah dalam jumlah kecil dan dapat ditemukan dalam jumlah yang lebih besar di daerah mukosa, seperti saluran pencernaan, pernapasan, dan genitourinari. Eosinofil direkrut ke tempat infeksi parasit dan reaksi alergi oleh molekul adhesi dan kemokin. Eosinofil melawan infeksi parasit dengan sitotoksitas yang dimediasi sel yang bergantung pada antibodi, dengan partisipasi reseptor Fc ϵ RI. Selama proses ini, mereka menempel pada patogen yang dilapisi dengan IgE (atau IgA) dan melepaskan granula mereka setelah reseptor Fc ϵ RI mengikat IgE yang terikat pada antigen target. Setelah diaktifkan eosinofil menginduksi peradangan melalui produksi dan pelepasan kandungan kationik eosinofilik dari granula (Cruvinel et al., 2010).

f. Basofil

Basofil merupakan sel yang berasal dari progenitor hematopoietik mieloid di sumsum tulang, dan mereka secara fenotip dan fungsional berbeda dari leukosit lain, termasuk sel mast, karena sel mast berada di jaringan sementara basofil berada dalam sirkulasi dan dapat direkrut ke jaringan. Basofil adalah granulosit nonfagosit yang mengandung granula termasuk protein basofilik. Basofil relatif jarang dalam sirkulasi. Sebagai respon

terhadap pengikatan antibodi yang bersirkulasi basofil melepaskan isi granulanya. Histamin merupakan salah satu protein paling terkenal dalam granula basofil yang berperan untuk meningkatkan permeabilitas pembuluh darah dan aktivitas otot polos. Basofil dan eosinofil sangat penting untuk respon terhadap infeksi parasit, terutama cacing. Seperti neutrofil, basofil juga dapat mengeluarkan sitokin yang memodulasi respon imun adaptif (Owen et al., 2013).

g. Sel Mast

Sel mast dilepaskan dari sumsum tulang ke dalam darah dan bermigrasi ke jaringan vaskularisasi untuk menyelesaikan diferensiasinya. Sel mast dapat ditemukan di berbagai jaringan, termasuk kulit, jaringan ikat berbagai organ, dan jaringan epitel mukosa saluran pernapasan, urogenital, dan pencernaan. Sel mast dan sel dendritik merupakan sel imun pertama yang berinteraksi dengan antigen lingkungan, patogen, dan toksin. Sel mast diaktifkan oleh rangsangan bahaya, yang bereaksi dengan melepaskan secara cepat berbagai mediator (seperti; histamin, TNF- α , dan *Vascular Endothelial Growth Factor*) yang berperan pada permeabilitas vaskular lokal dan edema di tempat inflamasi. Sementara kemokin (misalnya, IL-8, CXCL8 dan eotaxin) menginduksi perekrutan sel kekebalan lainnya seperti neutrofil, sel NK, dan eosinofil. Sel mast mendeteksi patogen yang menyerang ini melalui PRR, seperti TLR. Sel mast mengekspresikan reseptor afinitas tinggi untuk IgE (Fc ϵ RI). Ikatan silang dari Fc ϵ RI oleh IgE-antigen dan atau kompleks alergen menginduksi

aktivasi sel mast dan pelepasan cepat mediator pro inflamasi melalui degranulasi. Karena sifat ini, bersama dengan basofil yang bersirkulasi, sel mast dikenal terutama sebagai sel efektor untuk respon yang diperantarai IgE (seperti Th2), bagian dari sistem imun adaptif terhadap infeksi cacing dan sebagai efektor utama sel dalam reaksi hipersensitivitas (Carrillo et al., 2017; Owen et al., 2013).

h. Trombosit

Trombosit adalah fragmen sitoplasma (berdiameter 1 sampai 4 μm) yang dihasilkan dari fragmentasi sel megakariosit yang merupakan sel dari sumsum tulang. Trombosit adalah organel tidak berinti yang memiliki karakteristik fungsional seperti sel lengkap, karena memiliki sitoskeleton, mitokondria, residu golgi, dan retikulum endoplasma yang terlibat dalam sintesis enzim, penyimpanan ion kalsium, serta penyimpanan granula. α -granula dan granula lisosom berperan penting dalam proses homeostasis, inflamasi, penyembuhan luka, dan interaksi sel matriks. Selama respon inflamasi, trombosit dapat diaktifkan melalui reseptornya, yang bertindak sebagai molekul adhesi yang berinteraksi dengan endotelium yang rusak, trombosit lain dan leukosit, berperan penting dalam proses koagulasi untuk memperbaiki pembuluh darah yang rusak dan memulihkan integritasnya (Carrillo et al., 2017).

2) Sel Limfoid

Sel limfoid terdiri dari sel NK, sel natural killer T (NKT), dan innate lymphoid cells (ILCs). ILCs adalah keluarga baru dari efektor hematopoietik yang berperan

protektif dalam respon imun innate terhadap mikroorganisme menular, dalam pembentukan jaringan limfoid, dalam remodeling jaringan setelah kerusakan yang ditimbulkan oleh cedera atau infeksi dan dalam homeostasis sel stroma jaringan (Carrillo *et al.*, 2017).

a. Sel Natural killer (NK)

Sel NK adalah sel limfoid yang berkerabat dekat dengan sel B dan sel T. Namun sel NK tidak mengekspresikan reseptor spesifik antigen dan dianggap sebagai bagian dari sistem imun innate. Sel NK merupakan sel pembunuh yang efisien dalam menyerang berbagai sel abnormal, termasuk beberapa sel tumor dan beberapa sel yang terinfeksi virus. Sel NK membedakan sel yang harus dibunuh dari sel normal dengan cara yang sangat cerdas yaitu dengan mengenali tidak adanya MHC kelas I, yang diekspresikan oleh hampir semua sel normal. Sel NK mengekspresikan berbagai reseptor untuk MHC kelas I yang terlibat dalam menghambat kemampuan sel NK untuk membunuh sel lain. Sel NK juga mengekspresikan reseptor untuk antibodi sehingga dapat berikatan dengan antibodi yang mengikat patogen atau protein dari patogen pada permukaan sel yang terinfeksi. Setelah antibodi membawa sel NK kontak dengan sel target, sel NK melepaskan granulanya dan menginduksi kematian sel (Owen *et al.*, 2013).

b. Natural killer T cells (NKT)

Sel NKT merupakan Jenis sel lain dalam garis keturunan limfoid dan mempunyai karakteristik mirip dengan sel T konvensional dan sel NK. Sehingga diberi nama *Natural Killer T cell* (sel NKT). Seperti sel T, sel NKT memiliki reseptor sel T (TCR), dan

beberapa mengekspresikan CD4. Namun tidak seperti kebanyakan sel T, TCR sel NKT tidak terlalu beragam dan mengenali lipid dan glikolipid spesifik yang disajikan oleh molekul yang mirip dengan protein MHC yang diekspresikan oleh sel penyaji antigen seperti Sel dendritik, sel B, dan makrofag yang dikenal sebagai CD1. Seperti sel NK, sel NKT memiliki reseptor antibodi, serta reseptor lain yang secara klasik terkait dengan sel NK. Sel NKT yang teraktivasi dapat melepaskan granula sitotoksik yang dapat membunuh sel target, tetapi mereka juga dapat melepaskan sejumlah besar sitokin yang dapat meningkatkan dan menekan respon imun. Sel NKT tampaknya terlibat dalam penyakit asma, tetapi juga dapat menghambat perkembangan autoimunitas dan kanker (Owen et al., 2013).

c. *Innate lymphoid cells (ILCs)*

Innate lymphoid cells (ILCs) adalah sel yang menetap di jaringan yang menghasilkan sitokin mirip dengan yang disekresikan oleh sel T helper tetapi tidak mengekspresikan reseptor antigen sel T (TCR). ILC dibagi menjadi tiga kelompok besar berdasarkan sitokin yang disekresikan. Kelompok ini mirip dengan subset Th1, Th2, dan Th17 dari sel T CD4+. Respon ILC sering dirangsang oleh sitokin yang diproduksi oleh sel epitel dan sel lain yang rusak di tempat infeksi. ILC kemungkinan memberikan pertahanan awal terhadap infeksi di jaringan dan juga menuntun respon sel T (Abbas *et al.*, 2019).

II. *Pattern Recognition Receptors (PRRs)*

Sistem imun innate dilengkapi dengan reseptor yang berfungsi untuk mendeteksi patogen seperti bakteri, virus, parasite, jamur dan lain-lain. Reseptor ini disebut dengan

Pattern Recognition Receptors (PRRs) yang khusus mengenalinya. Reseptor ini adalah elemen kunci dari sistem imun innate. Reseptor tersebut terutama diekspresikan oleh sel penyaji antigen seperti sel dendritik dan makrofag, tetapi mereka juga ditemukan di sel imun dan non-imun lainnya.

PRR dibagi menjadi empat famili :

- 1) *Toll-like receptors (TLR)*
- 2) *Nucleotide-binding oligomerization domain-like receptors (NLR)*
- 3) *C-type lectin receptors (CLR)*
- 4) *RIG-1 like receptors (RLR)*

III. Mediator Larut dari Sistem Imun Innate

Pada imunitas innate, sejumlah besar mediator terlarut seperti sitokin, kemokin, dan sistem komplemen berpartisipasi. Semua mediator ini memberikan perlindungan pada fase awal ketika kontak dengan patogen dan bertanggung jawab untuk mencegah infeksi yang berpotensi berbahaya.

a. Komplemen

Sistem komplemen telah dianggap sebagai respon efektor dari sistem imun innate yang mampu mengeliminasi berbagai macam patogen termasuk bakteri, virus, dan parasit. Sistem komplemen terdiri dari protein plasma, yang terdapat dalam bentuk protein tidak aktif. Setelah aktivasi, produk yang dihasilkan dari sistem komplemen memfasilitasi perekrutan sel dari sistem kekebalan ke tempat kerusakan untuk menghilangkan patogen melalui opsonisasi atau penghancuran langsung. Aktivasi sistem komplemen terjadi melalui tiga jalur yaitu 1). Jalur klasik untuk kompleks antigen-antibodi, 2). Jalur alternatif yang diinisiasi secara spontan, saat komplemen berikatan dengan pathogen, 3). Jalur lektin di mana gula tertentu dikenali pada permukaan patogen melalui *mannose-binding lectin* (MBL). Setelah diaktifkan, jalur sistem komplemen menghasilkan

kompleks enzim multimolekuler yang memotong menjadi C3 dan membentuk C3a dan C3b. Fragmen C3b yang dihasilkan berikatan dengan C3 convertase untuk membentuk C5 convertase, dan setelah terbentuk, kompleks ini memotong ke C5 untuk membentuk C5a dan C5b. Kemudian, C5b mulai merekrut komponen komplemen C6, C7, C8, dan C9 untuk membentuk *membrane attack complex* yang merupakan pori litik yang dimasukkan ke dalam membran patogen. Karena sistem komplemen menggunakan beberapa jalur aktivasi, ia memiliki kemampuan untuk memaksimalkan jumlah patogen yang dapat dikenalnya (Carrillo et al., 2017).

b. Sitokin

Sitokin membentuk jaringan molekuler yang disintesis dan dilepaskan oleh berbagai jenis sel. Molekul-molekul ini disintesis dan dilepaskan sebagai respon terhadap beberapa kerusakan atau pengenalan struktur spesifik patogen melalui reseptornya (misalnya, PAMP dan TLR). Awalnya, sitokin didefinisikan berdasarkan aktivitas yang mereka lakukan, di antara aktivitas ini mengatur sistem kekebalan tetapi juga mengarahkan fungsi efektor pada sel, efek ini tidak hanya terjadi di tingkat lokal tetapi juga terjadi melalui jaringan atau sistem. Sitokin dapat diklasifikasikan menjadi lima kelompok yaitu sitokin tipe I (termasuk sitokin dari IL-2 hingga IL-7), sitokin tipe II (interferon dan sitokin dari famili IL-10), sitokin tipe III (famili TNF), sitokin tipe IV (famili IL-1, seperti IL-1, IL-18, IL-36, IL-37, dan IL-38), dan sitokin tipe V (famili IL-17 yang mencakup IL-17E).

c. Kemokin

Kemokin atau sitokin kemotaktik adalah molekul kecil yang merupakan keluarga besar peptida (60-100 asam amino) yang secara struktural terkait dengan sitokin. Fungsi utamanya adalah untuk merangsang migrasi leukosit. Mereka disekresikan sebagai respon terhadap beberapa sinyal seperti sitokin proinflamasi yang berperan penting dalam merekrut monosit, neutrofil, dan limfosit secara selektif.

8.1.2 Sistem Imun Adaptif

Ketika ada mikroorganisme patogen yang masuk ke dalam tubuh namun tidak dapat dieliminasi sepenuhnya oleh sistem imun innate, maka respon imun adaptif akan terjadi dengan pembentukan limfosit spesifik antigen (sel efektor) dan sel memori yang dapat mencegah infeksi ulang oleh mikroorganisme yang sama. Imunitas adaptif melibatkan interaksi antara APC dengan sel T dan B. Sel berkembang dan diaktifkan dalam serangkaian proses dalam organ limfoid yang terdiri dari sistem limfatik. Selama perkembangan, set segmen gen diatur ulang dan dirakit untuk membuat gen yang mengkode reseptor antigen spesifik sel T dan B. Mekanisme penataan ulang menghasilkan repertoar yang sangat beragam dari kekhususan reseptor yang mampu mengenali komponen semua patogen potensial. Selain spesifisitas, fitur utama lain dari imunitas adaptif adalah sel memori. Selama pertemuan pertama dengan antigen (patogen), kumpulan sel T dan B memori berumur panjang terbentuk. Dalam pertemuan berikutnya dengan patogen yang sama, sel-sel memori dengan cepat diaktifkan untuk menghasilkan respon perlindungan yang lebih cepat dan kuat (Bonilla & Oettgen, 2010; Goldsby et al., 2010).

Imunitas adaptif dibagi menjadi 2 yaitu imunitas humoral dan imunitas seluler :

1. Imunitas Humoral

Imunitas humoral diperankan oleh sel B. Proses produksi dan pematangan sel B terjadi di sumsum tulang. Setelah matang di sumsum tulang sel B bergerak melalui sirkulasi menuju jaringan limfoid sekunder, seperti kelenjar getah bening. Sel B mengenali epitop melalui reseptor permukaan yang berada di membran plasma (Pommerville, 2021).

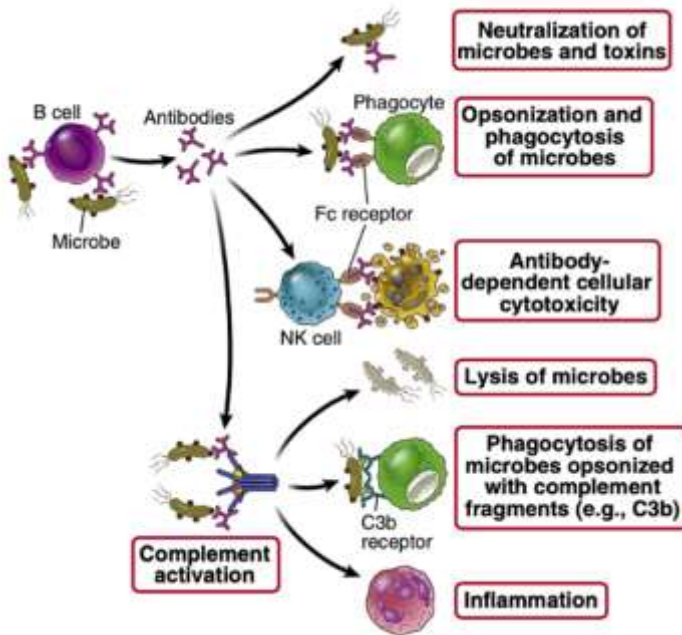
Imunitas humoral pertama-tama bergantung pada kemampuan sel B untuk mengenali antigen spesifik dan kedua pada kemampuannya untuk memulai respon yang melindungi tubuh terhadap agen asing. Dalam kebanyakan kasus antigen berada di permukaan organisme menular atau racun yang dihasilkan oleh mikroba. Respon yang paling umum adalah produksi antibodi yang akan menonaktifkan antigen dan menyebabkan penghancuran organisme menular. Setiap jenis sel B membawa antibodi spesifiknya pada membrannya dan dapat segera berikatan dengan antigen spesifik. Pengikatan dengan antigen membuat sel B menjadi aktif sehingga menyebabkan membelah berkali-kali. Beberapa keturunannya adalah sel memori, tetapi sebagian besar adalah sel plasma. Sel plasma adalah sel besar yang mensintesis dan melepaskan banyak antibodi seperti yang ada di membrannya. Saat aktif, satu sel plasma dapat menghasilkan sebanyak 2.000 antibodi per detik. Setelah sel B mengikat antigen ke antibodi, ia membawa keduanya ke dalam sel di mana ia memproses antigen dengan memecahnya menjadi fragmen pendek yang mengikat molekul MHC II pada permukaan sel B. Ini disebut proses penyajian antigen. Makrofag dan sel dendritik juga menyajikan antigen dengan cara ini. Sel T

mengenal antigen plus MHC II, dan menjadi teraktivasi untuk memproduksi interleukin 2 (IL-2). Kontak langsung sel T helper dengan sel B penyaji antigen merangsang sel B untuk berproliferasi lebih lanjut dan membentuk sel B memori. Tanpa kontak sel T helper, tidak ada sel B memori yang terbentuk (Black & Black, 2015).

Fungsi efektor antibodi (Abbas *et al.*, 2019)

1) Netralisasi mikroba dan toksin mikroba

Antibodi mengikat dan memblokir, atau menetralkan, aktivitas infeksi mikroba dan interaksi toksin mikroba dengan sel inang. Antibodi yang disekresi mukosa di usus dan saluran udara menghalangi masuknya mikroba yang tertelan dan terhirup. Setelah mikroba memasuki inang, mereka menggunakan molekul pada dinding selnya untuk berikatan dan masuk ke dalam sel inang. Antibodi dapat menempel pada permukaan molekul mikroba ini, sehingga mencegah mikroba menginfeksi sel inang. Mikroba yang dapat memasuki sel inang dapat bereplikasi di dalam sel dan kemudian dilepaskan sehingga dapat menginfeksi sel disekitarnya. Antibodi dapat menetralkan mikroba selama perjalanan mereka dari sel ke sel sehingga dapat membatasi penyebaran infeksi. Jika mikroba infeksius mengkolonisasi inang, efek berbahayanya adalah disebabkan oleh endotoksin atau eksotoksin, yang sering berikatan dengan reseptor spesifik pada sel inang untuk memediasi efeknya. Antibodi mencegah pengikatan toksin ke sel inang sehingga dapat memblokir efek berbahaya dari toksin tersebut.



Gambar 8.1 : Fungsi Efektor Antibodi

Sumber; (Abbas *et al.*, 2019)

2) Opsonisasi dan Fagositosis

Antibodi melapisi mikroba dan memicu ditelannya mikroba oleh fagosit. Proses pelapisan partikel untuk difagositosis selanjutnya disebut opsonisasi, dan molekul yang melapisi mikroba dan meningkatkan fagositosisnya disebut opsonin. Ketika beberapa molekul IgG berikatan dengan suatu mikroba, susunan daerah Fc mereka menonjol dari permukaan mikroba. Jika antibodi memiliki isotipe tertentu (IgG1 dan IgG3 pada manusia), daerah Fc mereka berikatan dengan reseptor afinitas tinggi dari

daerah Fc rantai berat γ , yang disebut Fc γ RI (CD64), yang diekspresikan pada neutrofil dan makrofag. Fagosit memperluas membran plasma di sekitar mikroba yang melekat dan menelan mikroba ke dalam vesikel yang disebut fagosom, yang menyatu dengan lisosom. Pengikatan ekor Fc antibodi ke Fc γ RI juga mengaktifkan fagosit, karena Fc γ RI mengandung rantai sinyal yang memicu banyak jalur biokimia dalam fagosit. Sejumlah besar *reactive oxygen species*, *nitric oxide*, dan enzim proteolitik diproduksi di lisosom neutrofil dan makrofag yang diaktifkan, yang semuanya bekerjasama untuk menghancurkan mikroba yang difagosit.

3) *Antibody Dependent Cellular Cytotoxicity* (ADCC)

Sel NK dapat mengikat sel yang dilapisi antibodi dan menghancurkan sel-sel ini. Sel NK mengekspresikan reseptor Fc γ yang disebut Fc γ RIII (CD16), yang merupakan salah satu dari beberapa jenis reseptor sel NK yang teraktivasi. Fc γ RIII berikatan dengan susunan antibodi IgG yang melekat pada permukaan sel, menghasilkan sinyal yang menyebabkan sel NK teraktivasi melepaskan protein granulanya, yang membunuh sel yang telah di opsonisasi oleh antibodi, mekanisme yang sama juga digunakan sel T sitotoksik CD8+ untuk membunuh sel yang terinfeksi. Proses ini disebut *Antibody Dependent Cellular Cytotoxicity* (ADCC). Sel yang terinfeksi virus terselubung biasanya mengekspresikan glikoprotein virus pada permukaannya yang dapat dikenali oleh antibodi spesifik, dan ini dapat memfasilitasi penghancuran sel yang terinfeksi yang dimediasi ADCC.

