



**Galiono
Digdaya Kawthar**
Sustainable Innovation

BIOKIMIA GIZI

Retno Sri Iswari
Firlia Ayu Arini
Lovi Sandra
Desi Purwaningsih
Ari Yuniastuti
Sugiatmi

"Semua orang akan mati kecuali karyanya, maka tulislah sesuatu yang akan membahagiakan dirimu di akhirat kelak". - Ali bin Abi Thalib

**KOMUNITAS MENULIS
KEDAI AKADEMIK**

Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014

Tentang Hak Cipta

- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

BIOKIMIA GIZI

**Retno Sri Iswari
Firlia Ayu Arini
Lovi Sandra
Desi Purwaningsih
Ari Yuniastuti
Sugiatmi**

PENERBIT



**Galiono
Digdaya Kawthar**
Sustainable Innovation

BIOKIMIA GIZI

Copyright © Retno Sri Iswari, dkk

Penulis: Retno Sri Iswari, dkk
Editor: Lana Izzul Azkia
Penata Letak: Ratna Puspita
Penata Sampul: Lana Izzul Azkia

Cetakan Pertama, (Januari, 2022)
vii + 105 hal; 15,5 x 23 cm
ISBN: 978-623-99062-3-8

KOMUNITAS MENULIS (KEDAI AKADEMIK)
Diterbitkan oleh PT Galiono Digdaya Kawthar
Anggota IKAPI
Jalan Mampang Prapatan Raya No 73A, Jakarta Selatan
Telp: (021) 798-9671, 0812-1578-9193
Fax: (021) 291-22111
Email: kedaiakademik@gmail.com
Website: www.kedaiakademik.id

Dicetak oleh
Percetakan AJ Studiografis
Isi di luar tanggung jawab percetakan

Hak cipta dilindungi Undang-Undang
All Right Reserved
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau
Seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit



PRAKATA

Alhamdulillah, atas ijin Allah SWT, akhirnya penulis dapat menyelesaikan sebuah buku dengan judul **"Biokimia Gizi"**. Buku ini berisikan tentang kebutuhan harian, kekurangan dan kelebihan dari nutrisi yang diperlukan oleh tubuh. Seperti halnya makhluk hidup yang lain, manusia bertahan hidup karena adanya perpindahan energi berkelanjutan keluar masuk tubuhnya. Makanan menyediakan energi yang dibutuhkan termasuk juga nutrisi esensial yang tidak bisa dibuat dalam tubuh makhluk hidup. Nutrisi yang cukup harus mencakup beberapa komponen utama, yaitu karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Buku yang disusun oleh penulis ini memiliki kelebihan dibandingkan buku-buku lain yang sejenis karena selain mengupas tentang kebutuhan harian, buku ini juga mengulas tentang proses metabolisme yang terjadi pada komponen-komponen utama.

Buku ini secara khusus diperuntukkan untuk mahasiswa kedokteran, ilmu gizi, kebidanan dan keperawatan, untuk menunjang pembelajaran dalam mata kuliah biokimia. Sedangkan secara umum, buku ini dapat dijadikan salah satu referensi belajar mahasiswa yang memiliki matakuliah biokimia, seperti contohnya mahasiswa jurusan kimia dan teknologi hasil perikanan. Untuk memudahkan pembaca memahami isi buku yang penulis tulis, penulis menambahkan gambar dan skema yang menarik juga bahasa yang bersifat komunikatif agar lebih mudah dimengerti. Selain itu, dalam menyusun buku ini, penulis menyusun tiap bab-nya secara berurutan dan lengkap. Dimulai dari karbohidrat dan kebutuhan harian, dilanjutkan lemak, protein, vitamin dan mineral. Penulis mengharapkan setelah membaca buku ini, pembaca semakin bertambah rasa ingin tahunya tentang biokimia sehingga juga menambah referensi bacaannya. Seperti contohnya, buku tentang metabolisme enzim, biokimia ikan, biokimia perairan dan masih banyak yang lainnya. Penulis berharap buku ini bisa memberikan manfaat kepada pembaca.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun demi kesempurnaan buku ini. Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan buku ini



dari awal hingga akhir. Semoga Allah SWT senantiasa meridhai
segala usaha kita. Amin.

Jakarta, Januari 2022

Tim Penulis



DAFTAR ISI

PRAKATA | v

DAFTAR ISI | vii

Karbohidrat dan Kebutuhan Harian | 1

Lemak dan Kebutuhan Harian | 14

Protein dan Kebutuhan Harian | 33

Vitamin dan Kebutuhan Harian | 45

Mineral dan Kebutuhan Harian | 57

Kekurangan dan Kelebihan Nutrisi | 77

DAFTAR PUSTAKA | 95

PROFIL PENULIS | 102

KARBOHIDRAT DAN KEBUTUHAN HARIAN

Karbohidrat. Karbohidrat merupakan salah satu zat gizi pembangun diet yang baik. Dalam hal ini yang dimaksud dengan zat Gizi adalah komponen makanan yang diperlukan tubuh untuk menyediakan energi, menyusun struktur sel, memperbaiki dan memelihara tubuh serta mendukung pertumbuhan (Sizer and Whitney, 2020). Sedangkan yang dimaksud diet adalah pengaturan pola makan, baik porsi maupun kandungan zat gizinya (Hizni, 2017). Memilih makanan yang tepat dari karbohidrat dan makan dalam jumlah yang cukup maka tubuh akan menjalankan fungsi pada tingkat yang optimal. Menurut (Kusfriad, 2017) asupan zat gizi yang cukup dan pilihan jenis makanan yang tepat mampu meningkatkan kesehatan tubuh dan menurunkan resiko terhadap penyakit tertentu. Karbohidrat ditemukan hampir di seluruh jenis makanan yang berasal dari tumbuhan, juga buah-buahan, sayuran, biji-bijian dan kacang-kacangan. Susu dan produk susu merupakan makanan yang diderivat dari hewan mengandung karbohidrat dengan jumlah yang signifikan. Keanekaragaman pangan dari karbohidrat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1.1 Keanekaragaman pangan dari karbohidrat

Klasifikasi Karbohidrat. Kedudukan karbohidrat dalam zat gizi dikelompokkan ke dalam zat gizi makro (*macronutrients*) bersama dengan protein dan lemak. yaitu zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar (Almatsier, 2003). Karbohidrat merupakan suatu senyawa organik yang mengandung unsur Carbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O), dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks (Lehninger, 2010). Karbohidrat sederhana adalah karbohidrat yang terdiri dari satu atau dua molekul gula. Karbohidrat sederhana disebut juga dengan gula sederhana, yang termasuk gula sederhana adalah: (1) monosakarida, merupakan karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi gula yang lebih sederhana lagi. Monosakarida yang bermanfaat bagi tubuh, diantaranya adalah fruktosa (gula buah), glukosa (gula anggur) dan galaktosa; (2) disakarida adalah karbohidrat yang bila dihidrolisis menghasilkan 2 molekul gula. Disakarida yang bermanfaat bagi tubuh diantaranya adalah sukrosa (gula tebu), laktosa (gula susu), maltosa (gula malt) dan trehalosa (gula jamur); (3) Gula alkohol, diantaranya adalah (a) sorbitol, banyak digunakan dalam makanan; (b) manitol, terdapat pada nanas, asparagus, ubi jalar dan wortel; (c) Dulsitol, banyak digunakan dalam makanan; dan (d) inositol, terdapat pada sekam sereal, menghambat penyerapan kalsium dan besi di usus halus. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1. Buah-buahan merupakan salah satu sumber alami terkaya dari karbohidrat sederhana (Fitri and Fitriana, 2020)

Tabel 1.1 Karbohidrat sederhana

Monosakarida	Gula alkohol	Disakarida
Karbohidrat yang tidak bisa dihidrolisis menghasilkan gula yang lebih sederhana. Contohnya Glukosa, fruktosa, galaktosa	Sorbitol banyak digunakan dalam makanan dan minuman penderita diabetes, tidak mudah dimetabolisme oleh bakteri dalam mulut sehingga tidak mudah menimbulkan karies gigi. Sebagai inhibitor metabolisme glukosa	Terbentuk dari gabungan dua molekul monosakarida. Contohnya sukrosa, maltosa, Laktosa dan Trehalosa
Glukosa merupakan karbohidrat yang beredar dalam tubuh dan di dalam sel sebagai sumber energi. Terdapat di sari buah, hidrolisis pati, gula, tebu, dan laktosa	Manitol terdapat dalam nanas, asparagus, ubi jalar, dan wortel. Banyak digunakan dalam industri pangan.	Sukrosa (gula pasir), terdapat pada gula tebu dan dikenal sebagai gula pasir. Tersusun oleh satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa
Fruktosa banyak	Dulsitol, banyak	Maltosa (gula malt)