4) Aktivasi Komplemen

Antibodi juga dapat mengaktivasi sistem komplemen. Sistem komplemen berperan penting dalam eliminasi mikroba selama respon imun innate dan adaptif. Fungsi efektor utama dari sistem komplemen adalah sebagai berikut

- a. Opsonisasi. Mikroba yang dilapisi dengan molekul C3b akan difagositosis karena C3b akan dikenali oleh reseptor komplemen tipe 1 (CR1, atau CD35), yang diekspresikan pada fagosit. Dengan demikian, C3b berfungsi sebagai opsonin.
- b. Lisis sel. MAC dapat menginduksi lisis osmotik sel, termasuk mikroba. Lisis yang diinduksi MAC hanya efektif melawan mikroba yang memiliki dinding sel tipis dan sedikit atau tanpa glikokaliks, seperti spesies bakteri *Neisseria*.
- c. Inflamasi. Fragmen peptida kecil C3a dan C5a, yang dihasilkan melalui proteolisis C3 dan C5, bersifat kemotaktik untuk neutrofil, merangsang pelepasan mediator inflamasi dari berbagai leukosit, dan merangsang pergerakan leukosit dan protein plasma melintasi endotel ke dalam jaringan.

2. Imunitas Seluler

Imunitas seluler diperankan oleh sel T. Respon imun yang diperantarai sel menyebabkan diferensiasi dan aktivasi berbagai jenis sel T dan produksi mediator kimia yang disebut sitokin (limfokin, interleukin). Sel T berasal dari stromal limfoid yang diproduksi dalam sumsum tulang dan pematangannya terjadi di timus. Imunitas yang diperantarai sel melibatkan respon sel T. Tidak seperti sel B, sel T tidak dapat diaktifkan secara langsung oleh antigen. Respon yang diperantarai sel membutuhkan presentasi antigen pada permukaan sel bersama dengan protein MHC.

Protein MHC memungkinkan sel untuk saling mengenali. Ada dua kelas protein MHC. Semua sel berinti memiliki protein MHC I di permukaannya. Sel penyaji antigen juga memiliki MHC II pada permukaannya. Reaksi imun yang diperantarai sel biasanya dimulai dengan pemrosesan antigen, biasanya yang terkait dengan organisme patogen oleh sel dendritik, sel B, atau makrofag. Ketika makrofag dan sel dendritik memfagosit patogen, mereka menelan dan mendegradasi patogen. Potongan patogen dalam bentuk peptida kemudian diangkut ke permukaan makrofag atau sel dendritik. Peptida terikat pada permukaan sel oleh protein MHC II. Ketika makrofag menyajikan antigen ke sel T yang memiliki reseptor antigen yang tepat, antigen dan reseptor saling mengikat. Sel T tidak dapat diaktifkan tanpa MHC yang sesuai. Sel T helper (Th) diaktifkan oleh antigen yang disajikan oleh MHC II, sel penyaji antigen. Sel T sitotoksik (Tc) diaktifkan oleh antigen yang disajikan oleh MHC I, biasanya sel yang terinfeksi virus, bakteri patogen intraseluler, sel kanker yang diubah, atau jaringan asing, seperti transplantasi organ. Setelah diaktifkan, sel Th dapat merangsang sel T dan B lainnya, serta fagosit (Black & Black, 2015).

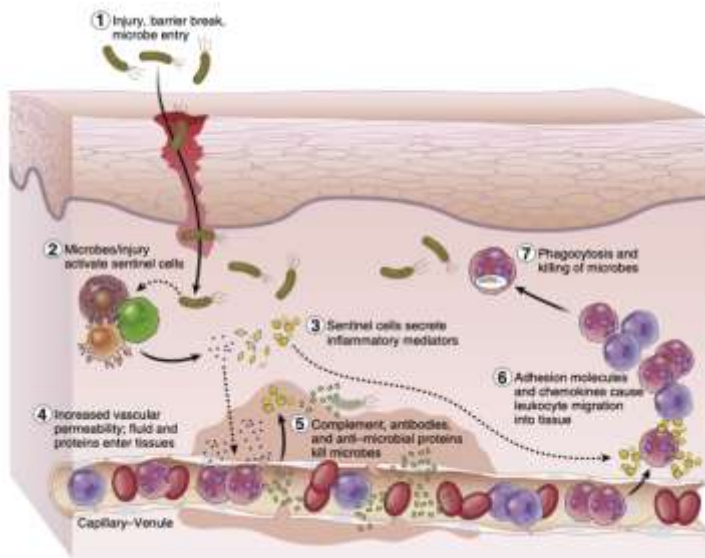
8.2 Inflamasi

Kata inflammation atau peradangan berasal dari bahasa Latin inflammare yang artinya membakar. Inflamasi secara umum didefinisikan sebagai respon terhadap stimulasi dengan menyerang patogen atau sinyal endogen seperti sel yang rusak yang menghasilkan perbaikan jaringan atau terkadang patologi, ketika respon tidak terkendali. Inflamasi dapat dianggap sebagai respon pertama jaringan hidup terhadap cedera dan termasuk sebagai imunitas innate, dan dapat muncul karena infeksi mikroba, faktor fisik (trauma, radiasi, suhu), zat kimia (bahan kimia iritan

dan korosif) serta nekrosis jaringan dan reaksi hipersensitivitas. Secara umum inflamasi atau peradangan di tandai dengan : kemerahan (rubor), panas (kalor), bengkak (tumor), nyeri (dolor) dan disfungsi organ yang terlibat (functio laesa). Empat karakteristik pertama disusun oleh Celsus hampir 2000 tahun yang lalu. Functio laesa ditambahkan ke definisi peradangan oleh Rudolf Virchow pada tahun 1858, orang yang dianggap sebagai pendahulu patologi modern dan kedokteran sosial (Coico & Shunsine, 2015; Silva, 2015).

8.2.1 Inflamasi Akut

Inflamasi akut adalah reaksi cepat jaringan dan pembuluh darah lokal yang di picu oleh berbagai hal penyebab inflamasi. Inflamasi akut melibatkan respon pembuluh darah, sel-sel pertahanan dan matriks ekstraseluler. Banyak sel yang terlibat dalam proses inflamasi seperti sel endotel pembuluh darah, sel mast, makrofag, neutrofil dan lain lain. Matriks ekstraseluler yang terlibat seperti jaringan ikat kolagen, elastin, glikoprotein dan proteoglikan. Sel-sel yang terlibat ini saling memicu untuk memerankan fungsi masing-masing dengan menggunakan sitokin atau protein lain sebagai media komunikasi sehingga disebut mediator inflamasi (Wahid & Miskad, 2016).



Gambar 8.2 : Respon Inflamasi Akut. Sitokin dan mediator lain diproduksi oleh makrofag, sel dendritik, sel mast, dan sel lain dalam jaringan sebagai respon terhadap produk mikroba dan sel inang yang rusak. Beberapa mediator ini (misalnya, histamin, prostaglandin) meningkatkan permeabilitas pembuluh darah, menyebabkan masuknya protein plasma (misalnya, protein pelengkap) ke dalam jaringan, dan lainnya (IL-1, TNF) meningkatkan ekspresi molekul adhesi endotel. dan kemokin yang mendorong pergerakan leukosit dari darah ke jaringan, di mana leukosit menghancurkan mikroba, membersihkan sel yang rusak, meningkatkan inflamasi dan perbaikan. Sumber ; (Abbas *et al*, 2019)

- 1) Sel mast berkolaborasi dengan makrofag untuk meningkatkan permeabilitas pembuluh darah.

Proses inflamasi terdiri dari perekrutan sel dan kebocoran protein plasma melalui pembuluh darah dan aktivasi sel-sel dan protein pada jaringan ekstrasvaskular. Pelepasan awal histamin, TNF, prostaglandin, dan mediator

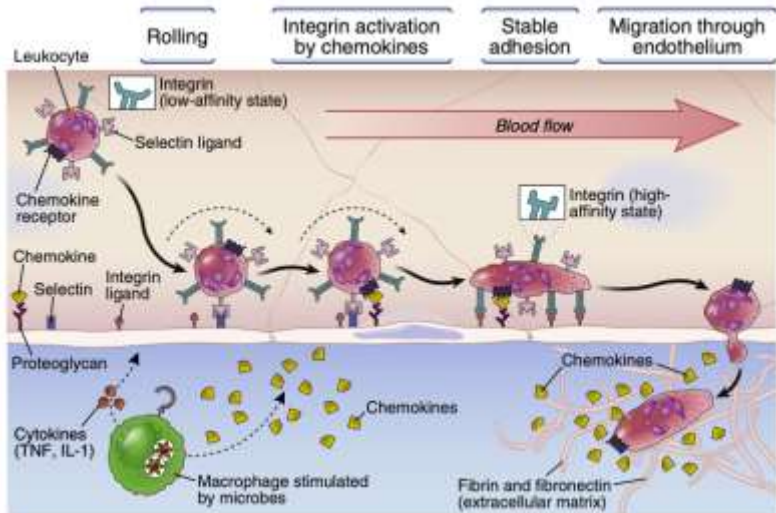
lain oleh sel mast dan makrofag menyebabkan peningkatan aliran darah lokal dan pengeluaran protein plasma. Dampaknya terjadi kemerahan, rasa hangat, dan pembengkakan, yang merupakan ciri khas inflamasi. Hal ini sering diikuti oleh akumulasi lokal fagosit pada jaringan, terutama neutrofil dan makrofag yang diturunkan dari monosit darah, sebagai respon terhadap sitokin. Fagosit yang diaktifkan menelan mikroba dan bahan nekrotik dan menghancurkan zat yang berpotensi berbahaya (Abbas *et al.*, 2019).

Sel mast berperan penting dalam peningkatan permeabilitas pembuluh darah karena pelepasan granula yang dimilikinya. Granula sel mast mengandung antara lain sejumlah besar histamin dan asam amino vasoaktif. Degranulasi sel mast dapat dipicu oleh cedera langsung, sebagai respon terhadap komponen komplemen (C3a dan C5a), pertemuan dengan PAMP dan melalui pengikatan antigen spesifik ke kelas antibodi (IgE) yang mengikat sel mast melalui reseptor permukaan. Histamin memicu pelebaran venula pascakapiler, mengaktifkan endotelium lokal, dan meningkatkan permeabilitas pembuluh darah, sehingga memungkinkan lewatnya sel mononuklear ke area cedera. Mediator inilah yang bertanggung jawab terhadap tanda-tanda khas inflamasi yaitu nyeri, kemerahan, bengkak, dan panas (Delves *et al.*, 2017; Gethin, 2012).

2) Rekrutmen Fagosit ke Tempat Infeksi dan Kerusakan Jaringan

Neutrofil dan monosit bermigrasi ke tempat infeksi ekstrasvaskular atau kerusakan jaringan dengan mengikat molekul adhesi endotel venula dan sebagai respon terhadap kemoatraktan yang dihasilkan oleh sel-sel jaringan yang bereaksi terhadap infeksi atau cedera.

Migrasi leukosit dari darah ke jaringan merupakan proses beberapa tahap dimana interaksi adhesi awal yang lemah antara leukosit dengan sel endotel diikuti oleh adhesi yang kuat dan kemudian transmigrasi melalui endotel (Abbas *et al.*, 2019).



Gambar 8.3 : Tahapan migrasi leukosit darah ke tempat infeksi. Di tempat infeksi, makrofag, sel dendritik, dan sel lain yang telah bertemu mikroba menghasilkan sitokin seperti faktor nekrosis tumor (TNF) dan interleukin-1 (IL-1) yang mengaktifkan sel endotel venula terdekat untuk mengekspresikan selektin dan ligan untuk integrin dan mensekresi kemokin. Selectin memediasi penarikan dan penggulungan neutrofil darah yang lemah pada endotelium, integrin memediasi adhesi kuat neutrofil, dan kemokin mengaktifkan neutrofil dan merangsang migrasinya melalui endotelium ke tempat infeksi. Monosit darah dan sel T teraktivasi menggunakan mekanisme yang sama untuk bermigrasi ke tempat infeksi.

Sumber ; (Abbas *et al.*, 2019)

Setiap pola migrasi ditentukan oleh kemokin dan molekul adhesi tertentu. Menurut (Abbas *et al.*, 2019) ada tiga tahap dalam adhesi yang mendahului migrasi melintasi endotelium yaitu

1. **Perlambatan dan penggulungan:** sebagai respon terhadap TNF dan IL-1, sel-sel endotel venular mengekspresikan molekul adhesi dari famili selektin yang disebut E-selektin. Rangsangan lain, termasuk trombin, menyebabkan translokasi P-selectin yang cepat ke permukaan endotel. (Istilah selektin mengacu pada sifat pengikatan karbohidrat atau lektin, bagian dari molekul-molekul tersebut) Neutrofil dan monosit yang bersirkulasi mengekspresikan karbohidrat permukaan yang mengikat secara khusus pada selektin. Neutrofil menjadi terikat pada endotelium, aliran darah mengganggu pengikatan ini, ikatan terbentuk kembali searah aliran darah, dan proses berulang ini menghasilkan penggulungan leukosit di sepanjang permukaan endotel.
2. **Adhesi yang kuat.** Leukosit mengekspresikan molekul adhesi yang disebut integrin karena mereka mengintegrasikan sinyal ekstrinsik ke dalam perubahan sitoskeletal. Integrin leukosit, seperti LFA-1 dan VLA-4, terdapat dalam keadaan afinitas rendah pada sel yang tidak diaktifkan. Pada tempat infeksi, makrofag jaringan dan sel endotel menghasilkan kemokin, yang mengikat proteoglikan pada permukaan luminal sel endotel dan ditampilkan pada konsentrasi tinggi pada leukosit yang menggelinding di endotel. Kemokin ini mengikat reseptor kemokin pada leukosit dan merangsang peningkatan cepat dalam afinitas integrin leukosit untuk ligan mereka pada endotelium. Secara bersamaan TNF dan IL-1 bekerja pada endotel untuk merangsang ekspresi ligan untuk integrin, termasuk ICAM-1 dan VCAM-1. Ikatan kuat integrin ke ligannya menahan leukosit yang menggelinding pada endotelium. Sitoskeleton

leukosit direorganisasi, dan sel-sel menyebar di permukaan endotel.

3. **Migrasi leukosit.** Leukosit yang menempel pada endotelium bergerak melalui sambungan antara sel-sel endotel, keluar dari pembuluh darah. Di dalam jaringan, leukosit bermigrasi sepanjang serat matriks ekstraseluler, diarahkan oleh gradien konsentrasi kemoatraktan, termasuk kemokin, peptida formil bakteri, dan fragmen komplemen C5a dan C3a. Konsentrasi kemoatraktan ini tertinggi di mana mikroba berada, dan leukosit memiliki reseptor untuk molekul tersebut yang merangsang migrasi menuju sumbernya.

8.2.2 Inflamasi kronik

Inflamasi bisa menjadi kronis bila berlangsung lama (berbulan-bulan atau bertahun-tahun). Inflamasi kronis merupakan respon inflamasi yang tidak terselesaikan yang disebabkan oleh stimulus inflamasi yang persisten. Inflamasi kronis mendasari banyak penyakit, dan penelitian telah menunjukkan bahwa disfungsi neutrofil dan makrofag memainkan peran utama dalam berkontribusi terhadap inflamasi kronis. Inflamasi kronis dapat timbul karena inflamasi akut yang tidak sembuh. Inflamasi yang tidak sembuh dapat disebabkan oleh antara lain ; 1). Gagalnya neutrofil mengeliminasi patogen, 2). Adanya benda asing, 3). Penyakit autoimun dan 4). Kondisi yang tak jelas penyebabnya (Su *et al.*, 2020).

8.2.3 Sel – sel dan Protein yang Berperan dalam Inflamasi

Sel - sel dan protein yang berperan dalam proses inflamasi adalah :

- 1) Sel yang berada dalam darah seperti Neutrofil, monosit, limfosit, trombosit, basofil, faktor pembekuan, komplemen dan kininogen.

- 2) Komponen pembuluh darah seperti sel endotel dan membran basalis
- 3) Sel yang berada dalam jaringan konektif seperti sel mast, makrofag, fibroblast dan matriks berupa serat kolagen dan proteoglikan (Wahid & Miskad, 2016).

8.2.4 Mediator Inflamasi

Mediator inflamasi adalah substansi yang dihasilkan oleh sel yang terlibat dalam respon inflamasi yang berperan mempengaruhi (mengaktivasi atau menghambat) sel-sel yang terlibat dalam respon inflamasi. Mediator inflamasi merupakan media komunikasi antar sel untuk saling bekerja sama memerankan fungsi masing-masing baik mengaktivasi atau menghambat terjadinya respon inflamasi.

Tabel 8.1 : Sumber dan Fungsi Mediator Inflamasi

Mediator Inflamasi	Sumber	Fungsi
Histamin	Sel mast, basofil, trombosit dan jaringan penunjang	Peningkatan permeabilitas kapiler
Serotonin	Trombosit	neurotransmitter
Prostaglandin D2	Sel mast, basofil dan makrofag	Vasodilatasi, <i>bronchocontriction</i> dan kemotaksis neutrofil, monosit dan eosinofil
<i>Leukotriene C4, D4, E4, (Slow reacting substance of anaphylaxis, SRS-A</i>	Sel mast, basofil, eosinofil dan makrofag	<i>Bronchocontriction</i> yang lama, peningkatan permeabilitas kapiler, sekresi mukus, sintesa molekul adhesi endotel dan kemotaksis neutrofil, monosit dan eosinofil

Mediator Inflamasi	Sumber	Fungsi
<i>Platelet activating factor</i>	Sel mast, basofil, dan sel endotel	<i>Bronchocontriction, peningkatan permeabilitas kapiler, vasodilatasi kapiler, agregasi trombosit, kemotaksis dan aktivasi leukosit</i>
Bradikinin	Aktivasi sistem kinin (protein plasma asal hati)	<i>Vasodilatasi, peninggian permeabilitas kapiler</i>
Komplemen (C3a dan C5a)	Aktivasi sistem komplemen (protein plasma asal hati)	<i>Kemoatraktan neutrofil dan makrofag</i>
IL-1	Makrofag	Memacu ekspresi molekul adhesi endotel
TNF- α	Makrofag dan sel mast	Memacu ekspresi molekul adhesi endotel
Interferon- γ (IFN γ)	Sel NK dan Th-1	<i>Memacu aktivasi makrofag</i>
IL-12	Makrofag	<i>Memacu aktivasi sel NK</i>
IL-3	Sel mast, basofil, dan eosinofil	Proliferasi sel mast, Produksi dan aktivasi eosinofil
IL-5	Sel mast, basofil, dan eosinofil	Produksi dan aktivasi eosinofil
IL-4 dan IL-13	Sel mast, basofil, dan eosinofil	Sekresi mukus
IL-8, IL-10, Rantes, MIP-1 α dan eotaxin	Eosinofil	Kemotaksis leukosit

Mediator Inflamasi	Sumber	Fungsi
Kemokin ?		Kemoatraktan neutrofil dan makrofag
Faktor pembekuan	Endotel, protein plasma asal hati	Pembekuan darah agar mikroba tak menyebar
Nitrix oxide dan ROS	Makrofag, neutrofil dan endotel	Relaksasi otot polos, menghambat aksi trombosit

Sumber; (Wahid & Miskad, 2016)

8.3 Peran Vitamin Terhadap Sistem Imun

Vitamin dan mineral berperan sebagai antioksidan sehingga mampu memperkuat sistem imunitas tubuh manusia. Vitamin A berperan penting dalam pemeliharaan sel epitel. Sel epitel merupakan salah satu jaringan tubuh yang terlibat di dalam fungsi imunitas innate. Imunitas innate termasuk pertahanan fisik seperti kulit, selaput lendir, dan silia saluran nafas. Vitamin E atau tokoferol terutama α -tokoferol juga berfungsi sebagai antioksidan yang mampu mempertahankan integritas membran sel. Fungsi vitamin E sebagai antioksidan disebabkan vitamin E mempunyai cincin fenol yang mampu memberikan ion hidrogennya kepada radikal bebas. Integritas membran sel ini berpengaruh terhadap fungsi sistem imunitas terutama sel-sel imun utamanya sel T helper dalam berinteraksi dengan APC. Peranan vitamin C di dalam tubuh sebagai antioksidan. Oleh karena vitamin C mudah mendonorkan elektronnya ke radikal bebas maka sel-sel termasuk sel imun terlindung dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Vitamin C juga mempunyai peran dalam sintesa kolagen untuk menjaga kesehatan kulit. Kulit adalah salah satu jaringan tubuh yang berperan di dalam imunitas non spesifik. Selenium termasuk dalam mineral kelumit yang

penting untuk sintesis protein dan aktivitas enzim glutathione peroxidase (GSH-PX). Selenium berperan sebagai katalisator dalam pemecahan peroksida yang terbentuk di dalam tubuh menjadi ikatan yang tidak bersifat toksik. Sehingga kecukupan zat gizi terutama vitamin dan mineral sangat dibutuhkan dalam mempertahankan sistem imunitas tubuh yang optimal sebagai upaya pencegahan agar selalu sehat (Siswanto, 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. K., Lichtman, A. H., & Pillai, S. 2019. *Basic Immunology Functions and Disorders of the Immune System*. Elsevier Health Sciences.
- Black, J. G., & Black, L. J. 2015. *Microbiology: Principles and Explorations* (Ninth ed.). John Wiley & Sons.
- Bonilla, F. A., & Oettgen, H. C. 2010. Adaptive Immunity. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 125(2), S33-S40.
- Carrillo, J. L. M., Rodríguez, F. P. C., Coronado, O. G., García, M. A. M., & Cordero, J. F. C. 2017. Physiology and Pathology of Innate Immune Response Against Pathogens. In. IntechOpen.
- Coico, R., & Shunsine, G. 2015. *Immunology: a Short Course* (Sevent Edition ed.). John Wiley & Sons.
- Cruvinel, W. d. M., Mesquita Júnior, D., Araújo, J. A. P., Catelan, T. T. T., Souza, A. W. S. d., Silva, N. P. d., & Andrade, L. E. C. 2010. Immune System: Part I. Fundamentals of Innate immunity with Emphasis on Molecular and Cellular Mechanisms of Inflammatory Response. *Revista brasileira de reumatologia*, 50, 434-447.
- Delves, P. J., Martin, S. J., Burton, D. R., & Roitt, I. M. 2017. *Roitt's Essential Immunology*. John Wiley & Sons.
- Gethin, G. 2012. Understanding the Inflammatory Process in Wound Healing. *British journal of community nursing*, 17(Sup3), S17-S22.
- Goldsby, R. A., Kindt, T. J., Osborne, B. A., & Kuby, J. 2010. *Immunology* (Fifth Edition ed.)
- Owen, J. A., Punt, J., & Stranford, S. A. 2013. *Kuby Immunology*. WH Freeman New York.
- Pommerville, J. C. 2021. *Fundamentals of Microbiology* (Twelfth Edition ed.). Jones & Bartlett Publishers.

- Silva, L. 2015. A literature Review of Inflammation and its Relationship With the Oral Cavity. *Global Journal of Infectious Diseases and Clinical Research*, 1(1), 1-7.
- Siswanto, S., B. Budisetyawati., Ernawati, Fitrah. 2013. Peran Beberapa Zat Gizi Mikro dalam Sistem Imunitas. *Gizi Indonesia*, 36(1).
- Su, Y., Gao, J., Kaur, P., & Wang, Z. 2020. Neutrophils and Macrophages as Targets for Development of Nanotherapeutics in Inflammatory Diseases. *Pharmaceutics*, 12(12), 1222.
- Wahid, S., & Miskad, U. A. 2016. *Imunologi Lebih Mudah Dipahami*. Brilian Internasional.

BAB 9

FITOKIMIA

Oleh Nurbaiti

9.1 Pendahuluan

Fitokimia merupakan ilmu yang mempelajari tentang sifat dan interaksi senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan (Julianto, 2018). Fitokimia juga merupakan segala jenis zat kimia yang dapat berasal dari tumbuhan seperti sayuran, buah dan biji-bijian. Senyawa fitokimia sangat berkaitan dengan metabolisme gizi, yaitu memberikan keuntungan dalam kesehatan seseorang dan berperan dalam pencegahan suatu penyakit (Aini, 2022).

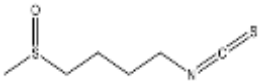
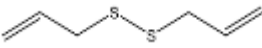
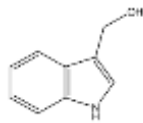
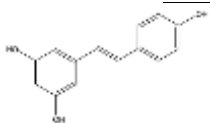
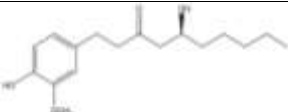
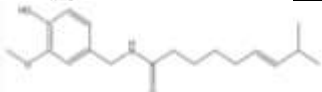
Ilmu fitokimia memiliki integrasi dengan berbagai bidang keilmuan seperti bidang farmasi, farmakognosi, bioteknologi, ilmu gizi dan pangan, kimia organik dalam produksi produk alami dengan meningkatnya hasil fitokimia dari tumbuhan. Dalam pengujian fitokimia, yang biasanya digunakan adalah daun, batang, kulit kayu, bunga, akar, dan biji yang memiliki bagian yang keras dengan kandungan jumlah fitokimia yang lebih banyak dari tanaman (Egbuna *et al.*, 2020).

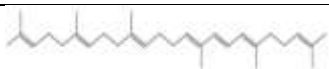
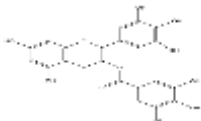
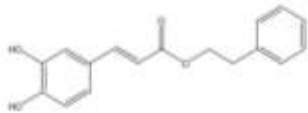
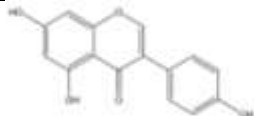
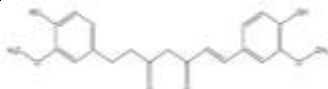
Contoh tanaman jahe (*Zingiber officinale Rosc*), pada bidang farmasi dapat dilihat dari aktivitas farmakologisnya, yaitu dari hasil studi fitokimia mengandung senyawa *zingiberene* yang bermanfaat dalam memelihara kesehatan dan penyembuhan penyakit. Sedangkan dibidang gizi, dilihat dari kandungan gizinya, bahwa jahe memiliki kandungan gizi yang besar sebagai antioksidan, pembentukan sel darah merah pada ibu hamil (Sari dan Nasuha, 2021).

9.2 Fitokimia, Klasifikasi, Sumber dan Fungsi

Fitokimia berasal dari tumbuhan menghasilkan metabolit sekunder. Metabolit sekunder disintesis sebagai pertahanan terhadap serangga, hama, herbivora, paparan ultraviolet, dan bahaya lingkungan. Metabolit sekunder berbeda dengan metabolit primer seperti karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin yang digunakan untuk pemeliharaan tanaman. Sedangkan fitokimia yang menghasilkan metabolit sekunder, hanya digunakan untuk menyebut makanan yang berfungsi sebagai antioksidan, nutraseutikal, fitotoksin, dll (Egbuna *et al*, 2020). Berikut contoh senyawa metabolit sekunder yang bermanfaat dalam kesehatan :

Tabel 9.1 : Senyawa Metabolit Sekunder

Sumber	Struktur	Nama Senyawa
Brokoli		Sulforapen
Bawang putih		Sialil sulfida
Kubis		Sindol-3karbinol
Anggur		Resveratrol
Jahe		Gingerol
Cabe		Capsaicin

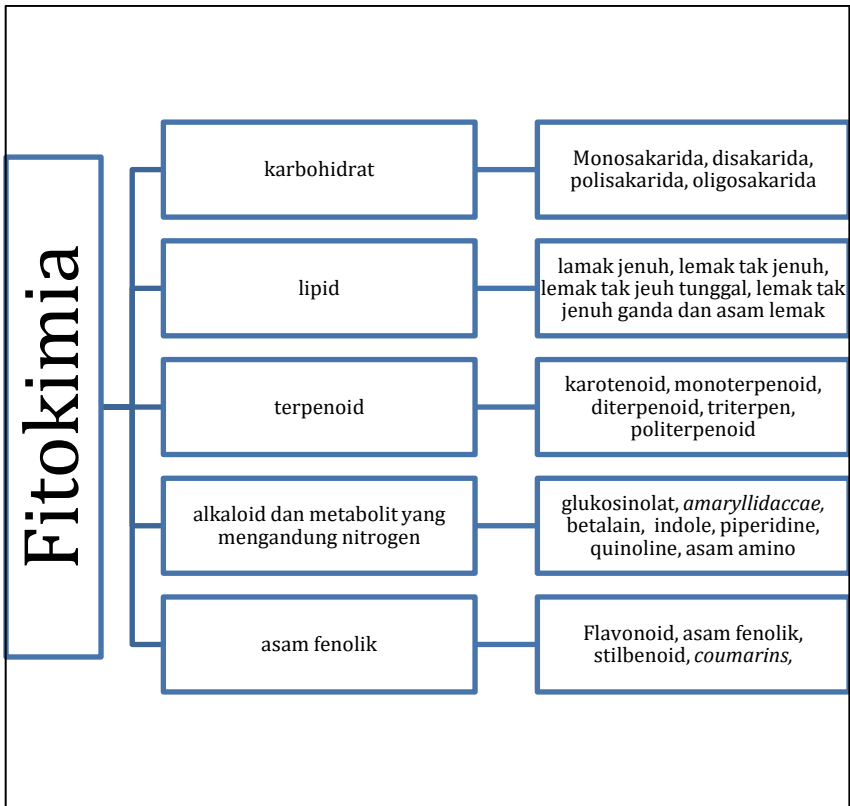
Sumber	Struktur	Nama Senyawa
Tomat		Likopen
Daun teh		Epigallocatechin-3galat
Madu		Asam kafeicfenetil eter
Kedelai		Genistein
Kunyit		Curcumin

Sumber : (Julianto, 2018)

9.2.1 Klasifikasi

Fitokimia diklasifikasi menjadi 6 kategori berdasarkan struktur kimia dan karekteristik. Seperti karbohidrat, lipid, fenol, terpenoid dan alkaloid dan senyawa yang mengandung nitrogen. Gambar 9.1 menjelaskan tentang pembagian fitokimia (Huang *et al.*, 2016). Kategori lain dibagi berdasarkan biogenesis.

Menurut Thakur, Singh and Khedkar, (2020), fitokimia terbagi menjadi beberapa senyawa yang berperan dalam kesehatan yaitu polifenol, flavonoid, isoflavonoid, antosianidin, *phytoestrogen*, terpenoid, carotenoid, limonoid, *phytosterol*, glucosinolat, dan serat. Berikut klasifikasi fitokimia berdasarkan tiga kelas yaitu fenolik, terpen, N dan S (Tabel 9.2).



Gambar 9.1 : Pembagian Fitokimia
(Sumber : Huang *et al.*, 2016)

Tabel 9.2 : Klasifikasi Fitokimia

<i>Class</i>	<i>Subclass</i>	<i>Contoh</i>
Phenolic	polifenol	Flavonoid, isoflavonoid, chalconoid, lignans, stilbenoids, curcuminoid, tannin
	Asam aromatik	Asam fenolat (as.galat, as. tannat vanilin, dan as. elagat)
Terpenes	Monoterpen	Geraniol, limonen
	Sesquiterpen	<i>Costunolides</i>
	Diterpen	As. Abietat, kafestol

Class	Subclass	Contoh
	Triterpen	Azadiractin
	Politerpen	Tetraterpen
Terpenoids	Karotenoids	Beta caroten, lycopen
	Xantopils	Lutein, zeaxanthin
	Triterpenoid	Saponin, as. Ursolat
	Steroid	Vitamin E, <i>phytosterols</i>
N (Organonitrides)	Alkaloids	Nikotin, morfin, cafein, teobromin
S (Organosulfida)	Allicin, alliin, piperin, glutation	

Sumber : (Egbuna *et al.*, 2020)

9.2.2 Sumber

Tabel 9.3 : Contoh senyawa fitokimia yang kaya akan antioksidan

No	Fitokimia	Sumber	Manfaat
1	Carotenoid	wortel, tomat, peterseli, sayuran berwarna hijau dan <i>orange</i> , kubis, lobak, bayam	Antioksidan untuk kanker rahim, paru-paru, kolorektal, dan saluran pencernaan
2	Phytosterol	Sayuran, kacang, buah-buahan, dan biji-bijian	Menekan pertumbuhan sel tumor
3	Limonoid	Buah citrus	Menghambat enzim fase I dan menginduksi enzim detoksifikasi fase II di hati, memberikan perlindungan pada jaringan paru-paru. Enzim detoksifikasi
4	Polifenol (Flavonoid, isoflavonoid, antosianidin)	Buah, sayuran, sereal, coklat, kacang-kacangan, minyak biji	Melawan radikal bebas, peradangan, alergi, agregasi trombosit, dan

No	Fitokimia	Sumber	Manfaat
			hepatotoksin
5	Terpenoid (isoprenoids)	Lumut, lumut hati, alga, jamur	Antimikroba, antiparasit, antivirus, antialergi, antiinflamasi, kemoterapi, antihiperglicemic, antispasmodik
6	Serat	Buah dan sayuran hijau	Menurunkan kolesterol darah, dan penyakit saluran cerna
7	saponin	Oat, daun, bunga, buah-buahan, tomat	Melindungi dari patogen, antimikroba, antiinflamasi, antiulcer

Sumber : (Thakur, Singh and Khedkar, 2020)

Tabel 9.4 : Sumber fitokimia dan fungsinya dalam nutraseutikal

Fitokimia	Sumber tumbuhan	Manfaat kesehatan dalam
α - asam linolat	Biji Flax	Mencegah kanker, mengurangi resiko penyakit jantung koroner
Allicin	Bawang putih dan bawang merah	Antibakteri, antikanker, antijamur, antiinflamasi, kemopreventif, neuroprotektif,,
Antosianin	<i>Blackberry</i> , seri, <i>orange</i> , <i>raspberry</i> , anggur merah	Anti alergi, antiinflamasi, antioksidan, dan pigmen
Apigenin	Appel, seledri, seri, anggur, kacang, peterseli	Antiinflamasi, antioksidan, antispasmodik, induksi apoptosis, menghambat kanker payudara dan ovarium
Asam <i>Caffeic</i>	Artichoke, pir, basil,	Antiinflamasi, antistress

Fitokimia	Sumber tumbuhan	Manfaat kesehatan dalam
	oregano	
Karoten	Wortel, tomat, sayuran kuning, pumpkin	Antikarsinogenik, melindungi dari cahaya UV
Katekin	tea	Antioksidan, diuretik
Curcumin	Turmerik	Antihipertensi, antiinflamasi, antiooksidan, dan pencegah kanker
Diosgenin	Biji fenugrek	hipolipidemia
Asam elagat	Cranberi, anggur, pomegranat, rasbery, strawberry, kenari	Antikanker dan antioksidan
Asam ferulat	Oat, nasi, orange, nenas, kacang	Melindungi dari kanker, degenerasi tulang
Asam galat	Teh, manggo, strawberry, soya	Sitotoksik, antioksidan, antileukemia, kanker, antineoplastik, antiinflamasi, dan antidiabetes
Geniatein	semanggi	Fitoestrogen dan antioksidan

Sumber : (Thakur, Singh and Khedkar, 2020)

9.2.3 Fungsi

Fitokimia memiliki fungsi yang begitu besar dalam kehidupan sehari-hari yaitu (Thakur, Singh and Khedkar, 2020) :

3. Substrat untuk reaksi kimia
4. Kofaktor dan inhibitor reaksi enzim
5. Absorben/sequestran yang mengikat dan menghilangkan kandungan yang tidak diinginkan di usus
6. Meningkatkan penyerapan dan/ atau stabilitas nutrisi penting
7. Faktor pertumbuhan untuk bakteri yang menguntungkan
8. Fermentasi substrat untuk bakteri yang menguntungkan

Fungsi fitokimia dalam kehidupan mikroorganisme tidak begitu banyak walaupun begitu, fitokimia memiliki fungsi sebagai (Egbuna *et al.*, 2020) :

- a. Antioksidan dapat mencegah kerusakan oksidatif dari biomolekul penting seperti asam nukleat, protein, dan lemak
- b. Agen antimikroba : antibakteri, anti jamur, anti virus
- c. Stimulasi sistem imun
- d. Modulasi detoksifikasi enzim
- e. Antiinflamasi
- f. Mengurangi agregasi platelet
- g. Aktivitas fisiologis seperti mengganggu pengikatan patogen ke reseptor sel.

9.3 Proses Ekstraksi Fitokimia

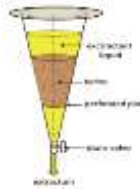
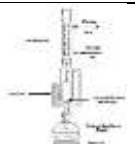
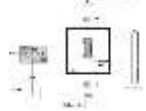
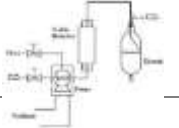
Ekstraksi adalah proses pemisahan senyawa atau komponen bioaktif dari tumbuhan menggunakan pelarut yang sesuai. Senyawa atau komponen aktif yang diperoleh berupa ekstrak cair, semipadat, atau bubuk kering yang digunakan secara oral maupun penggunaan luar. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi kualitas ekstrak berupa ekstrak cair, semipadat, atau bubuk kering yaitu (Thakur, Singh and Khedkar, 2020) :

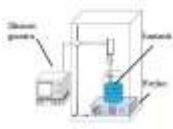
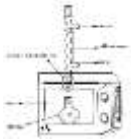
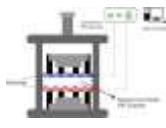
- a. Bagian tanaman yang digunakan untuk ekstraksi
- b. Pelarut yang digunakan
- c. Metoda ekstraksi

9.3.1 Metoda Ekstraksi Tumbuhan

Metoda ekstraksi tumbuhan terbagi menjadi beberapa metoda. Berikut metoda dalam ekstraksi tumbuhan (Zhang, Lin and Ye, 2018) :

Tabel 9.5 : Metoda ekstraksi

Metoda	Pelarut	Suhu	Waktu	Contoh
Maserasi	Air, pelarut berair dan tidak berair	Suhu ruangan	Lama	
Perkolasi	Air, pelarut berair dan tidak berair	Suhu kamar, terkadang panas	Lama	 perkolator
<i>Decoction</i> (rebusan)	air	Panas	Sedang	-
Sokletasi	Pelarut organik	Panas	Lama	
Refluk	Pelarut berair dan non berair	Panas	sedang	
<i>Pressurized liquid extraction</i>	Air, larutan berair dan non berair	Panas	Pendek	
<i>Supercritical fluid extraction</i>	Pelarut modifikasi atau	Mendekati suhu ruangan	Pendek	

Metoda	Pelarut	Suhu	Waktu	Contoh
<i>Ultrasound</i>	pelarut dengan S-CO ₂			
<i>Ultrasound assisted extraction</i>	Pelarut berair dan non berair	Suhu ruangan atau dibawah panas	Pendek	
<i>Microwave assisted extraction</i>	Pelarut berair dan non berair	Suhu ruangan	Pendek	
<i>Pulsed electric field extraction</i>	Pelarut berair dan non berair	Suhu ruangan atau dibawah panas	Pendek	
<i>Hydro distillation and steam distillation</i>	Air	Dibawah panas	Lama	 Destilasi uap

Sumber : (Julianto, 2018 dan Zhang, Lin and Ye, 2018)

9.3.2 Pemilihan Pelarut Untuk Eksraksi Fitokimia

Kualitas ekstraksi fitokimia dapat dipengaruhi dari pelarut yang akan digunakan selama proses ekstraski. Pelarut yang baik dalam proses ekstraksi meliputi toksisitas rendah, mudah menguap pada suhu rendah, dan peningkatan penyerapan ekstrak ((Thakur, Singh and Khedkar, 2020).

Berikut jenis pelarut yang biasa digunakan dalam proses ekstraksi fitokimia :

Tabel 9.6 : Jenis pelarut dalam proses ekstraksi

No	Nama Pelarut	Screening Fitokimia
1	Air	Antosianin, tannin, terpenoid, saponin, polipetida, lectin, pati
2	Methanol	Antosianin, tannin, terpenoid, saponin, polifenol, totarol, lakton, flavone, xanthoxylin
3	Etanol	Poliasetilen, flavonol, sterol, tannin, terpenoid, saponin, polifenol
4	Acetone	Phenol, flavonol
5	Kloroform	Terpenoid, flavonoid
6	Dikloromethanol	Antosianin, tannin, terpenoid, saponin, polipetida
7	Eter	Alkaloid, terpenoid, kumarin, asam lemak

KESIMPULAN

1. Fitokimia adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat dan interaksi senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan.
2. Dalam pengujian fitokimia, yang biasanya digunakan adalah daun, batang, kulit kayu, bunga, akar, dan biji yang memiliki bagian yang keras dengan kandungan jumlah fitokimia yang lebih banyak dari tanaman
3. Fitokimia diklasifikasi menjadi 6 kategori berdasarkan struktur kimia dan karekteristik. Seperti karbohidrat, lipid, fenol, terpenoid dan alkaloid dan senyawa yang mengandung nitrogen.
4. Fitokimia memiliki fungsi sebagai Substrat untuk reaksi kimia, kofaktor dan inhibitor reaksi enzim, Absorben/sequestran yang mengikat dan menghilangkan kandungan yang tidak diinginkan di usus, Meningkatkan penyerapan dan/ atau stabilitas nutrisi penting, Faktor

- pertumbuhan untuk bakteri yang menguntungkan,
Fermentasi substrat untuk bakteri yang menguntungkan
5. Pelarut yang baik harus memiliki toksisitas yang rendah, mudah menguap pada suhu rendah, dan peningkatan penyerapan ekstrak.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, H. 2022. Skrining Fitokimia Dan Uji Aktivitas Antioksidan Cookies Berbasis Tepung Jewawut (Foxtail Millet) Sebagai Pangan Fungsional. 7, p. 6. Available at: http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/12861/2/K21116304_skripsi_05-11-20211-2.pdf.
- Egbuna, C., Mukherjee, M., Ifemeje, J.C., Shah, H. 2020. Introduction to Phytochemistry, The Constituents of Medicinal Plants. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781003117964-1>
- Huang, Y., Xiao, D., Burton, B.M., dan Edirisinghe, I. 2016. *Chemical Changes of Bioactive Phytochemicals during Thermal Processing, Reference Module in Food Science*. Elsevier. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03055-9>.
- Julianto, T.S. 2018. *Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia, Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Sari, D. and Nasuha A. 2021. Kandungan Zat Gizi, Fitokimia, dan Aktivitas Farmakologis pada Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.): Review. *Tropical Bioscience: Journal of Biological Science*, 1(2), pp. 11–18. Available at: <http://jurnal.uinbanten.ac.id/index.php/tropicalbiosci/article/view/5246>.
- Thakur, M., Singh, K. and Khedkar, R. 2020. *Phytochemicals, Functional and Preservative Properties of Phytochemicals*. Elsevier Inc. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818593-3.00011-7>.
- Zhang, Q.W., Lin, L.G. and Ye, W.C. 2018. 'Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review', *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 13(1), pp. 1–26.

BAB 10

PENGENDALIAN ASUPAN GIZI

Oleh Irlina R. Irawan

10.1 Pendahuluan

Keadaan gizi sangat dipengaruhi oleh pola makan. Asupan gizi yang optimal diperlukan untuk mencapai pertumbuhan dan perkembangan fisik serta kecerdasan pada berbagai tingkat kelompok umur. Kondisi gizi yang baik dapat menyebabkan berat badan normal, tubuh tidak mudah terkena penyakit, produktivitas meningkat serta terlindung dari penyakit kronis yang menyebabkan kematian dini, sebaliknya kesehatan yang buruk, meningkatnya risiko penyakit infeksi dan penyakit tidak menular dapat disebabkan oleh kondisi gizi yang tidak optimal.

Kondisi kelebihan gizi berkaitan dengan munculnya risiko penyakit tidak menular. Dari data Riset Kesehatan Dasar tahun 2013, diketahui bahwa kejadian obesitas terjadi pada 19,7% laki-laki dan 32,9% wanita di Indonesia (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2013) dan pada tahun 2020, data WHO menyebutkan bahwa sebanyak 38,9 juta balita mengalami kelebihan berat badan (*World Health Organization*, 2021). Beberapa hal yang dapat menyebabkan terjadinya kelebihan gizi antara lain adalah karena berlebihnya asupan makanan dan minuman tinggi energi, kaya lemak jenuh, gula dan garam; selain itu juga karena kurangnya asupan pangan bergizi seperti sayur, buah dan sereal utuh, serta kurang melakukan aktivitas fisik.



Gambar 10.1 : Beragam Bahan Makanan

(Sumber :

<https://previews.123rf.com/images/belchonock/belchonock2102/belchonock210205704/163543849-food-pie-chart-on-white-background-healthy-balanced-diet.jpg>)



Gambar 10.2 : Beragam Garam Dan Gula

(Sumber : <https://www.istockphoto.com/id/foto/garam-dan-gula-xxl-gm183429824-15629542>)

10.2 Asupan Gizi

Konsumsi makanan dan minuman merupakan sumber utama asupan gizi seseorang. Di Indonesia, Standar Asupan Gizi bagi masyarakat yang berlaku adalah sesuai yang tercantum dalam Permenkes Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia. Di dalamnya tercantum kebutuhan rata-rata zat gizi tertentu bagi hampir semua orang yang harus dipenuhi setiap hari untuk mendapatkan kondisi gizi yang optimal serta hidup sehat berdasarkan karakteristik individu yaitu usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, dan kondisi fisiologis (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019).

10.2.1 Penilaian Asupan Gizi

Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*, 2018), penilaian asupan gizi yang dilakukan secara langsung kepada individu dilakukan berdasarkan tiga metode yaitu:

1. Secara retrospective, mengumpulkan informasi berbagai jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi oleh individu. Diantaranya adalah:
 - a. *Dietary history*.
 - b. *Recall* 24 jam.
 - c. *Food frequency questionnaire* (FFQ).
2. Inovasi Teknologi, yang bertujuan untuk mengatasi keterbatasan metode kertas dan pena dalam mendapatkan informasi diet yang lebih akurat dan dapat diandalkan.
 - a. *Personal Digital Assistant* (PDA).
 - b. Metode penilaian asupan gizi dengan bantuan gambar (*image-assisted dietary assessment methods*).
 - c. Teknologi berbasis seluler.
 - d. Komputer interaktif dan teknologi berbasis web.
 - e. Teknologi berbasis pindai dan sensor.

3. Secara prospektif, semua makanan dan minuman yang dikonsumsi, dicatat pada saat dikonsumsi, sehingga memungkinkan untuk mencatat asupan makanan saat ini.
 - a. Pencatatan perkiraan konsumsi makanan (*estimated food records*).
 - b. Pencatatan konsumsi berdasarkan penimbangan (*weighed food records*).
 - c. Duplikasi model diet.

10.2.2 Kecukupan Gizi

Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang digunakan di Indonesia ditetapkan melalui Kongres Widya Nasional Pangan dan Gizi (WKNPG). Berdasarkan Tabel Angka Kecukupan Gizi, diketahui bahwa bagi penduduk Indonesia rata-rata kecukupan energi adalah sebesar 2100 Kkal dan protein sebesar 57 gram per orang per hari (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019).

Beberapa kegiatan yang menggunakan tabel Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan sebagai dasar, yaitu:

- a. Melakukan penghitungan kecukupan gizi masyarakat wilayah tertentu;
- b. Penyusunan panduan konsumsi bahan pangan;
- c. Melakukan penilaian konsumsi bahan pangan masyarakat menurut karakteristik yang ditentukan;
- d. Melakukan penghitungan kebutuhan bahan makanan saat menyelenggarakan makanan institusi;
- e. Melakukan penghitungan kebutuhan makanan bergizi untuk kondisi darurat/ bencana;
- f. Melakukan penetapan Acuan Label Gizi (ALG);
- g. Melakukan pengembangan indeks mutu konsumsi bahan makanan;
- h. Melakukan pengembangan produk makanan olahan;
- i. Melakukan penentuan batas garis kemiskinan;

- j. Melakukan penentuan besaran biaya minimal untuk makanan bergizi dalam program jaminan sosial pangan;
- k. Melakukan penentuan batas upah minimum; dan
- l. kebutuhan lainnya.

Tabel 10.1 : Angka Kecukupan Energi, Protein, Lemak, Karbohidrat, Serat, dan Air yang dianjurkan (per orang per hari)

Kelompok Umur	Berat badan (kg)	Tinggi/panjang badan (cm)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)			Karbohidrat (g)	Serat (g)	Air (ml)
					Total	Omega 3	Omega 6			
Bayi /Anak										
0 – 5 bln	6	60	550	9	31	0,5	4,4	59	0	700
6 – 11 bln	9	72	800	15	35	0,5	4,4	105	11	900
1 – 3 thn	13	92	1350	20	45	0,7	7	215	19	1150
4 – 6 thn	19	113	1400	25	50	0,9	10	220	20	1450
7 – 9 thn	27	130	1650	40	55	0,9	10	250	23	1650
Laki-laki										
10 – 12 thn	36	145	2000	50	65	1,2	12	300	28	1850
13 – 15 thn	50	163	2400	70	80	1,6	16	350	34	2100
16 – 18 thn	60	168	2650	75	85	1,6	16	400	37	2300
19 – 29 thn	60	168	2650	65	75	1,6	17	430	37	2500
30 – 49 thn	60	166	2550	65	70	1,6	17	415	36	2500
50 – 64 thn	60	166	2150	65	60	1,6	14	340	30	2500

Kelompok Umur	Berat badan (kg)	Tinggi/panjang badan (cm)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)			Karbohidrat (g)	Serat (g)	Air (ml)
					Total	Omega 3	Omega 6			
65 – 80 thn	58	164	1800	64	50	1,6	14	275	25	1800
80+ thn	58	164	1600	64	45	1,6	14	235	22	1600
Perempuan										
10 – 12 thn	38	147	1900	55	65	1	10	280	27	1850
13 – 15 thn	48	156	2050	65	70	1,1	11	300	29	2100
16 – 18 thn	52	159	2100	65	70	1,1	11	300	29	2150
19 – 29 thn	55	159	2250	60	65	1,1	12	360	32	2350
30 – 49 thn	56	158	2150	60	60	1,1	12	340	30	2350
50 – 64 thn	56	158	1800	60	50	1,1	11	280	25	2350
65 – 80 thn	53	157	1550	58	45	1,1	11	230	22	1550
80+ thn	53	157	1400	58	40	1,1	11	200	20	1400
Hamil (tambahan)										
Trimester 1			+180	+1	+2,3	+0,3	+2	+25	+3	+300
Trimester 2			+300	+10	+2,3	+0,3	+2	+40	+4	+300
Trimester 3			+300	+30	+2,3	+0,3	+2	+40	+4	+300

Kelompok Umur	Berat badan (kg)	Tinggi/ panjang badan (cm)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)			Karbohi drat (g)	Serat (g)	Air (ml)
					Total	Omega 3	Omega 6			
Menyusui (tambahan)										
6 bln pertama			+330	+20	+2,2	+0,2	+2	+45	+5	+800
6 bln kedua			+400	+15	+2,2	+0,2	+2	+55	+6	+650

10.2.3 Kebutuhan Gizi

Banyak faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kebutuhan zat gizi. Setiap individu memiliki kebutuhan gizi yang berbeda sesuai dengan kondisi tubuhnya saat itu. Hal yang perlu diperhatikan saat melakukan perhitungan kebutuhan gizi seseorang adalah sebagai berikut (Yosephin, 2018):

- Pertumbuhan
- Umur
- Jenis kegiatan yang dilakukan secara fisik
- Ukuran tubuh berdasarkan berat badan dan tinggi badan yang berguna untuk menghitung kebutuhan energi
- Kondisi sakit dan penyembuhan
- Keadaan fisiologis khusus, seperti Kehamilan, untuk mempertahankan serta meningkatkan kondisi kesehatan diri dan janin yang dikandungnya, wanita hamil perlu mendapatkan tambahan energi termasuk tambahan zat besi.

Menyusui, pada kondisi ini seorang ibu perlu mendapatkan tambahan zat gizi untuk mengoptimalkan produksi ASI sebagai makanan utama pada bayi.

Umumnya perhitungan kebutuhan energi individu menggunakan Energi Metabolisme Basal (EMB), koreksi faktor tidur, serta faktor jumlah energi yang digunakan untuk mencerna makanan dalam tubuh atau SDA (*Spesific Dynamic Action*) serta mempertimbangkan Angka Kecukupan Gizi (AKG) (Murphy, Yaktine and Sutor, 2011).

Aktivitas fisik memiliki pengaruh yang besar terhadap kebutuhan gizi masing-masing individu. Pada Tabel 10.2 dapat dilihat besaran energi yang dikeluarkan untuk setiap jenis aktivitas fisik.

Tabel 10.2 : Besaran Jumlah Energi Yang Dikeluarkan Untuk Berbagai Jenis Kegiatan

No.	Jenis Kegiatan	Kalori/Kg BB/ Jam
1	Berbaring	0.1
2	Makan	0.4
3	Membaca dengan suara keras	0.4
4	Menjahit dengan tangan	0.4
5	Menjahit dengan mesin	0.4
6	Menulis	0.4
7	Duduk	0.4
8	Berdiri dengan rileks	0.5
9	Mengupas kentang	0.6
10	Berdiri siaga	0.6
11	Memakai dan membuka pakaian	0.7
12	Merajut	0.7
13	Menjahit dengan mesin kaki	0.7
14	Mengemudi	0.9
15	Menjahit	0.9
16	Mencuci	1.0
17	Mengepel	1.2
18	Tidur	1.2
19	Mencuci (dengan mesin)	1.3
20	Menyapu dengan sapu	1.4
21	Menyapu dengan alat penghisap debu ukuran kecil	1.6
22	Belajar, membaca, menulis	1.8
23	Mengetik cepat	2.0
24	Berjalan (4 km/jam)	2.0
25	Jalan santai mendatar	2.0
26	Bersepeda santai (kecepatan sedang)	2.5
27	Memasak, menyiapkan makanan	2.5

No.	Jenis Kegiatan	Kalori/Kg BB/ Jam
28	Menyapu dengan penghisap debu ukuran besar	2.7
29	Menari (irama sedang)	3.0
30	Senam aerobik ringan	3.0
31	Berjalan cepat (6 km/jam)	3.4
32	Kecepatan sedang mendatar	3.5
33	Menari (irama cepat)	3.8
34	Mengecat rumah	4.0
35	Jalan cepat mendatar	4.0
36	Bersepeda santai	4.0
37	Olahraga ping-pong	4.4
38	Jalan sangat cepat mendatar	4.5
39	Golf	4.5
40	Berkebun	5.0
41	Senam aerobik sedang	5.0
42	Papan luncur	5.0
43	Mencangkul	6.0
44	Kecepatan sedang mendaki	6.0
45	Bersepeda kecepatan ringan (perlombaan)	6.0
46	Tenis lapangan ganda	6.0
47	Berlari	7.0
48	Lari santai (jogging)	7.0
49	Sepatu roda	7.0
50	Sepakbola	7.0
51	Bersepeda santai (kecepatan tinggi)	7.6
52	Berenang (3 km/jam)	7.9
53	Lari 8 km per jam	8.0
54	Bersepeda kecepatan sedang (perlombaan)	8.0

No.	Jenis Kegiatan	Kalori/Kg BB/ Jam
55	Senam aerobik berat	8.0
56	Berenang	8.0
57	Tenis lapangan tunggal	8.0
58	Sepeda gunung	8.5
59	Berjalan (8,5 km/jam)	9.3
60	Lari 9,6 km per jam	10.0
61	Lari 11,2 km per jam	11.5
62	Balapan sepeda	12.0
63	Lari 12,8 km per jam	13.5
64	Lari 14,4 km per jam	15.0
65	Lari 16 km per jam	16.0
66	Bersepeda kecepatan tinggi (perlombaan)	100

Sumber:(Yosephin, 2018)

Asupan gizi yang melebihi batas anjuran kemungkinan akan menimbulkan resiko tersendiri. Batas atas keamanan asupan adalah tingkat tertinggi jumlah asupan dengan efek buruk terhadap kesehatan yang seminimal mungkin, meskipun tidak ada informasi yang menunjukkan respons dosis antara asupan zat gizi dan risiko kesehatan tertentu, tetapi dapat dikatakan bahwa konsumsi zat gizi dibawah batas atas anjuran akan menurunkan risiko terhadap terjadinya kelebihan asupan gizi (Roman-Viñas and Serra-Majem, 2019).

Data asupan gizi seseorang harus diketahui sebelumnya unuk dapat menentukan proporsi kelompok yang asupannya lebih rendah dari yang dianjurkan (Carriquiry and Caman, 2006). Untuk menilai kemungkinan terjadinya konsumsi zat gizi yang berlebihan, maka seluruh sumber konsumsi zat gizi tersebut harus dicatat untuk dilakukan evaluasi, baik dari sumber bahan makanan langsung maupun berasal dari suplemen, fortifikasi, obat, dan

sebagainya. Termasuk mengikutsertakan sumber-sumber tersebut saat menghitung kebutuhan gizi (Román-Viñas *et al.*, 2009).

10.3 Permasalahan Asupan Gizi

Masalah kesehatan yang serius, meliputi gangguan pertumbuhan, masalah pada mata, diabetes mellitus dan penyakit jantung merupakan dampak yang terjadi akibat dari malnutrisi atau masalah gizi yang mengacu pada kekurangan atau kelebihan zat gizi tertentu. Masalah gizi berdampak pada jutaan orang di dunia, bahkan sebagian populasi memiliki risiko yang lebih tinggi untuk terjadi masalah gizi tertentu karena pengaruh lingkungan, gaya hidup, dan kemampuan mereka (World Health Organization, 2020), bukan hanya zat gizi makro tetapi kekurangan zat gizi mikro seperti vitamin dan mineral (zat besi, yodium, seng, dan vitamin A) juga terjadi pada orang yang mengalami kekurangan gizi (Ahmed, Hossain and Sanin, 2012).

10.3.1 Kekurangan Asupan Gizi (Kurang Gizi)

Kurang gizi biasanya diakibatkan ketidakcukupan asupan gizi dalam pola konsumsi sehari-hari. Kekurangan gizi dapat menyebabkan (Morley, 2021):

- Berat tubuh mengalami penurunan
- Hilangnya lemak dan massa otot
- Pipi dan mata menjadi cekung
- Perut kembung
- Rambut dan kulit kering
- Luka menjadi lebih lama untuk sembuh
- Sering mengalami kelelahan
- Sulit konsentrasi
- Lekas marah
- Depresi dan kecemasan

Orang yang mengalami masalah kurang gizi dapat memiliki satu atau beberapa gejala ini. Beberapa jenis masalah gizi kurang memiliki ciri khas seperti:

- *Kwashiorkor*, terjadinya penumpukan cairan dan perut yang menonjol akibat kekurangan protein parah.
- *Marasmus*, kekurangan kalori yang parah, menyebabkan masalah *wasting* serta hilangnya lemak dan massa otot yang signifikan (Morley, 2021).
- Defisiensi Vitamin A: Rabun senja, mata kering, risiko infeksi meningkat (NIH, 2022c).
- Defisiensi Seng: Diare, nafsu makan menghilang, terhambatnya pertumbuhan, luka sembuh lebih lama, kerontokan rambut (NIH, 2022d).
- Defisiensi Zat Besi (Anemia besi): Pendarahan, masalah perut, fungsi otak terganggu, gangguan pengaturan suhu pada tubuh (NIH, 2022b).
- Defisiensi Yodium: Pertumbuhan dan perkembangan terganggu, terjadi pembesaran kelenjar tiroid (gondok), produksi hormon tiroid menurun (NIH, 2022a).

Kekurangan gizi menyebabkan sekitar 45% kematian pada balita yang terjadi di negara-negara yang termasuk negara ekonomi rendah dan menengah, di sisi lain, terjadi peningkatan jumlah balita dan anak-anak yang mengalami kelebihan berat badan dan obesitas di negara-negara yang sama (World Health Organization, 2021).

10.3.2 Kelebihan Asupan Gizi (Gizi Lebih)

Ketika asupan seorang individu berada di atas angka yang dianjurkan, maka kemungkinan individu tersebut berisiko mengalami masalah kesehatan (Roman-Viñas and Serra-Majem, 2019). Umumnya, kelebihan gizi disebabkan oleh makan berlebihan, menyebabkan obesitas dan gangguan kesehatan lainnya yang terkait dengan obesitas. Kelebihan gizi spesifik adalah

khusus untuk satu vitamin atau mineral, dan tergantung pada apa yang berlebihan, mungkin ada konsekuensi kesehatan yang berbeda (Safeopedia, 2017).

Saat ini obesitas diklasifikasikan menurut Indeks Massa Tubuh (IMT) meskipun obesitas didefinisikan sebagai $IMT > 30$, tetapi risiko kesehatan terkait peningkatan berat badan meningkat secara progresif ketika IMT melebihi 25. Obesitas juga terkait dengan gangguan makan, dimana sindrom makan malam didefinisikan sebagai lebih dari 50% dari total asupan makanan harian diperoleh pada malam hari dan berhubungan dengan kelainan sistem serotonin, depresi dan sering terkait dengan sindrom apnea tidur (*sleep apnea*) (Svacina, 2008).

Perubahan fungsional dan faktor risiko yang berhubungan dengan kelebihan gizi kronis:

- Produksi lemak, steatosis hati, otot dan pankreas.
- Sekresi berlebihan dari hormon sel lemak asam lemak dan sitokin.
- Resistensi insulin.
- Kegemukan.
- Sindrom metabolik, termasuk diabetes tipe 2,
- hipertensi, hiperlipidemia, dll.
- Gangguan koagulasi dan fibrinolisis.
- Kemandulan dan gangguan hormonal.
- Sindrom apnea tidur (*sleep apnea*).
- Kegagalan pernapasan.
- Gangguan regenerasi dan penyembuhan luka.
- Infeksi.
- Aterosklerosis, disfungsi endotel.
- Stres oksidatif.
- Tumor terkait obesitas.

10.4 Mengendalikan Asupan Gizi

Pemerintah Republik Indonesia telah menerbitkan berbagai peraturan terkait dengan pengendalian asupan gizi, antara lain Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014, Peraturan Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Nasional Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2017, dan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2016.

10.4.1 Konsumsi Gizi Seimbang

Salah satu upaya pengendalian asupan gizi di masyarakat maupun individu adalah dengan menerapkan pola konsumsi gizi seimbang. Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Kesehatan telah menerbitkan pedoman gizi seimbang yang memuat panduan untuk mengonsumsi makanan dalam kehidupan harian dan perilaku hidup sehat mengikuti prinsip konsumsi beragam bahan makanan, perilaku hidup bersih sehat, melakukan aktivitas fisik, dan rutin melakukan pemantauan berat badan untuk individu.

Prinsip 4 Sehat 5 Sempurna merupakan dasar yang dikembangkan untuk pedoman gizi seimbang yaitu dengan menyeimbangkan antara gizi yang dimasukkan dan dikeluarkan dari tubuh, mulai dari konsumsi beragam makanan hingga pemantauan berat badan dan penerapan pola hidup sehat seperti aktivitas fisik dan mencuci tangan.



Gambar 10.3 : Tumpeng Gizi Seimbang
(Sumber : (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2014))

Penerapan tumpeng gizi seimbang ke dalam pola konsumsi individu sehari-hari juga dimuat dalam Pedoman Gizi Seimbang dari Kementerian Kesehatan. Anjuran pola konsumsi harian individu disebut **Piring Makanku** untuk sajian sekali makan (Gambar 10.4).



Gambar 10.4 : Piring Makanku

(Sumber : (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2014))

Anjuran ini memuat pola makan dengan keragaman bahan makanan sumber zat gizi yang terdiri dari makanan pokok, lauk-pauk, buah-buahan, sayuran, minuman (air putih) dengan pembatasan konsumsi gula, garam dan minyak serta penerapan kebiasaan mencuci tangan sebelum makan. Dalam piring makanku juga terlihat adanya perbandingan komposisi bahan makanan yang dikonsumsi dalam sajian sekali makan dimana komposisi makanan pokok sama banyak dengan sayuran dan komposisi lauk-pauk seimbang dengan buah-buahan.

10.4.2 Membaca Label Gizi

Memahami kandungan gizi pada makanan sangat diperlukan terutama pada individu yang sedang menjalani pembatasan terkait pola konsumsi suatu jenis zat gizi. Pada pangan olahan harus tercantum Informasi Nilai Gizi yang merupakan persentase AKG yang dihitung menggunakan Acuan Label Gizi (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019).

Acuan Label Gizi atau ALG sendiri adalah acuan yang digunakan untuk mencantumkan keterangan kandungan gizi pada produk pangan yang dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan disertakan pada pangan, atau kemasan pangan (dimasukkan, ditempelkan, atau merupakan bagian dari kemasannya).

Informasi Nilai Gizi (ING) yang disertakan dalam setiap kemasan pangan olahan sangat bermanfaat seperti untuk orang yang membutuhkan pengaturan asupan zat gizi dan orang yang sedang membatasi asupan kalori atau zat gizi tertentu setiap hari.

Takaran Saji, menampilkan informasi jumlah produk makanan dalam setiap penyajian. Jika konsumsi produk tersebut melebihi ukuran saji yang tercantum, dapat dikatakan bahwa asupan zat gizi yang berkontribusi tentunya akan lebih tinggi sesuai jumlah yang dikonsumsi.

AKG (Angka Kecukupan Gizi), memberikan informasi mengenai kontribusi zat gizi yang ada di dalam satu porsi makanan dibandingkan dengan kebutuhan harian. Misalnya ketika %AKG suatu zat gizi menunjukkan nilai 10%, berarti kebutuhan zat gizi telah memenuhi 10% dari anjuran ketika seseorang mengonsumsi sesuai dengan takarannya.

Dalam Informasi Nilai Gizi, selain takaran saji dan AKG (Angka Kecukupan Gizi), juga tercantum kandungan Lemak Total (*Total Fat*), Gula (*Sugar*), Natrium (*Sodium*), dan zat gizi lainnya yang merupakan kandungan untuk satu kali penyajian.

10.4.3 Gerakan Masyarakat Hidup Sehat (GERMAS)

Pada tahun 2020, secara global diperkirakan terdapat 149 juta balita mengalami *stunting* (terlalu pendek menurut usia), 45 juta balita diperkirakan kurus (terlalu kurus menurut tinggi atau panjang badan), dan 38,9 juta balita mengalami kelebihan berat badan atau obesitas sedangkan sebanyak 1,9 miliar orang dewasa memiliki berat badan yang berlebih bahkan obesitas, sementara 462 juta lainnya memiliki berat badan yang kurang (World Health

Organization, 2021). Untuk mendapatkan kesehatan yang optimal tentu saja diperlukan penerapan asupan gizi yang seimbang dan perilaku hidup sehat.

Di Indonesia, pada tahun 2017, pemerintah menerbitkan peraturan dan pedoman terkait Pelaksanaan Gerakan Masyarakat Hidup Sehat (GERMAS) sebagai dukungan terhadap kesadaran untuk masyarakat menerapkan pola hidup yang sehat.



Gambar 10.5 : Keuntungan GERMAS

(Sumber : (Direktorat Promosi Kesehatan dan Pemberdayaan Masyarakat
Kementerian Kesehatan RI, 2017))

Dalam melaksanakan Gerakan Masyarakat Hidup Sehat, terdapat 7 langkah penting yang menjadi bagian dari budaya pola hidup sehat di masyarakat yang berguna untuk menurunkan risiko masalah kesehatan masyarakat (Direktorat Promosi Kesehatan dan Pemberdayaan Masyarakat Kementerian Kesehatan RI, 2017).

1. Melakukan Aktivitas Fisik. Dapat dilakukan dengan berbagai cara, baik itu dalam rangka melakukan pekerjaan maupun berolah raga.

2. Makan Buah dan Sayur. Kampanye makan buah dan sayur memberikan informasi betapa besarnya manfaat yang diperoleh dari kebiasaan setiap hari mengonsumsi buah dan sayur karena kandungan gizi yang sangat banyak dalam buah dan sayur.
3. Tidak Merokok. Salah satu gerakan hidup sehat yang manfaatnya dapat dirasakan langsung oleh individu maupun lingkungan sekitar adalah dengan berhenti merokok.
4. Tidak Mengonsumsi Minuman Beralkohol. Selain berhenti merokok, menghentikan kebiasaan mengonsumsi minuman beralkohol memiliki efek bukan hanya pada individu tetapi juga pada orang – orang di sekitarnya.
5. Melakukan Cek Kesehatan Berkala. Jika cek kesehatan dilakukan secara rutin, seseorang akan mendapatkan berbagai manfaat termasuk mencegah masalah kesehatan yang lebih buruk karena dapat mendeteksi secara dini masalah kesehatan yang mungkin ada.
6. Menjaga Kebersihan Lingkungan. Salah satunya menjaga kebersihan lingkungan dalam skala kecil seperti tingkat rumah tangga dengan pengelolaan sampah.
7. Menggunakan Jamban. Masalah sanitasi merupakan hal penting dari kesehatan diri dan lingkungan. Penggunaan jamban sebagai sarana pembuangan kotoran merupakan perwujudan dari kebiasaan hidup sehat di masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, T., Hossain, M. and Sanin, K. I. 2012. 'Global burden of maternal and child undernutrition and micronutrient deficiencies', *Annals of Nutrition and Metabolism*, 61(suppl 1), pp. 8–17. doi: 10.1159/000345165.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, K. K. 2013. *Riset Kesehatan Dasar 2013*.
- Carriquiry, A. L. and Caman, G. 2006. 'Understanding Tolerable Upper Intake Levels', *The Journal of Nutrition*, 22, pp. 507–513.
- Direktorat Promosi Kesehatan dan Pemberdayaan Masyarakat Kementerian Kesehatan RI. 2017. GERMAS - Gerakan Masyarakat Hidup Sehat, *Kementrian Kesehatan RI*. Available at: <https://promkes.kemkes.go.id/germas>.
- Food and Agriculture Organization. 2018. *Dietary Assessment, Dietary assessment a resource guide to method selection and application in low resource settings*. doi: 10.1201/9781003210368-2.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2014. *PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 41 TAHUN 2014 TENTANG PEDOMAN GIZI SEIMBANG*. Indonesia: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. doi: 10.1038/132817a0.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2019. *PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 28 TAHUN 2019 TENTANG ANGKA KECUKUPAN GIZI YANG DIANJURKAN UNTUK MASYARAKAT INDONESIA*, *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*. Indonesia.
- Morley, J. E. 2021. *Undernutrition, Merck Manual*. Available at: <https://www.merckmanuals.com/home/disorders-of-nutrition/undernutrition/undernutrition#> (Accessed: 22 September 2022).

- Murphy, S. P., Yaktine, A. L. and Sutor, C. W. 2011. *Child and Adult Care Food Program, Child and Adult Care Food Program*. doi: 10.17226/12959.
- NIH. 2022a. *Iodine: Fact Sheet for Health Professionals, National Institutes Of Health*. Available at: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iodine-HealthProfessional/> (Accessed: 20 September 2022).
- NIH. 2022b. *Iron: Fact Sheet for Health Professionals, National Institutes Of Health*. Available at: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Iron-HealthProfessional/> (Accessed: 20 September 2022).
- NIH. 2022c. *Vitamin A and Carotenoids: Fact Sheet for Health Professionals, National Institute Of Health*. Available at: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminA-HealthProfessional/> (Accessed: 20 September 2022).
- NIH. 2022d. *Zinc: Fact Sheet for Health Professionals, National Institutes Of Health*. Available at: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Zinc-HealthProfessional/> (Accessed: 20 September 2022).
- Román-Viñas, B. *et al.* 2009. 'Overview of methods used to evaluate the adequacy of nutrient intakes for individuals and populations', *British Journal of Nutrition*, 101(SUPPL. 2), pp. 6–11. doi: 10.1017/S0007114509990535.
- Roman-Viñas, B. and Serra-Majem, L. 2019. 'Nutritional adequacy assessment', *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, 2, pp. 236–242. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22037-4.
- Safeopedia. 2017. *Overnutrition, Safeopedia*. Available at: <https://www.safeopedia.com/definition/2839/overnutriti> on (Accessed: 2 September 2022).
- Svacina, S. 2008. 'Basic concepts in nutrition: Overnutrition - Functional and clinical consequences', *e-SPEN*, 3(4). doi: 10.1016/j.eclnm.2008.04.005.

- World Health Organization. 2020. *Q&A: Malnutrition, World Health Organization*. Available at: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/malnutrition> (Accessed: 15 September 2022).
- World Health Organization. 2021. *Malnutrition, World Health Organization*. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition> (Accessed: 20 March 2022).
- Yosephin, B. 2018. *Tuntunan Praktis Menghitung Kebutuhan Gizi, Perpustakaan Tenas Effendy Kota Pekanbaru*. Available at: <http://repository.poltekkesbengkulu.ac.id/330/%0Ahttps://pustaka.pekanbaru.go.id/inlislite3/opac/detail-opac?id=28395>.

BAB 11

GIZI LEBIH

Oleh Sumarni

11.1 Pendahuluan

Gizi lebih merupakan kondisi status gizi berlebih yang diakibatkan oleh kurangnya penggunaan energi dibanding asupan nutrisi atau karena asupan nutrisi yang masuk lebih besar dibanding kebutuhan nutrisi tubuh. Kelebihan asupan zat gizi terutama karbohidrat dan lemak akan disimpan menjadi lemak tubuh. Gizi lebih dapat berupa kegemukan dan obesitas.

Dewasa ini obesitas menjadi masalah kesehatan di seluruh dunia yang harus segera ditangani (The GBD 2015 Obesity Collaborators, 2017). Obesitas terjadi pada semua kelompok umur dan pada semua strata sosial ekonomi. Prevalensi obesitas anak, remaja dan dewasa mengalami peningkatan baik di negara maju maupun negara berkembang (Taylor dkk., 2016).

11.2 Penyebab dan Faktor Risiko Gizi Lebih

Obesitas terjadi sebagai akibat interaksi yang kompleks antara faktor genetik dan lingkungan. Dalam keluarga terdapat kontribusi genetik terhadap obesitas juga pengaruh gizi dan lingkungan. Sekitar 30-50% adipositas berasal dari faktor yang diwariskan dan telah diidentifikasi delapan belas gen yang terkait dengan obesitas (Castro and Bastos, 2015). Beberapa cacat gen tunggal termasuk leptin, reseptor leptin, proopiomelanocortin, prohormone convertase 1, reseptor melanocortin (MCR) 3 dan 4, faktor transkripsi single-minded 1 (SIM-1) dan sindrom spesifik seperti osteodistrophy hereditas, Prader-Willi berhubungan dengan obesitas (Hand and Blair, 2014). Semua pasien obesitas

akibat sindrom tertentu dapat memiliki fitur dysmorphic spesifik dan menunjukkan keterlambatan perkembangan neurokognitif. Hipotiroidisme, defisiensi hormon pertumbuhan, sindrom Cushing dan disfungsi hipotalamus yang disebabkan oleh tumor intrakranial adalah juga dapat menyebabkan obesitas (Hand and Blair, 2014)

Paparan lingkungan selama masa kehamilan dan awal pasca kelahiran dapat menyebabkan obesitas akibat pemrograman metabolik janin melalui perubahan ekspresi gen melalui modifikasi epigenetik. Berat ibu sebelum hamil dan penambahan berat badan selama kehamilan berhubungan langsung dengan berat lahir anak dan atau berat badan selama masa kanak-kanak (Lau *et al.*, 2014).

Beberapa penelitian memperlihatkan pemberian ASI eksklusif dalam 4-6 bulan pertama kehidupan memiliki peran protektif dalam perkembangan obesitas anak usia dini (Zong, Li and Zhang, 2015). *Rebound adipositas* dini sebelum usia 5 tahun telah terbukti berisiko meningkatkan BMI dan indeks massa lemak pada usia 15 tahun (Hughes *et al.*, 2014).

Seiring bertambahnya usia, ketidakseimbangan antara asupan energi dan pengeluaran energi menjadi hal yang berperan dalam penambahan berat badan. Pola makan seperti makan makanan olahan rendah kalori, makan dengan porsi besar, makan terburu-buru, makanan cepat saji, konsumsi minuman bergula tinggi, tidak sarapan, kurang konsumsi buah dan sayuran merupakan faktor yang terkait dengan obesitas. Selain itu, aktivitas fisik yang rendah dan perilaku *sedentary* seperti bermain video game, menonton TV juga memiliki hubungan kuat dengan perkembangan obesitas (Brown *et al.*, 2015).

11.3 Penilaian Status Gizi Lebih

Penilaian status gizi lebih pada anak-anak biasanya ditentukan dengan perhitungan indeks massa tubuh (IMT). Nilai IMT kemudian diplot pada grafik pertumbuhan sesuai usia dan jenis kelamin. Meskipun IMT dianggap sebagai pengukuran terbaik saat ini untuk menilai obesitas pada anak-anak, IMT memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, IMT bukan ukuran langsung untuk menilai kelebihan lemak dalam tubuh. Kedua, IMT tidak tepat menentukan derajat kelebihan berat badan, terutama pada anak-anak berpostur tinggi. Terlepas dari keterbatasan ini dan mengingat bahwa tidak ada pengukuran yang lebih dapat diandalkan atau diakses dalam pengaturan klinis, IMT adalah standar alat diagnostik untuk menilai obesitas dan kelebihan berat badan pada anak dan remaja. Karena IMT anak-anak bervariasi sesuai usia, definisi tunggal tidak dapat digunakan (Makkes *et al.*, 2016).

Pengukuran penilaian lemak tubuh dengan menggunakan *bioelectrical impedance analysis* (BIA) maupun Dual energi *X-ray absorptiometry* (DEXA) dapat menilai lebih tepat namun lebih kompleks dan bukan merupakan pemeriksaan rutin. Pengukuran lingkaran pinggang, rasio pinggang pinggul dan ketebalan lipatan kulit ketebalan dapat pula digunakan menilai lemak tubuh (Behl and Misra, 2017).

Kriteria penentuan kegemukan dan obesitas pada anak dan remaja di Indonesia ditentukan berdasarkan IMT berdasarkan usia yaitu kegemukan bila kelebihan berat badan dengan ambang batas $IMT/U > 1$ standar deviasi sampai dengan 2 standar deviasi, lebih dari 2 standar deviasi dikatakan obesitas (Direktorat Jenderal Bina Gizi dan Kesehatan Ibu dan Anak, 2011). Perhimpunan ahli endokrin memberikan rekomendasi klasifikasi obesitas pada anak seperti pada tabel di bawah.

Tabel 11.1 : *Klasifikasi kegemukan dan obesitas pada anak (Styne et al., 2017)*

Gemuk	IMT $\geq$ persentil 85 dan $<$ percentile 95 sesuai umur dan jenis kelamin
Obesitas	
Tingkat I	IMT $\geq$ persentil 95 sesuai umur dan jenis kelamin
Obesitas Berat	
Tingkat II	IMT $\geq$ 120% persentil 95 sesuai umur dan jenis kelamin atau $\geq 35 \text{ Kg/m}^2$
Tingkat III	IMT $\geq$ 140% persentil 95 sesuai umur dan jenis kelamin atau $\geq 40 \text{ Kg/m}^2$

Sedang untuk penilaian status gizi pada dewasa dapat dilihat pada tabel 11.2 dan tabel 11.3 di bawah.

Tabel 11.2 : *Klasifikasi obesitas (IMT) menurut WHO*

Berat badan kurang	IMT $< 18,5$
Normal	IMT 18,5 - 24,9
Berat badan lebih	IMT ≥ 25
Pre-obese	IMT 25 – 29,9
Obesitas Tingkat 1	IMT 30 – 34,9
Obesitas Tingkat 2	IMT 35 – 39,9
Obesitas Tingkat 3	IMT 40

Tabel 11.3 : *Klasifikasi obesitas (IMT) menurut Asia Pasifik*

Berat badan kurang	IMT $< 18,5$
Normal	IMT 18,5 - 22,9
Berat badan lebih	IMT > 23
Berisiko obese	IMT 23 – 24,9
Obesitas Tingkat 1	IMT 25 – 29,9
Obesitas Tingkat 2	IMT > 30

Lingkar perut dapat pula digunakan untuk menentukan obesitas sentral. Semakin tinggi lingkar perut, semakin tinggi risiko penyakit kardiovaskuler, diabetes mellitus dan penyakit degeneratif lainnya. Batasan tingginya lingkar perut di berbagai dunia berbeda-beda. Untuk negara Asia (termasuk Indonesia) batas untuk laki-laki adalah 90 cm dan pada perempuan adalah 80 cm (Ross *et al.*, 2020).

11.4 Manajemen Gizi Lebih

WHO merekomendasikan penatalaksanaan kegemukan dan obesitas khususnya pada anak dan remaja dilakukan dengan melibatkan keluarga dengan pendekatan multikomponen yaitu diet, aktifitas fisik, dan dukungan psikososial (Styne *et al.*, 2017). Edukasi pada remaja tentang perilaku makan yang sehat, pentingnya aktivitas fisik, dan diet sangat penting untuk pencegahan dan pengobatan obesitas pada remaja. Bila hal tersebut belum berhasil, dilakukan terapi farmakologi dan pembedahan (Taylor *et al.*, 2016).

Pada umumnya pada kondisi kegemukan diberikan edukasi perbaikan perilaku hidup sehat untuk mencegah obesitas dan kembali pada kondisi berat badan ideal. Secara umum manajemen gizi lebih obesitas terbagi atas:

a. Modifikasi diet dan aktivitas fisik

Kelebihan berat badan terjadi akibat asupan energi melebihi energi yang terpakai yang terjadi sepanjang waktu. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan intervensi yang bertujuan untuk mengubah keseimbangan energi positif tersebut dan mengurangi berat badan atau mencegah bertambahnya berat badan dengan mengurangi asupan kalori yang masuk (modifikasi diet) dan meningkatkan pemakaian energi melalui aktifitas fisik (Altman and Wilfley, 2015).

Modifikasi diet yang diberikan berupa pengurangan asupan kalori dengan mengurangi konsumsi makanan berkalori

tinggi dan atau meningkatkan asupan makanan rendah kalori, mengurangi porsi atau ukuran porsi makanan, dan atau menganjurkan pola makan yang berbeda. Tiga kali makanan utama dan tiga kali cemilan, dengan pilihan makanan cemilan yang sehat, perubahan komposisi makanan (lebih banyak sayuran dan buah). Modifikasi aktifitas fisik dilakukan dengan peningkatan aktifitas fisik dan mengurangi aktifitas *sedentary* (Anderson, 2018).

b. Farmakoterapi

Obat-obat yang digunakan untuk pengobatan obesitas yaitu *sibutramine*, *orlistat*, *metformin*, dan *exenatide*. *Metformin* dan *exenatide* efektif pada terapi obesitas dewasa, namun penggunaannya pada anak dan remaja masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Dari obat-obat obesitas tersebut *Sibutramine* paling efektif menurunkan berat badan/IMT, namun telah ditarik dari pasaran Amerika Serikat karena memiliki efek samping pada sistem kardiovaskular. *Orlistat* merupakan satu-satunya obat yang disetujui oleh FDA yang dapat digunakan untuk terapi obesitas pada remaja (≥ 12 tahun)(Grandone *et al.*, 2018; Kelly *et al.*, 2013).

c. Operasi

Prosedur pembedahan terbukti bermanfaat pada orang dewasa obes, dan dapat dipertimbangkan dilakukan pada remaja dengan kategori obesitas berat. Saat ini operasi bariatrik telah diterima sebagai terapi pada remaja obes berat yaitu dengan IMT lebih dari 40 Kg/m² dengan batas usia 13 tahun untuk perempuan dan 15 tahun untuk laki-laki yang disertai penyulit atau komplikasi berat yang mempengaruhi kesehatan, yang tidak berhasil menurunkan berat badan setelah menjalani terapi penurunan berat badan lainnya selama 6 bulan(Coppock *et al.*, 2014).

Tipe operasi bariatrik yang dapat digunakan pada

remaja obes berat yaitu *Roux en Y gastric bypass* (RYGB), *Laparoscopic adjustable gastricbanding* (LAGB), dan *vertical sleeve gastrectomy* (VSG) (Kelly *et al.*, 2013).

11.5 Komplikasi

Komplikasi dan komorbiditas akibat obesitas meningkat sejalan dengan peningkatan prevalensi obesitas. Hal tersebut mempengaruhi harapan hidup dan kualitas hidup penduduk dan menjadi beban ekonomi yang besar terutama bagi negara berkembang. Komplikasi obesitas dapat mempengaruhi semua sistem dalam tubuh. Komplikasi medis yang paling sering ditemukan adalah masalah ortopedi, gangguan metabolisme dan kardiovaskular (Maggio dkk., 2014).

Pada saluran pernapasan, obesitas dapat memberi pengaruh buruk dengan menyebabkan penurunan volume paru total, stenosis laryngotracheal, penurunan ekspansi toraks, hipertrofi palatum dan Sindrom Sleep Apnea Obstruktif. Selain itu, obesitas juga menurunkan kapasitas aerobik fungsional dan peningkatan resistensi jalan nafas (Morales Camacho *et al.*, 2019).

Komplikasi lain yang ditimbulkan pada sistem gastrointestinal adalah perlemakan hati yang dapat memicu timbulnya penyakit hati yang lain (Fitch *et al.*, 2013). Selain hal tersebut obesitas dapat memberi dampak psikologis pada anak remaja seperti kurang percaya diri, kecemasan hingga depresi (Freira *et al.*, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Obesity Collaborator, T. G. 2015. 2017. 'Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years', *The new england journal of medicine*, 377(1), pp. 13–27. doi: 10.1530/ey.15.15.2.
- Taylor, S. A. *et al.* 2016. 'Preventing and Treating Adolescent Obesity: A Position Paper of the Society for adolescent Health and Medicine', *The Society for Adolescent Health and Medicine*, 59(5), pp. 602–606. doi: 110.1016/j.bbi.2017.04.008.
- Castro, I. M. and Bastos, A. Q. A. 2015. 'IGF2, LEPR, POMC, PPARG, and PPARGC1 gene variants are associated with obesity-related risk phenotypes in Brazilian children and adolescents', 48, pp. 595–602.
- Hand, G. A. and Blair, S. N. 2014. 'Energy Flux and its Role in Obesity and Metabolic Disease', *Obesity and Weight Management*, (August), pp. 131–135. doi: 10.17925/EE.2014.10.02.131.
- Lau, E. Y. *et al.* 2014. 'Maternal Weight Gain in Pregnancy and Risk of Obesity among Offspring: A Systematic Review', 2014.
- Zong, X., Li, H. and Zhang, Y. 2015. 'Family-related risk factors of obesity among preschool children: results from a series of national epidemiological surveys in China', *BMC Public Health*. BMC Public Health. doi: 10.1186/s12889-015-2265-5.
- Hughes, A. R. *et al.* 2014. 'Timing of Adiposity Rebound and Adiposity in Adolescence', *Pediatrics*, 134, pp. 1354–1360. doi: 10.1542/peds.2014-1908.
- Brown, C. L. *et al.* 2015. 'Addressing Childhood Obesity Opportunities for Prevention', *Pediatr Clin N Am.* doi: 10.1016/j.pcl.2015.05.013.
- Makkes, S. *et al.* 2016. 'One-year effects of two intensive inpatient treatments for severely obese children and adolescents',

- BMC Pediatrics*. BMC Pediatrics, 16(1), pp. 1–13. doi: 10.1186/s12887-016-0659-x.
- Behl, S. and Misra, A. 2017. 'Management of obesity in adult Asian Indians', *Indian Heart Journal*. Cardiological Society of India, 69(4), pp. 539–544. doi: 10.1016/j.ihj.2017.04.015.
- Direktorat Jenderal Bina Gizi dan Kesehatan Ibu dan Anak. 2011. *Pedoman Pencegahan Dan Penanggulangan Kegemukan Dan Obesitas pada Anak Sekolah, Kementerian Kesehatan RI*.
- Ross, R. *et al.* 2020. 'Waist circumference as a vital sign in clinical practice: a Consensus Statement from the IAS and ICCR Working Group on Visceral Obesity', *Nature Reviews Endocrinology*, 16(3), pp. 177–189. doi: 10.1038/s41574-019-0310-7.
- Styke, D. M. *et al.* 2017. 'Pediatric obesity-assessment, treatment, and prevention: An endocrine society clinical practice guideline', *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 102(3), pp. 709–757. doi: 10.1210/jc.2016-2573.
- Altman, M. and Wilfley, D. E. 2015. 'Evidence Update on the Treatment of Overweight and Obesity in Children and Adolescents', *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 44(4), pp. 521–537. doi: 10.1080/15374416.2014.963854.
- Anderson, K. L. 2018. 'A Review of the Prevention and Medical Management of Childhood Obesity', *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*. Elsevier Inc, 27(1), pp. 63–76. doi: 10.1016/j.chc.2017.08.003.
- Grandone, A. *et al.* 2018. 'New treatment modalities for obesity', *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism*. Elsevier Ltd, 32(4), pp. 535–549. doi: 10.1016/j.beem.2018.06.007.
- Kelly, A. S. *et al.* 2013. 'Severe obesity in children and adolescents: Identification, associated health risks, and treatment approaches: A scientific statement from the American Heart

- Association', *Circulation*, 128(15), pp. 1689–1712. doi: 10.1161/CIR.0b013e3182a5cfb3.
- Maggio, A. B. R. *et al.* 2014. 'Medical and non-medical complications among children and adolescents with excessive body weight', *BMC Pediatrics*, 14(232), pp. 1–9.
- Morales Camacho, W. J. *et al.* 2019. 'Childhood Obesity: Etiology, Comorbidities and Treatment', *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, pp. 0–3. doi: 10.1002/dmrr.3203.
- Fitch, A. *et al.* 2013. *Prevention and Management of Obesity for Children and Adolescents*. first edit, *Health Care Guideline*. first edit. ICSI Health Care Guideline.
- Freira, S. *et al.* 2019. 'Quality-of-life outcomes of a weight management program for adolescents based on motivational interviewing', *Patient Education and Counseling*. Elsevier Ireland Ltd, 102(4), pp. 718–725. doi: 10.1016/j.pec.2018.11.011.

BAB 12

GIZI KURANG PADA BALITA

Oleh Rosnah

12.1 Pengertian Gizi Kurang

Gizi buruk merupakan masalah global dan juga mempengaruhi Indonesia. Baik ibu maupun bayi dapat mengalami berbagai masalah kesehatan jika kebutuhan gizi tidak terpenuhi sejak konsepsi hingga lahir. Stunting atau pendek yang disebabkan kekurangan gizi kronis merupakan salah satu masalah kesehatan yang dihadapi balita (Kementrian Kesehatan RI, 2018a).

Menurut (Atmarita, 2018) kondisi yang dikenal dengan stunting terjadi ketika balita lebih pendek dari usianya, ditandai dengan panjang atau tinggi badan yang lebih besar atau sama dengan minus dua standar deviasi dari standar rata-rata pertumbuhan anak WHO.

Defisit kumulatif energi, protein, atau zat gizi mikro yang dapat berdampak negatif pada pertumbuhan, perkembangan, dan hasil lain yang relevan dikenal sebagai kekurangan gizi (Mehta et al., 2013).

Menurut (Valeria Dipasquale, 2020), malnutrisi akut adalah defisiensi nutrisi yang disebabkan oleh asupan protein atau energi yang tidak mencukupi. Menurut (Walson & Berkley, 2018), antropometri biasanya digunakan untuk mendefinisikan malnutrisi, yang juga mencakup berbagai paparan. dan faktor risiko infeksi serius selain nutrisi yang tidak memadai.

Definisi baru dari kurang gizi diusulkan oleh *The European Society for Clinical Nutrition and Metabolism* (ESPEN), yang memperhitungkan bagaimana hal itu mempengaruhi status vital. Malnutrisi, menurut ESPEN, adalah suatu kondisi yang disebabkan

oleh kurangnya penyerapan atau asupan nutrisi yang mengubah komposisi tubuh (menurunkan massa bebas lemak dan massa sel tubuh) dan merusak fungsi fisik dan mental serta hasil klinis penyakit (Misiak et al., 2014).

12.2 Etiologi Gizi Kurang

Menurut etiologinya, malnutrisi dapat disebabkan oleh satu atau lebih penyakit atau cedera yang secara langsung menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi, atau dapat disebabkan oleh faktor lingkungan atau perilaku yang menyebabkan asupan nutrisi yang lebih rendah (atau keduanya). Kondisi sosial ekonomi yang terkait dengan ketersediaan makanan yang tidak memadai atau gangguan perilaku kompleks seperti anoreksia dan keengganan makan biasanya merupakan faktor lingkungan yang berkontribusi terhadap kekurangan gizi. Malnutrisi diklasifikasikan sebagai akut (durasi di bawah 90 hari) atau kronis (durasi 90 hari atau lebih). Defisit pertumbuhan, terutama penurunan kecepatan tinggi badan (stunting), dapat menjadi tanda malnutrisi kronis (Mehta *et al.*, 2013).

Menurut (Atmarita, 2018), nutrisi yang diterima bayi saat lahir berdampak signifikan terhadap pertumbuhannya, termasuk risiko stunting. Stunting bisa disebabkan karena gagal memberikan ASI eksklusif, penyapihan dini, atau inisiasi menyusui dini. (IMD). Sementara itu, dalam pemberian makanan pendamping ASI (MP ASI), kuantitas, kualitas, dan keamanan pangan harus diperhatikan semuanya.

Menurut (Kemendes RI, 2017), ada beberapa faktor yang berkontribusi terhadap stunting. Pada 1.000 HPK (1000 Hari Pertama Kehidupan), intervensi paling menentukan.

1. Praktek pengasuhan yang buruk.

Pengetahuan gizi dan kesehatan yang tidak memadai sebelum dan selama kehamilan; dan fakta bahwa 60% bayi dan balita tidak diberikan ASI eksklusif; Makanan

Pengganti ASI tidak diberikan kepada dua dari setiap tiga bayi berusia 0 sampai 24 bulan.

2. Masih sedikitnya pelayanan kesehatan, seperti Antenatal Care (ANC), pelayanan nifas, dan pembelajaran dini yang berkualitas. Hanya satu dari tiga anak usia 3 sampai 6 tahun yang terdaftar di PAUD (Pendidikan Anak Usia Dini); Suplemen zat besi tidak cukup untuk dua dari setiap tiga wanita Hamil; Aksesibilitas yang tidak memadai ke layanan vaksinasi.
3. Kurang terjangkau nya makanan sehat. Anemia terjadi pada 1 dari 3 wanita hamil; Makanan sehat membutuhkan uang yang banyak.
4. Kurangnya akses terhadap fasilitas sanitasi dan air bersih. Satu dari lima rumah tangga terus buang air kecil di tempat terbuka; Hanya satu dari tiga rumah tangga yang memiliki akses ke air minum yang aman.

Stunting pada anak merupakan tanda bahwa anak di bawah usia lima tahun belum cukup tumbuh, menjadi terlalu pendek untuk usianya. Hal ini disebabkan karena balita menderita gizi kurang kronis sejak lahir hingga berusia dua tahun (KEMENTERIAN PPN/BAPENNAS, 2018). Stunting dapat terjadi sebagai akibat kekurangan gizi kronis, khususnya pada 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK) (Kementerian Kesehatan RI, 2018b).

Secara umum, status gizi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor langsung dan tidak langsung.

a. Faktor langsung

Ada dua hal yang dapat mempengaruhi status gizi seseorang yaitu faktor langsung dan faktor tidak langsung. Asupan zat gizi dan infeksi penyakit merupakan dua faktor yang secara langsung mempengaruhi status gizi. Status gizi tubuh sangat dipengaruhi oleh apa yang dikonsumsi; jika tubuh mendapat jumlah makanan yang tepat, pertumbuhan

fisik, perkembangan otak, kemampuan kerja, dan kesehatan semua akan terjadi dengan baik, dan status gizi akan menjadi optimal. Perawatan dan layanan kesehatan terkait erat dengan penyakit menular. Diare dan Infeksi saluran pernafasan atas (ISPA) merupakan contoh penyakit infeksi yang dapat berdampak pada status gizi dengan mengganggu penyerapan zat gizi.

1) Asupan zat gizi

Konsumsi makanan yang beraneka ragam, bergizi, dan seimbang harus memenuhi kebutuhan zat gizi tubuh baik jumlah maupun komposisinya. Pangan yang mengandung semua zat gizi yang diperlukan tubuh—karbohidrat, protein, vitamin, dan mineral—adalah dianggap bergizi.

Kebutuhan makanan anak-anak berbeda dengan orang dewasa, sehingga nutrisi berperan penting dalam perkembangan tubuh mereka. Selama masa pertumbuhan dan perkembangan mereka (*golden age periods* /“tahun-tahun emas”), anak-anak perlu makan. Menurut (Niga & Purnomo, 2016), masalah gizi pada Balita termasuk stunting dipengaruhi oleh kualitas makanan yang buruk, yang meliputi rendahnya kandungan energi pada makanan tambahan, kurangnya variasi, kurangnya makanan yang berasal dari makanan hewani, dan kandungan non gizi.

Menurut (Nugraheni et al., 2020), prevalensi stunting pada balita usia 6 sampai 24 bulan di Provinsi Jawa Tengah dipengaruhi oleh riwayat pemberian ASI eksklusif serta riwayat asupan energi. Menurut (Vaozia, 2016), anak-anak di Desa Menduran, Kecamatan Brati, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, yang kurang mengonsumsi seng dan protein lebih cenderung stunting.

Jaringan tubuh dibangun, dipelihara, dan diperbaiki dengan protein. Selain itu, protein memainkan peran penting dalam pertumbuhan. Asam amino esensial seperti triptofan dan lisin mungkin kurang dalam makanan anak-anak yang berisiko tinggi mengalami stunting (Semba et al., 2016). Protein yang baik dapat ditemukan pada makanan yang berasal dari hewan seperti susu, daging, ikan, dan unggas. Asupan mikromineral juga merupakan faktor pertumbuhan yang penting selain asupan protein dan energi. Menurut (Vaozia, 2016), juga memiliki fungsi yang berkaitan dengan hormon pertumbuhan. Menurut (Sari *et al.*, 2016), anak stunting di Kota Pontianak mengonsumsi protein, kalsium, dan fosfor secara signifikan lebih sedikit dibandingkan anak tidak stunting usia 24 sampai 59 bulan. 2016).

2) Infeksi

Prevalensi infeksi berkorelasi dengan stunting. Diare dan ISPA sering terjadi pada anak; Jika seseorang terkena penyakit infeksi akan mempengaruhi penyerapan nutrisi sehingga terjadi malnutrisi. Sebaliknya, kekurangan gizi akan meningkatkan kemungkinan seseorang tertular penyakit infeksi. Risiko stunting akan meningkat jika infeksi berlangsung lama. jangka waktu tertentu. Tidak hanya kekurangan gizi terkait dengan asupan yang tidak memadai, tetapi riwayat infeksi anak juga dapat berkontribusi pada kekurangan gizi pada anak. Penyakit infeksi dapat berdampak pada pola makan anak dan mengganggu penyerapan nutrisi, sehingga menyebabkan malnutrisi.

Hasil penelitian (Wulandari *et al.*, 2022) menunjukkan bahwa berdasarkan hubungan antara kejadian stunting dengan riwayat penyakit menular diketahui 39 anak balita (81,3%) pernah terpapar

terhadap penyakit menular dan merupakan balita stunting, sedangkan untuk balita normal yang pernah terkena penyakit menular, sebanyak 9 balita (18,8%) pernah terkena penyakit menular.

Tingginya prevalensi penyakit menular dan sanitasi lingkungan yang buruk terkait erat dengan penularan penyakit. Status gizi dapat diperburuk oleh penyakit menular, terutama infeksi berat, yang mempengaruhi asupan makanan dan meningkatkan kemungkinan kehilangan zat gizi yang dibutuhkan tubuh. Selain menyebabkan peningkatan kehilangan cairan dan zat gizi tubuh, kondisi patologis seperti diare, mual, muntah, batuk, dan penyakit lainnya juga dapat menyebabkan penurunan nafsu makan dan asupan makanan. Penyerapan zat gizi menurun bila terjadi penurunan nafsu makan atau asupan zat gizi. Malnutrisi dan infeksi memiliki hubungan timbal balik, menurut (Walson & Berkley, 2018) infeksi kronis berulang sering berkontribusi pada terjadinya malnutrisi pada anak.

Pada semua anak yang kekurangan gizi (malnutrisi) dan sakit, keduanya memperburuk satu sama lain. Anak yang sakit tidak dapat memanfaatkan semua zat gizi dalam makanannya, sehingga cenderung makan lebih sedikit dan menjadi lebih lemah. Hal ini membuat mereka lebih mungkin untuk segera sakit lagi atau tetap sakit, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kematian. Resistensi infeksi, termasuk resistensi terhadap infeksi parasit, menurun dengan malnutrisi. Akibatnya, orang yang kekurangan gizi lebih mungkin tertular infeksi parasit. Anak-anak yang kurang gizi berkembang lambat, berprestasi buruk di sekolah, atau terlalu lemah untuk bersekolah. Selain itu, gizi buruk dapat berdampak negatif pada kesehatan seseorang, yang pada gilirannya dapat

mempengaruhi kinerja akademik seseorang dan menyebabkan Nutrition (Bekele, 2020).

b. Faktor tidak langsung

1) Tingkat pengetahuan, sikap, serta perilaku gizi dan kesehatan

Meskipun keluarga dapat menyediakan makanan dan memiliki daya beli yang cukup, pengetahuan gizi yang kurang menyebabkan keluarga tidak menyediakan makanan yang bervariasi setiap hari, sehingga terjadi ketidakseimbangan antara asupan nutrisi dan kebutuhan tubuh.

Di wilayah kerja Puskesmas Darul Aman Kabupaten Aceh Timur tahun 2021, hasil penelitian (Maulida, 2022) menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara pengetahuan orang tua dengan kejadian stunting pada anak balita, dimana pengetahuan ibu berpengaruh signifikan terhadap kejadian stunting. Status gizi anak meningkat sebagai akibat dari peningkatan pengetahuan ibu tentang makanan bergizi.

Masalah gizi akan timbul dari kurangnya pengetahuan gizi, kurangnya pemahaman tentang kebiasaan makan yang sehat, dan kurangnya pemahaman tentang nilai gizi berbagai makanan, bahan makanan dan menu yang sesuai dalam upaya meningkatkan status gizinya. Ketidaktahuan akan informasi gizi dapat mengakibatkan rendahnya mutu gizi makanan bagi keluarga, khususnya untuk makanan yang dikonsumsi balita.

2) Pendapatan keluarga

Faktor ekonomi (pendapatan) akan berkaitan dengan kemampuan seseorang untuk memenuhi kebutuhan pangannya, yang artinya secara tidak langsung juga akan berhubungan dengan status gizinya. Keluarga dengan pendapatan minim, biasanya tidak memiliki

banyak pilihan dan variasi makanan yang dapat mereka makan. Selain itu, keluarga yang terutama dikepalai oleh ibu berpenghasilan rendah, biasanya kurang percaya diri dan memiliki akses terbatas ke layanan gizi dan kesehatan (Rahayu, Rahman, et al., 2018). Ada hubungan antara pendapatan, pekerjaan, dan status gizi, serta ada kemungkinan jika pendapatan naik, masalah kesehatan dan keluarga terkait gizi akan hilang.

3) Sanitasi lingkungan

Sanitasi lingkungan yang tidak memadai, memungkinkan berkembangnya berbagai macam penyakit, seperti infeksi saluran cerna, cacingan, dan diare. Infeksi saluran cerna akan mengganggu kemampuan anak dalam menyerap zat gizi, sehingga mengakibatkan kekurangan gizi, mudah sakit karena kekurangan nutrisi sehingga mengganggu pertumbuhan.

Selain budaya dan perilaku masyarakat setempat yang masih mencerminkan kurangnya gizi yang cukup, khususnya bagi anak usia dini, faktor sanitasi lingkungan dan akses air bersih menjadi isu penting yang belum banyak dipikirkan oleh masyarakat. Masih banyak masalah termasuk infeksi, diare, kecacingan tinggi, dan lain-lain, di kota-kota besar dan pedesaan di Indonesia (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2018).

Menurut temuan penelitian (Nasrul, 2019), tidak memiliki jamban, tidak mencuci tangan, dan memiliki berat badan lahir rendah merupakan faktor risiko stunting. Temuan penelitian (Rufaida *et al.*, 2020) menunjukkan bahwa ibu hamil dengan tinggi badan kurang dari 147 sentimeter, pendapatan keluarga di bawah UMK Jember, dan jenis kelamin balita laki-laki

berpengaruh langsung terhadap kejadian stunting. Pendidikan ibu, status pekerjaan ibu, dan jarak kelahiran tidak berpengaruh terhadap kejadian stunting. Faktor terpenting adalah tinggi badan ibu 147 cm atau kurang.

12.3 Penentuan Status Gizi Kurang Secara Antropometri

Antropometri adalah teknik untuk menentukan ukuran, proporsi, dan komposisi tubuh manusia. Sebagai acuan untuk menilai status gizi dan tren pertumbuhan anak usia 0 sampai 18 tahun. Standar Antropometri Anak adalah kumpulan dari data ukuran, proporsi, dan komposisi tubuh (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2020 Tentang Standar Antropometri Anak, 2020).

Malnutrisi dan kegagalan pertumbuhan identik pada anak-anak. Dimana anak-anak yang kekurangan gizi lebih pendek dan lebih berat dari yang seharusnya untuk usia dan tinggi badan mereka. Anak-anak ditimbang dan/atau diukur tinggi badannya untuk menentukan seberapa kekurangan gizi suatu populasi. Hasilnya kemudian dibandingkan dengan "populasi referensi" yang diketahui tumbuh dengan baik. Metode yang paling umum untuk menentukan malnutrisi pada populasi tertentu adalah dengan mengukur tinggi badan dan berat badan (*Ministry of Health and Family Welfare Government of India, 2013*).

Empat indeks berat badan dan panjang/tinggi badan yang menyusun Standar Antropometri Anak adalah sebagai berikut: a. Indeks Massa Tubuh (IMT) menurut Usia; b. Panjang/tinggi menurut usia (PB/U atau TB/U); c. Panjang/Tinggi Berat Badan (BB/PB atau BB/TB); dan d. Indeks Massa Tubuh Menurut Usia (IMT/U) (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2020 Tentang Standar Antropometri Anak, 2020).

Berdasarkan WHO (2013) dalam (Kemenkes, 2019), gizi buruk dikenali berdasarkan usia anak:

- a. Umur kurang dari enam bulan, dengan BB/PB (atau BB/TB) di bawah -3 SD atau pitting edema bilateral (tidak kembali saat ditekan).
- b. Rentang usia: 6-59 bulan dengan pitting edema bilateral atau BB/PB (atau BB/TB) kurang dari -3 SD atau LiLA kurang dari 11,5 cm. Malnutrisi dibagi ke dalam kategori berikut berdasarkan ada atau tidaknya komplikasi.
 1. Malnutrisi yang tidak disertai komplikasi dan ditandai dengan:
 - a. Lingkar lengan atas (LiLA) kurang dari 11,5 cm untuk balita usia 6 sampai 59 bulan.
 - c. Rasio BB/PB atau BB/TB di bawah -3 SD;
 - d. Adanya derajat edema bilateral +1 atau +2
 2. Malnutrisi disertai dengan komplikasi, yang meliputi hal tersebut di atas dan satu atau lebih komplikasi berikut:
 - a. Bulimia/ anoreksia;
 - b. Dehidrasi berat (diare, muntah terus menerus);
 - c. Apatis atau kurang kesadaran; d. Demam berat; e. Pneumonia berat, ditandai dengan kesulitan bernapas atau napas cepat; f. Anemia berat

Derajat: +1 Edema Ringan	Derajat: +2 Edema Sedang	Derajat: +3 Edema Berat
		
Edema hanya ada di kedua punggung kaki	Edema di kedua punggung kaki dan tungkai bawah (dan/atau tangan/ lengan bawah)	Edema meluas, di seluruh bagian tubuh (edema anasarka)

Gambar 12.1 : Klasifikasi edema pada balita gizi buruk
(Kemenkes, 2019)

Beberapa gejala gizi kurang antara lain sebagai berikut:

1. Untuk balita antara usia 6 dan 59 bulan, lingkaran lengan atas (LiLA) berkisar antara 11,5 cm hingga kurang dari 12,5 cm.
2. Rasio BB/PB (atau BB/TB) kurang dari atau sama dengan - 2 SD.

Tinggi badan yang rendah menurut usia atau kerdil adalah tanda kekurangan gizi kronis yang disebabkan oleh kekurangan makanan atau penyakit yang berkepanjangan. Sebagai akibat dari kekurangan makanan dan/atau penyakit baru (akut), wasting (berat badan rendah menurut tinggi badan) adalah salah satu indikator malnutrisi akut. Underweight (berat badan rendah menurut usia) digunakan sebagai ukuran gabungan untuk mencerminkan malnutrisi akut dan kronis, tetapi tidak dapat membedakan keduanya. WHO merekomendasikan evaluasi malnutrisi dengan sistem z, juga dikenal sebagai standar deviasi (SD). Anak kurang gizi adalah mereka yang z kurang dari 2 dan SD

mereka lebih besar dari 2 di bawah median referensi.: yaitu, kerdil, kurang berat badan, atau kurus. Menurut (Bandyopadhyay et al., 2014) anak-anak dengan z kurang dari 3 dianggap mengalami gizi buruk.

Menilai panjang atau tinggi anak (panjang terlentang untuk anak di bawah usia dua tahun dan tinggi saat berdiri untuk anak di atas usia dua tahun) dan menafsirkan pengukuran dengan membandingkannya dengan seperangkat nilai standar yang diterima secara umum adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi stunting. Ketika panjang atau tinggi anak turun di bawah 2 SD dari median Standar Pertumbuhan Anak WHO untuk usia dan jenis kelamin yang sama, ada konsensus internasional bahwa anak tersebut terhambat pertumbuhannya. Demikian pula, menurut (de Onis & Branca, 2016), anak-anak dianggap sangat terhambat pertumbuhannya jika panjang dan tinggi badan mereka berada di bawah 3 standar deviasi median Standar Pertumbuhan Anak WHO untuk usia dan jenis kelamin yang sama.

Sebelum mengalami gizi kurang, balita terlebih dahulu mengalami keadaan yang disebut sebagai hambatan pertumbuhan (*growth faltering*). Keadaan ini ditandai oleh berat badan yang: i) naik, tapi tidak optimal; ii) tidak naik; atau iii) turun pada penimbangan bulanan. Dalam upaya penemuan dini gizi buruk di masyarakat, maka penemuan hambatan pertumbuhan inilah yang ditekankan, di samping penemuan balita dengan gizi kurang.

Menemukan balita yang sudah mengalami gizi kurang sebenarnya sudah terlambat, karena proses gangguan pertumbuhan otak mungkin sudah mulai terjadi. Menemukan balita yang sudah mengalami gizi buruk merupakan pembiaran yang sudah lanjut dan sangat terlambat, karena gangguan pertumbuhan otak sudah terjadi. Itulah sebabnya, intervensi yang dilakukan pada balita gizi kurang/buruk meliputi pemberian zat gizi, mengatasi penyakit penyerta dan komplikasi yang ada serta memberikan stimulasi tumbuh-kembang (Kemenkes, 2019).

Balita pertama kali mengalami kondisi yang dikenal sebagai gangguan pertumbuhan sebelum berkembang menjadi malnutrisi. Kenaikan berat badan yang ditandai dengan kondisi ini: i) naik, tetapi bukan yang terbaik; ii) gagal naik; atau iii) berat badan lebih sedikit ditimbang setiap bulan. Selain mengidentifikasi balita gizi buruk, hambatan tumbuh kembang menjadi fokus utama upaya identifikasi dini gizi buruk di masyarakat.

Sebenarnya sudah terlambat untuk menemukan balita gizi buruk karena proses perkembangan gangguan pertumbuhan otak mungkin sudah dimulai. Karena gangguan pertumbuhan otak sudah terjadi, menemukan balita yang sudah gizi buruk merupakan kelalaian yang sangat terlambat dan lanjut. Intervensi yang dilakukan pada anak kurang gizi antara lain dengan memberikan nutrisi, mengatasi penyakit penyerta dan komplikasi yang sudah diderita, serta merangsang tumbuh kembangnya (Kemenkes, 2019).

(Rahayu, Yulidasari, *et al.*, 2018) menyatakan bahwa pengukuran antropometri untuk status stunting adalah panjang badan sebagai fungsi dari usia atau tinggi sebagai fungsi dari usia. Panjang tubuh merupakan pengukuran antropometri yang menunjukkan bagaimana kerangka tumbuh. Panjang tubuh biasanya meningkat seiring dengan bertambahnya usia. umur dalam keadaan normal. Berbeda dengan berat badan, pertumbuhan panjang kurang peka terhadap gizi buruk dalam waktu singkat. Gizi yang tidak mencukupi akan berdampak signifikan terhadap panjang badan dalam waktu yang relatif singkat. Umur (TB/U) juga harus dicatat ketika tinggi badan diukur. Bagi yang mampu berdiri, digunakan stadiometer *Holtain/microtoice*, sedangkan bagi yang tidak mampu, digunakan papan panjang bayi. Stadiometer *Holt/microtoice* dengan kepala horizontal yang dapat digerakkan panduan dipasang di dinding. Selain itu, alat ini memiliki alas kaki dan jarum pemandu tinggi.

12.4 Tanda Dan Gejala Gizi Kurang

Pada anak dengan penyakit defisiensi energi protein, selain diidentifikasi dengan pengukuran antropometri, data klinis yang menyertainya dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Edema dan Malnutrisi (Kwashiorkor)

Anak yang memenuhi kriteria ini menunjukkan gejala sebagai berikut:

- a. Perubahan kondisi mental, seperti apatis dan rewel
- b. Rambut yang tipis, seperti rambut jagung, mudah dicabut tanpa menyakiti atau rontok
- c. Wajah bulat dan bengkak
- d. Mata berkaca-kaca
- e. Hati lebih besar
- f. Setidaknya ada edema pada kedua punggung kaki; pitting edema berarti saat punggung kaki terjepit, permukaannya tidak ke belakang atau elastis.

12.5 Dampak Gizi Buruk Pada Balita

(Kemenkes, 2019) menyatakan gizi buruk mempengaruhi anak di bawah usia lima tahun dengan cara sebagai berikut:

- a. Jangka pendek: meningkatkan kecacatan, morbiditas, dan mortalitas.
- b. Jangka panjang: dapat mengakibatkan tidak tercapainya potensi penuh seseorang ketika dewasa; perawakan pendek, yang mempengaruhi kekebalan, mengurangi kecerdasan, produktivitas di tempat kerja, dan fungsi reproduksi; dan meningkatkan faktor risiko orang dewasa untuk obesitas, diabetes, hipertensi, penyakit jantung, kanker, dan penyakit generatif lainnya.

Menurut (Kemendes RI, 2017), stunting dapat mengakibatkan dampak negatif sebagai berikut:

1. Terganggunya kecerdasan, perkembangan otak, gangguan pertumbuhan fisik, dan gangguan metabolisme dalam tubuh dalam jangka pendek
2. Efek negatif jangka panjang antara lain penurunan kemampuan kognitif dan prestasi belajar, penurunan imunitas sehingga mudah sakit dan risiko tinggi diabetes, obesitas, penyakit jantung dan pembuluh darah, kanker, stroke, dan kecacatan di usia tua. Semua masalah tersebut akan berdampak negatif terhadap kualitas sumber daya manusia Indonesia serta produktivitas dan daya saing. Secara umum, dampak negatif stunting dilihat pada Gambar 12.2.



Gambar 12.2 : Dampak buruk dari stunting
(sumber : Kemendes RI, 2017)

12.6 Pencegahan Dan Penanggulangan Masalah Gizi Kurang / Buruk Pada Balita

Stunting pada anak merupakan tanda bahwa anak di bawah usia lima tahun mengalami gagal tumbuh, menjadi terlalu pendek untuk usianya. Hal ini karena bayi menderita gizi buruk kronis sejak lahir sampai usia dua tahun. Tingkat pertumbuhan fisik, kecerdasan, dan produktivitas seseorang di masa depan, 1.000 hari pertama kehidupan (HPK) harus mendapat perhatian khusus. Pemerintah Pusat, Pemerintah Daerah, dunia usaha, dan masyarakat umum hanyalah beberapa dari berbagai pemangku kepentingan. terlibat dalam pencegahan stunting (Kementerian PPN/ Bappenas, 2018).

Sejalan dengan itu, penanganan gizi buruk pada balita perlu dilakukan secara terpadu yang menekankan pentingnya peran serta aktif keluarga, masyarakat, dan sektor terkait. Untuk balita usia 6 hingga 59 tahun bulan dengan gizi buruk dan tidak ada komplikasi, upaya ini juga merekomendasikan rawat jalan. Balita harus dirawat di rumah sakit sampai komplikasi teratasi sebelum diizinkan menerima rawat jalan sampai sembuh total. Bahkan jika tidak ada komplikasi, rawat inap disarankan untuk balita dengan gizi buruk (Kemenkes, 2019).

Scaling Up Nutrition (SUN) adalah upaya global untuk meningkatkan gizi ibu dan anak melalui tindakan dan pendanaan. Bukti menunjukkan fakta bahwa anak-anak yang sehat dihasilkan dengan makan dengan baik selama 1.000 hari dari awal kehamilan seorang wanita hingga saat anaknya berusia dua tahun. Selama waktu ini, kekurangan gizi dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat dan perkembangan kognitif yang ireversibel. Untuk memberantas kemiskinan dan kelaparan, mengurangi kematian anak, meningkatkan kesehatan ibu, dan memerangi penyakit—semuanya berkontribusi pada masa depan yang lebih aman untuk masyarakat dan bangsa— (Yekti, 2020) Di Indonesia dikenal dengan “Gerakan 1000 HPK” yang merupakan singkatan dari

“Gerakan Nasional Percepatan Perbaikan Gizi Dalam Rangka 1000 Hari Pertama Kehidupan.”

Kunci untuk mengurangi stunting, meningkatkan kemampuan kognitif, dan meningkatkan pencapaian pendidikan—yang semuanya akan mengarah pada ekspansi ekonomi—adalah perbaikan gizi pada 1000 Hari Pertama Kehidupan (1000 HPK), atau 1.000 hari pertama setelah kelahiran. (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2018) merekomendasikan untuk menempatkan investasi nutrisi pada wanita hamil, bayi, dan anak-anak di lokasi yang paling penting dan strategis. Hal ini akan memastikan bayi yang baru lahir tidak menderita stunting dan bebas dari BBLR (Berat Badan Lahir Rendah).

Gerakan SUN Global bertujuan untuk mengurangi masalah gizi, dengan fokus pada wanita hamil, ibu menyusui, dan anak-anak berusia 0 hingga 23 bulan selama 1.000 hari pertama kehidupan (270 hari selama kehamilan dan 730 hari sejak lahir hingga usia 2 tahun). Penurunan bayi stunting, wasting, underweight, dan overweight menjadi indikator Global SUN Movement (Yekti, 2020).

(Kementrian Kesehatan RI, 2018b) menyatakan bahwa Keputusan Presiden Nomor 42 Tahun 2013, tanggal 23 Mei 2013, tentang Gerakan Nasional (Gernas) Percepatan Perbaikan Gizi yang merupakan upaya bersama antara pemerintah dan masyarakat melalui penggalangan dana partisipasi dan kepedulian para pemangku kepentingan secara terencana dan terkoordinasi untuk mempercepat peningkatan gizi masyarakat dengan prioritas pada Seribu Hari Pertama Kehidupan (1000 HPK), menyatakan komitmen pemerintah dalam upaya percepatan perbaikan gizi.

Dengan menentukan strategi utama Gernas untuk percepatan perbaikan gizi, yaitu:

- a. Menjadikan perbaikan gizi sebagai fokus utama pembangunan sosial budaya, ekonomi, dan sumber daya manusia.

- b. Meningkatkan kemampuan dan keahlian sumber daya manusia di semua industri, publik dan swasta.
- c. Meningkatkan efisiensi intervensi berbasis bukti dalam berbagai pengaturan publik.
- d. Keterlibatan masyarakat yang lebih besar dalam menegakkan norma-norma sosial yang mendorong perilaku sadar gizi.

Terdapat dua komponen strategi untuk mengurangi stunting: intervensi gizi sensitif, yang lebih berupa pembangunan di berbagai sektor di luar sektor kesehatan, dan intervensi gizi spesifik, yang lebih merupakan intervensi life saving jangka pendek dengan fokus pada gizi ibu hamil dan anak pada 1000 HPK (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2018).

Ada dua pendekatan yang dapat diambil untuk memecahkan masalah gizi: intervensi spesifik dan sensitif. Sementara intervensi sensitif mengatasi akar penyebab masalah dan sifat jangka panjangnya, intervensi khusus menangani penyebab langsung dan tidak langsung dari masalah gizi. Salah satu intervensi yang sensitif adalah meningkatkan pengetahuan dan keterampilan gizi orang tua atau keluarga, serta kurangnya pengetahuan masyarakat tentang cara mengolah bahan makanan seperti ikan. Mayoritas hanya bisa menggoreng dan memanggang ikan, menu ikan membuat anak-anak lebih cepat bosan (Kementrian Kesehatan RI, 2018b).

Intervensi khusus yang dilakukan (Kementrian Kesehatan RI, 2018b) dalam konteks gizi massal:

- a. Pemberian Tablet Tambah Darah untuk remaja putri, calon pengantin, dan ibu hamil
- b. Promosi ASI Eksklusif
- c. Promosi Makanan Pendamping-ASI
- d. Promosi Makanan berfortifikasi termasuk garam beryodium
- e. Promosi dan Kampanye Tablet Tambah Darah

- e. Suplemen gizi mikro (Taburia)
- f. Suplemen gizi makro (PMT)
- g. Kelas Ibu Hamil
- h. Promosi dan kampanye gizi seimbang dan perubahan perilaku
- i. Pemberian obat cacing
- j. Tata Laksana Gizi Kurang/ Buruk
- k. Suplementasi vitamin A
- l. Jaminan Kesehatan Nasional

(Atmarita, 2018) menyebutkan bahwa stunting merupakan salah satu *Sustainable Development Goals (SDGs)* yang merupakan bagian dari Sustainable Development Goals kedua, yaitu menghilangkan kelaparan dan segala bentuk kekurangan gizi pada tahun 2030 dan memiliki ketahanan pangan. menurunkan angka stunting menjadi 40% pada tahun 2025.

Pemerintah telah memprioritaskan stunting sebagai salah satu upaya untuk mewujudkan hal tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 39 Tahun 2016 tentang Pedoman Pelaksanaan Program Indonesia Sehat dengan Pendekatan Keluarga, langkah-langkah yang telah dilakukan untuk mengurangi kejadian stunting :

1. Ibu yang sedang hamil atau mengharapkan anak
 - a. Intervensi selama 1.000 hari pertama kehidupan;
 - b. Mengupayakan jaminan kualitas pelayanan antenatal terpadu (ANC);
 - c. Membuat lebih banyak bayi lahir di fasilitas medis;
 - d. Penyusunan program pemberian makanan berkalori tinggi, tinggi protein, dan tinggi kalori (TKPM);
 - e. Diagnosis dini penyakit menular dan tidak menular;
 - f. Penghapusan kecacingan;
 - g. Mempermudah Kartu Menuju Sehat (KMS) menjadi Buku KIA;

- h. Menyelenggarakan penyuluhan ASI eksklusif dan Inisiasi Menyusu Dini (IMD); dan
 - i. Pelayanan dan konseling keluarga berencana
2. Balita
- a. Mengawasi perkembangan balita;
 - b. Menyelenggarakan kegiatan balita dalam pemberian makanan tambahan (PMT);
 - c. mengatur stimulasi tumbuh kembang anak usia dini; dan d. Memberikan pelayanan kesehatan yang terbaik.
3. Anak Usia Sekolah
- a. Menghidupkan Industri Kesehatan Sekolah (UKS);
 - b. Menjadikan Tim Pembina UKS sebagai organisasi yang lebih kuat;
 - c. Menyelenggarakan Program Gizi Sekolah Untuk Anak (PROGAS);
 - d. Memperlakukan sekolah sebagai zona bebas narkoba dan rokok
4. Remaja
- a. meningkatkan penyuluhan perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS), menjaga pola makan seimbang, tidak merokok atau menggunakan narkoba.
 - b. edukasi tentang kesehatan reproduksi.
5. Dewasa muda
- a. konseling dan layanan Keluarga Berencana (KB) untuk;
 - b. Deteksi dini penyakit menular dan tidak menular;
 - c. Meningkatkan penyuluhan PHBS, makan makanan yang sehat, dan tidak merokok atau menggunakan narkoba.

(Kementrian Kesehatan RI, 2018a) menyatakan dalam penanganan stunting dikenal istilah 5 pilar, yakni:
Pilar 1: Komitmen dan Visi Pemimpin Tertinggi Negara.

- Pilar 2: Kampanye Nasional Berfokus pada pemahaman, perubahan perilaku, komitmen politik, dan akuntabilitas.
- Pilar 3: Konvergensi, Koordinasi, dan Konsolidasi Program Nasional, Daerah, dan Masyarakat.
- Pilar 4: Mendorong Kebijakan Nutritional Food Security
- Pilar 5: Pemantauan dan Evaluasi

Lima pilar penanganan stunting yang dikemukakan (Kementerian Kesehatan RI, 2018a) tersebut dilakukan melalui intervensi spesifik oleh sektor kesehatan dan intervensi sensitif oleh lintas sektor terkait dengan target yang akan dicapai yakni Tumbuh Kembang Anak Yang Maksimal (dengan kemampuan emosional, sosial, dan fisik siap untuk belajar, berinovasi, dan berkompetisi).

Menurut (Kementerian Kesehatan RI, 2018b), ada lima pilar penanganan stunting:

- Pilar 1: Visi dan komitmen pemimpin tertinggi negara.
- Pilar 2: Pemahaman, perubahan perilaku, politik komitmen, dan akuntabilitas menjadi fokus utama kampanye nasional.
- Pilar 3: Konvergensi, koordinasi, dan konsolidasi program nasional, regional, dan publik.
- Pilar 4 : Kebijakan Ketahanan Pangan Gizi
- Pilar 5: Monitoring dan Evaluasi

(Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2018) Lima pilar pengelolaan stunting dilakukan melalui intervensi sektor kesehatan yang spesifik dan intervensi lintas sektor yang sensitif terkait dengan tujuan, Perkembangan Anak Maksimal (dengan kemampuan emosional, sosial, dan fisik siap belajar, berinovasi, dan bersaing).

Berbagai kegiatan yang dapat dilakukan di tingkat masyarakat, petugas kesehatan di desa dan puskesmas dalam

upaya pencegahan dan penemuan dini kasus kekurangan gizi di masyarakat dapat dilihat pada gambar 12.3.

Gambar 12.3 menggambarkan berbagai kegiatan yang dapat dilakukan oleh anggota masyarakat, petugas kesehatan desa, dan puskesmas dalam upaya mengidentifikasi kasus gizi buruk secara dini.



Gambar 12.3 : Upaya pencegahan dan penemuan dini kasus kekurangan gizi di masyarakat
(Sumber : Kemenkes, 2019)

Menurut Kemenkes (2019), upaya pencegahan gizi buruk pada anak di bawah usia lima tahun harus dilakukan sesegera mungkin dan sesuai dengan prinsip-prinsip berikut:

- a. Sejak kecil upaya peningkatan status gizi ibu, diikuti dengan upaya penanganan anemia, penyakit menular, atau penyakit kronis pada ibu sebelum hamil antara lain dengan menghindari kehamilan "4 terlalu", yaitu terlalu muda (kurang dari 20 tahun), terlalu tua (lebih dari 35 tahun), terlalu banyak (jumlah anak > 2), dan terlalu dekat dengan jarak antar kehamilan (kurang dari 3 tahun). melahirkan, memberikan asuhan antenatal sesuai standar, seperti penyuluhan tentang kebutuhan gizi, tidak merokok atau terpapar asap rokok, pemberian kolostrum pada bayi melalui Inisiasi Menyusu Dini (IMD) yang berbasis ASI eksklusif, dan merangsang bayi sejak masih bayi.
- b. Menggunakan makanan bayi "standar emas" untuk memenuhi kebutuhan gizi balita sejak lahir : pemberian ASI dini (kurang dari satu jam setelah kelahiran); pemberian ASI eksklusif dalam enam bulan pertama; Pemberian Makanan Pendamping ASI (MP-ASI) dimulai pada usia enam bulan dan diberikan dengan cara-cara berikut: i) segera; ii) nutrisi dalam jumlah yang seimbang dan memadai; iii) aman dan iv) diberikan dengan benar; menyusui anak sampai dia berusia setidaknya dua tahun.
- c. Setiap bulan penimbangan, dilakukan skrining massal di tingkat masyarakat untuk mengidentifikasi retardasi pertumbuhan dan gizi buruk pada balita, dengan sasaran cakupan skrining 100%. Metodenya meliputi plotting pada Buku KIA tumbuh kembang anak (BB/U), LiLA, BB/PB (atau BB/TB), PB/U (atau TB/U), dan lingkaran kepala untuk menentukan perkembangan anak. Jika ditemukan masalah, anak dirujuk ke petugas yang membidangi kesehatan.

- d. Bayi dan balita yang memiliki faktor risiko gizi buruk, antara lain: anak yang lahir dari KEK (defisit energi kronis) dan/atau ibu remaja; bayi kembar, bayi prematur, bayi dengan kelainan kongenital; balita yang mengalami infeksi akut kronis atau berulang dan sedang terpapar sumber penularan penyakit di dalam atau di luar ruangan; anak kecil dari keluarga dengan status sosial ekonomi rendah; anak yang membutuhkan perawatan khusus; balita yang dibesarkan di lingkungan dengan akses terbatas ke air minum yang aman dan/atau kondisi tidak bersih. Setiap balita, terutama yang memiliki faktor risiko, menerima pemeriksaan pertumbuhan secara teratur. Selain menerima layanan lain dan konseling pemberian makan sesuai usia, orang tua dan pengasuh didorong untuk menindaklanjuti sesegera mungkin untuk mengatasi masalah yang mungkin timbul.
- e. Dalam rangka memberikan cakupan pelayanan yang komprehensif, penyuluhan pemberian makan sesuai usia, penanganan balita sakit secara komprehensif, dan promosi perubahan perilaku menuju pola hidup bersih dan sehat, diperlukan dukungan program terkait. dan fasilitas kesehatan rujukan (faskes).
- f. Dalam upaya pencegahan penyakit menular berulang yang dapat mengakibatkan balita gizi buruk, diperlukan dukungan lintas sektoral untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan/atau pembelian jamban keluarga, selain lingkungan yang sehat. Konteks memberi anak-anak makanan ringan dan makanan bergizi.
- g. Inisiatif "Seribu Hari Pertama Kehidupan" mencakup berbagai intervensi pencegahan masalah gizi yang menargetkan anak-anak yang sangat berisiko kekurangan gizi.



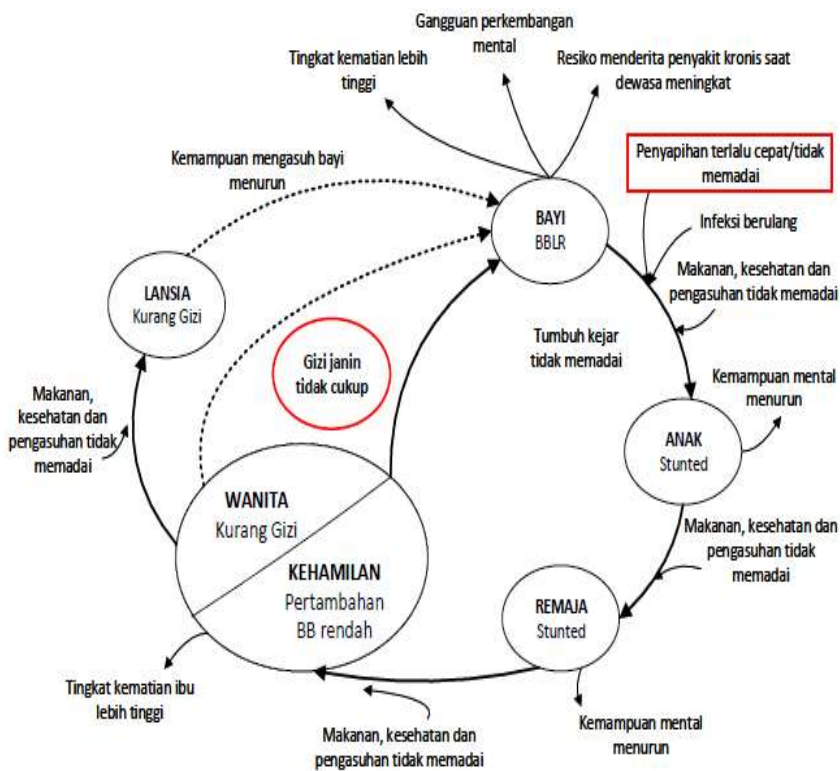
Gambar 12.4 : Sepuluh (10) cara intervensi pada masalah stunting
(Sumber : Kemendes RI, 2017)

12.7 Pencegahan Gizi Buruk Pada Bayi Di Bawah Usia 6 Bulan

Gizi buruk pada bayi di bawah usia enam bulan dapat terjadi selama kehamilan, setelah lahir, atau akibat kelainan atau penyakit bawaan. Karena berkaitan dengan status dan kondisi kesehatan ibu sebelum/selama kehamilan, selama menyusui, dan faktor risiko lain, pencegahan malnutrisi pada kelompok ini sering tidak langsung dan jangka panjang. Pemberian kolostrum atau IMD dan pemenuhan kebutuhan ASI (ASI eksklusif) merupakan

pencegahan jangka pendek. Bayi harus segera dirujuk jika a penyakit bawaan atau kelainan ditemukan untuk menerima perawatan yang cepat dan memadai.

Tindakan pencegahan dapat ditargetkan secara lebih efektif dengan memahami hubungan timbal balik di antara berbagai faktor risiko dan dampak masalah kekurangan gizi selama kehamilan. Tenaga kesehatan dapat menggunakan pengetahuan ini untuk memberikan konseling kepada keluarga dan masyarakat juga.



Gambar 12.5 : Keterkaitan berbagai faktor risiko dan dampak kekurangan gizi pada 1000 HPK (Kemenkes, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Atmarita. 2018. Asupan Gizi yang Optimal untuk Mencegah Stunting. *BULETIN JENDELA DATA DAN INFORMASI KESEHATAN*, 1.
- Bandyopadhyay, S., Das, S., & Mondal, S. 2014. Assessment of Undernutrition Among the Under-5 Children in a Slum of Kolkata: A Comparison Between z Scores and the Conventional System. *Infant, Child, and Adolescent Nutrition*, 6(1), 52–57. <https://doi.org/10.1177/1941406413513154>
- Bekele, D. 2020. A Review on the Relationship Between Nutrition and Health Condition in Humans. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 29(3). <https://doi.org/10.26717/bjstr.2020.29.004804>
- de Onis, M., & Branca, F. 2016. Childhood stunting: A global perspective. *Maternal and Child Nutrition*, 12, 12–26. <https://doi.org/10.1111/mcn.12231>
- Kemendes RI. 2017. Buku saku desa dalam penanganan stunting. *Buku Saku Desa Dalam Penanganan Stunting*, 42.
- Kemenkes, R. 2019. Pedoman Pencegahan Dan Tatalaksana Gizi Buruk Pada Balita. In *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*.
- Kementerian PPN/ Bappenas. 2018. Pedoman Pelaksanaan Intervensi Penurunan Stunting Terintegrasi di Kabupaten/Kota. In *Rencana Aksi Nasional dalam Rangka Penurunan Stunting: Rembuk Stunting* (Issue November, pp. 1–51). <https://www.bappenas.go.id>
- Kementrian Kesehatan RI. 2018a. Cegah Stunting, itu Penting. *Pusat Data Dan Informasi, Kementerian Kesehatan RI*, 1–27. <https://www.kemkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/buletin/Buletin-Stunting-2018.pdf>
- Kementrian Kesehatan RI. 2018b. Cegah Stunting, itu Penting. *Pusat*

- Data Dan Informasi, Kementerian Kesehatan RI*, 1–27.
<https://www.kemkes.go.id/download.php?file=download/pusdatin/buletin/Buletin-Stunting-2018.pdf>
- KEMENTERIAN PPN/BAPENNAS. 2018. *STRATEGI NASIONAL PERCEPATAN PENCEGAHAN ANAK Kerdil (STUNTING) PERIODE 2018-2024*.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2018. Widyakarya nasional pangan dan gizi XI 2018: Penguatan koordinasi pembangunan pangan dan gizi dalam penurunan stunting. *Makalah Utama Bidang 5 WNPG XI 12018*, 8.
- Maulida, M. 2022. Hubungan Karakteristik Keluarga dan Status Gizi dengan Kejadian Stunting pada Anak Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Darul Aman Kabupaten Aceh Timur Tahun 2021. *Getsempena Health Science Journal*, 1(1), 19–35.
<https://ejournal.bbg.ac.id/ghsj/article/view/1705/1323>
- Mehta, N. M., Corkins, M. R., Lyman, B., Malone, A., Goday, P. S., Carney, L., Monczka, J. L., Plogsted, S. W., & Schwenk, W. F. 2013. Defining pediatric malnutrition: A paradigm shift toward etiology-related definitions. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 37(4), 460–481.
<https://doi.org/10.1177/0148607113479972>
- Ministry of Health and Family Welfare Government of India, 2013. 2013. *Participant Manual for Facility based Care of Severe Acute Malnutrition*.
- Misiak, M., Kruczyk, I., Szczepanek, K., & Klek, S. 2014. 06. Malnutrition. Module 6.2. Severe Undernutrition: Prevalence, Mechanisms, Consequences. In *ESPEN LLL Programme* (pp. 1–11).
- Nasrul, N. 2019. Pengendalian Faktor Risiko Stunting Anak Baduta Di Sulawesi Tengah. *PROMOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(2), 131–146.
<https://doi.org/10.31934/promotif.v8i2.495>

- Niga, D. M., & Purnomo, W. 2016. Hubungan Antara Praktik Pemberian Makan, Perawatan Kesehatan, Dan Kebersihan Anak Dengan Kejadian Stunting Pada Anak Usia 1-2 Tahun Di Wilayah Kerja Puskesmas Oebobo Kota Kupang. *Wijaya*, 3(2), 151–155.
- Nugraheni, D., Nuryanto, N., Wijayanti, H. S., Panunggal, B., & Syauqy, A. 2020. Asi Eksklusif Dan Asupan Energi Berhubungan Dengan Kejadian Stunting Pada Usia 6 – 24 Bulan Di Jawa Tengah. *Journal of Nutrition College*, 9(2), 106–113. <https://doi.org/10.14710/jnc.v9i2.27126>
- Rahayu, A., Rahman, F., Marlinae, L., Husaini, Meitria, Yulidasari, F., Rosadi, D., & Laily, N. 2018. Buku Ajar Gizi 1000 Hari Pertama Kehidupan. In *Penerbit CV Mine*.
- Rahayu, A., Yulidasari, F., Putri, A. O., & Anggraini, L. 2018. Study Guide - Stunting dan Upaya Pencegahannya. In Hadianor (Ed.), *Buku stunting dan upaya pencegahannya* (1st ed.). CV Mine Perum SBI F153 Rt 11 Ngestiharjo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta- 55182.
- PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 2 TAHUN 2020 TENTANG STANDAR ANTROPOMETRI ANAK, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2020. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027%0Ahttps://www.golder.com/insights/block-caving-a-viable-alternative/%0A???>
- Rufaida, F. D., Raharjo, A. M., & Handoko, A. 2020. Hubungan Faktor Keluarga dan Rumah Tangga dengan Kejadian Stunting pada Balita di Tiga Desa Wilayah Kerja Puskesmas Sumberbaru Jember. *Journal of Agromedicine and Medical Sciences*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.19184/ams.v6i1.9541>
- Sari, E. M., Juffrie, M., Nurani, N., & Sitaresmi, M. N. 2016. Asupan protein , kalsium dan fosfor pada anak stunting dan tidak stunting usia 24-59 bulan. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, 12(4).

- Semba, R. D., Shardell, M., Sakr Ashour, F. A., Moaddel, R., Trehan, I., Maleta, K. M., Ordiz, M. I., Kraemer, K., Khadeer, M. A., Ferrucci, L., & Manary, M. J. 2016. Child Stunting is Associated with Low Circulating Essential Amino Acids. *EBioMedicine*, 6, 246–252. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.02.030>
- Valeria Dipasquale, U. C. and C. R. 2020. Acute Malnutrition in Children: Pathophysiology, Clinical Effects and Treatment. *Nutrients*, 12. <https://doi.org/doi:10.3390/nu12082413>
- Vaozia, S. 2016. *Faktor Risiko Kejadian Stunting Pada Anak Usia 1-3 Tahun (Studi Di Desa Menduran Kecamatan Brati Kabupaten Grobogan)*. 5, 314–320. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jnc>
- Walson, J. L., & Berkley, J. A. 2018. The impact of malnutrition on childhood infections. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 31(3), 231–236. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000448>
- Wulandari, N., Arman, A., Community, F. G.-J. of M., & 2022, U. 2022. Determinant Kejadian Stunting Pada Balita Berdasarkan Segitiga Epidemiologi: Determinant of Stunting Incidence in Toddlers Based on Epidemiological Triangle. *Pasca-Umi.Ac.Id*, 3(1), 123–140. <http://pasca-umi.ac.id/index.php/jmch/article/view/812>
- Yekti, R. 2020. SDGs (Sustainable Development Goals) dan 1000 Hari Pertama Kehidupan. *Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Indonesia*, 1–23.

BIODATA PENULIS



Fonnice Esther Hasan, DCN., M.Kes.

Dosen Politeknik Kesehatan (Poltekkes) Kemenkes Kendari
Jurusan Teknologi Laboratorium Medis

Penulis lahir di Kendari, pada 31 Januari 1967. Menempuh TK, SD, SMP dan SMA di kota Kendari. Sudah tertarik dengan bidang kesehatan sejak masuk kuliah di Akademi Gizi Manado tahun 1985. Pada tahun 1995 menempuh pendidikan lanjut pada Program Studi Diploma IV Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Kini bekerja sebagai Dosen tetap di Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Kendari. Mata Kuliah yang diampu; Biokimia, Patologi Penyakit dan Analisa Kimia Air, Makanan dan Minuman. Ia tercatat sebagai salah satu lulusan Program Studi Biomedik bidang Peminatan Farmakologi Kedokteran pada Program Magister Universitas Brawijaya Malang tahun 2007.

BIODATA PENULIS



Rika Rachmawati, SP, MPH

Peneliti Ahli Muda di Program Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi
Badan Riset dan Inovasi Nasional

Penulis lahir di Solo pada tanggal 7 Oktober 1978. Penulis adalah Peneliti di Program Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga, IPB. Penulis melanjutkan S2 pada Jurusan Gizi dan Kesehatan, Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, UGM. Penulis menekuni bidang menulis sejak tahun 2006 dengan menerbitkan buku *Hidangan Sehat Ibu Hamil* (2006) dan buku *Makanan Favorit Balita* (2007). Penulis juga aktif menulis hasil penelitian di Jurnal nasional dan internasional hingga saat ini.

BIODATA PENULIS



Budi Setyawati, SP., MPH

Peneliti di Pusat Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi
Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Penulis lahir di Jakarta tanggal 1 Mei 1973. Saat ini, penulis sebagai peneliti pada Pusat Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi, Organisasi Riset Kesehatan, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Sebelumnya, penulis menjadi peneliti pada Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga, IPB dan melanjutkan S2 Bidang Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, UGM.

BIODATA PENULIS



Ernita, S.Pd., SKM., M.PH

Dosen Program Studi D-III Kebidanan
Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Aceh

Penulis lahir di Banda Aceh tanggal 29 Maret 1972. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D-III Kebidanan Aceh Utara, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan (Poltekkes Kemenkes) Aceh. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan FKIP Biologi Universitas Al-Muslim serta S1 Kesehatan Masyarakat di Universitas Muhammadiyah Aceh. Kemudian penulis melanjutkan S2 pada Jurusan Kesehatan Masyarakat di Universitas Gadjah Mada. Di samping mengajar, saat ini penulis fokus pada penelitian dan pengabdian masyarakat dibidang gizi dan kesehatan masyarakat untuk menghasilkan tulisan-tulisan baru.

BIODATA PENULIS



Roslinda Laiya

Dokter Spesialis Gizi Klinik

Penulis lahir di Makassar pada tanggal 19 Februari 1978. Penulis adalah Dokter Spesialis Gizi Klinik dan Konselor Menyusui. Menyelesaikan pendidikan S1 dan Profesi Dokter pada Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2003. Kemudian melanjutkan pendidikan S2 Ilmu Biomedik pada Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan Program Pendidikan Dokter Spesialis Gizi Klinik pada Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2015. Sehari-hari bertugas di BLUD Rumah Sakit Konawe, Sulawesi Tenggara. Juga menjadi leader project MengASIhi Sepenuh Cinta, yang membersamai ibu dan calon ibu menyusui. Penulis bisa dihubungi melalui email roslinda.gizklin@gmail.com atau WA 08124160040.

BIODATA PENULIS



DR. Rondius Solfaine

Dosen Program Studi Pendidikan Dokter Hewan
Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Rondius Solfaine dilahirkan oleh ibu Siti Salamah dan ayah Suryono Wignyowinoto, di Klaten Jawa Tengah. Sebelum menjadi dosen di Prodi Pendidikan Dokter Hewan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya tahun 2008, bekerja di pusat budidaya ayam *Broiler Grand Parent Stock* di Pingku Bogor dan Representative perusahaan vaksin unggas *Bioteke* Tangerang tahun 2001-2005. Selanjutnya dibidang riset sebagai Medical Technologist di *United State Naval Medical Research Unit-2* (US Namru-2) Jakarta dan Pusat Veterinaria Farma (Pusvetma), Surabaya antara tahun 2005-2008. Lulus Dokter Hewan dan Magister Sain Veteriner dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 1999 & 2008. Lulus Doktor dari Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya tahun 2017. Mendapat sertifikasi Ahli Patologi Veteriner dari Asosisasi Patologi Veteriner Indonesia (APVI-PDHI) tahun 2011 dan Sertifikat Dosen dari Kemenristekdikti 2015. Aktif mengikuti kegiatan ilmiah nasional, antara lain Pertemuan dan Pelatihan Patologi Veteriner Di Maros Sulawesi, BBV Subang Jabar 2012, pertemuan internasional dalam *Conggres Asian Veterinary Pathology* di Kuala Lumpur 2014, *Visiting Laboratory* di Departement

Of Veterinary Medicine, Osaka Prefecture University Japan 2013 dan *Academic Visiting* di Fakultas Perubatan Veteriner Universiti Malaysia Kelantan 2019. Mendapat penghargaan *Best Presenter* dalam *Global Health and Life Science Conference* di Melbourne, Australia 2018. Aktif menulis pada Jurnal Nasional Makara Kesehatan UI, Jurnal Sains Veteriner UGM, Jurnal Kedokteran Hewan USK dan Jurnal Internasional *Vet World, Preventive Nutrition & Food Science, World Poultry, Ruminant, Tropical Journal Animal Science*. Sejak 2018 menjadi editor di jurnal nasional, reviewer penelitian/pengmas internal UWKS dan interviewer program beasiswa nasional.

BIODATA PENULIS



Indra Taufik Sahli, A.Md.AK., S.Si., M.Biomed
Dosen Prodi D3 Teknologi Laboratorium Medis
Poltekkes Kemenkes Jayapura

Penulis lahir di Trenggalek tanggal 20 Juni 1979. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes kemenkes Jayapura. Menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Analis Kesehatan (SMAK) Depkes Jayapura tahun 1999 dan D3 pada Akademi Analis Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri tahun 2003. Menempuh Pendidikan S1 pada Program Studi Farmasi Kosentrasi Teknologi Laboratorium Kesehatan lulus tahun 2011 dan menyelesaikan S2 pada program studi Magister Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang tahun 2019 mengambil peminatan Mikrobiologi dan Imunologi.

BIODATA PENULIS



apt. Nurbaiti, M.Farm.

Dosen Program Studi Farmasi

Fakultas MIPA dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Riau

Penulis lahir di Pekanbaru tanggal 11 Januari 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Farmasi Fakultas MIPA dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau. Menyelesaikan pendidikan S1 pada tahun 2016 dan profesi Apoteker pada tahun 2017. Program S2 (Magister) diselesaikan pada tahun 2020 bidang Sains dan Teknologi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Andalas. Penulis menekuni bidang Sains dan Teknologi Farmasi.

Mata kuliah dan praktikum yang diajarkan di Program Studi Farmasi UMRI adalah: Kimia Analisis, Farmasetika, Teknologi Farmasi Solid, Liquid dan Steril.

BIODATA PENULIS



Irlina Raswanti Irawan, SKM, M. Epid.

Peneliti Gizi Pusat Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi,
Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Lahir di Bandung, Jawa Barat tahun 1977. Menyelesaikan pendidikan D3 dari Akademi Gizi Bandung kemudian melanjutkan pendidikan S1 Epidemiologi dan S2 Epidemiologi Klinik di Universitas Indonesia. Sejak tahun 2000, Irlina bekerja di Badan Litbang Kesehatan tepatnya di Pusat Penelitian dan Pengembangan Gizi dan Makanan hingga tahun 2011, kemudian karena terjadi restrukturisasi berpindah menjadi peneliti di Pusat Teknologi Terapan Kesehatan dan Epidemiologi Klinik hingga tahun 2016 berpindah lagi ke Pusat Penelitian dan Pengembangan Upaya Kesehatan Masyarakat hingga awal 2022 dan saat ini berdiskusi di Pusat Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

BIODATA PENULIS



Sumarni

Dosen tetap pada Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran,
Universitas Tadulako

Penulis lahir di Makassar tanggal 1 Mei 1976. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran, Universitas Tadulako. Menyelesaikan pendidikan S1 dan Profesi Dokter pada Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, melanjutkan S2 Ilmu Biomedik pada Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan Program Pendidikan Dokter Spesialis Gizi Klinik pada Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Saat ini penulis merupakan dosen tetap pada Bagian Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako.

BIODATA PENULIS



Dr. Rosnah, STP, MPH

Dosen Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Kendari

Dr. Rosnah, STP, MPH, lahir di Ujung Pandang, 22 Mei 1971. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknologi Pangan (S1) di Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran tahun 1995, pendidikan Magister (S2) Gizi Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada tahun 2009, dan menyelesaikan program Doktor (S3) dalam bidang Ilmu Kedokteran di Universitas Hasanuddin tahun 2021.

Dr. Rosnah, STP, MPH, adalah dosen Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Kendari, mengajar mata kuliah Ilmu Kimia Pangan, Ilmu Pangan, Mikrobiologi Pangan, Ilmu Teknologi Pangan, Pengawasan Mutu Pangan, Teknologi Pengolahan Pangan Hasil Laut, Pengembangan Formula Makanan dan Patologi Penyakit.

Beliau tertarik dibidang penelitian, dan hasilnya telah dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional. Menjadi anggota organisasi Persatuan Ahli Gizi (Persagi) Sultra dan pengurus Pergizi Pangan Provinsi Sultra. Pernah menjabat sebagai Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Poltekkes Kemenkes Kendari (2013-2017), dan saat ini (2022) menjabat

sebagai Kepala Laboratorium Terpadu Poltekkes Kemenkes Kendari.