terdapat dalam madu, sari buah, hidrolisis gula tebu dan inulin dapat diubah menjadi glukosa didalam hati	digunakan di industri pangan	tersusun oleh dua molekul glukosa, terbentuk pada setiap pemecahan pati,
Galaktosa di dalam hati diubah menjadi glukosa, digunakan jaringan sebagai sumber energi. Disintesis dalam kelenjar mammae untuk membuat laktosa susu. Juga merupakan unsure pembentuk glikolipid dan glikoprotein.	Inusitol terdapat pada bahan makanan terutama sekam sereal. Bentuk ester dengan asam filtrat menghambat absorpsi kalsium dan zat besi dalam usus halus.	Laktosa (gula susu), terdapat pada susu. Tersusun oleh satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa. Kemanisannya paling rendah
		Trehalosa (gula jamur), terdapat pada serangga dan jamur

Karbohidrat kompleks dibangun dari gula sederhana, tetapi molekul gula yang satu berikatan kuat dengan gula yang lain membentuk rantai yang lebih panjang dan lebih kompleks (Murray, R.K., D.K. Granner and Meyes, 2000), diantaranya adalah: (1) **Amylum** (pati), bila dihidrolisis menghasilkan glukosa. Merupakan karbohidrat terpenting dalam bahan makanan, banyak terdapat pada serella, kentang, kacang-kacangan dan lain-lain. Kentang bila direbus kandungan amilosanya terekstrak oleh air panas sehingga terlihat seperti susu. Amilopektin yang tertinggal menjadi bagian utama kandungan pati pada kentang rebus; (2) **Glikogen**, merupakan cadangan energi yang terdapat dalam jaringan tubuh manusia dan hewan. Hati merupakan organ yang paling banyak mengandung glikogen (dapat mencapai 6 % dari berat organ), sedangkan otot skelet hanya mengandung 0,7% dari masa otot; (3) **Khitin**, senyawa ini merupakan elemen utama di dalam eksoskeleton insekta dan krustasea; (4) **Inulin**, termasuk homopolisakarida yang banyak terdapat di dalam umbi dahlia dan bawang merah. Polisakarida ini termasuk golongan fruktosan yang bila dihidrolisis menghasilkan fruktosa. Makanan yang kaya karbohidrat kompleks termasuk sayuran, biji-bijian, kacang polong dan kacang-kacangan) (Lehninger, 2010). Macam-macam karbohidrat kompleks dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1.2 Karbohidrat kompleks (Lehninger, 2010)

Nama	Keterangan
Khitin	Merupakan senyawa utama pada eksoskeleton insecta dan crustacea. Berperan menurunkan kolesterol dalam darah.
Glikogen	Merupakan cadangan energi yang terdapat pada jaringan tubuh manusia dan hewan. Disimpan di dalam hati dan otot.
Amilum	Ada dua rantai berupa amilosa (rantai lurus) dan amilopektin (rantai bercabang). Merupakan karbohidrat terpenting dalam bahan makanan, banyak terdapat pada sereal, kentang, kacang-kacangan dll. Sebagai sumber utama energi bagi makhluk hidup.
Inulin	Merupakan homopolisakarida yang terdapat dalam umbi dahlia dan bawang merah. Termasuk golongan fruktosa. Berfungsi untuk penetapan <i>glomerular filtration rate</i> . Hasil penelitian menunjukkan bahwa inulin termasuk jenis serat pangan yang larut dan sangat penting dalam membantu menurunkan kadar kolesterol-LDL
Selulosa	Bagian utama dari dinding sel tumbuhan, Tidak larut dalam air dan tidak dapat digunakan sebagai sumber energi pada manusia dan hewan ber lambung tunggal. Sapi, kerbau, domba kambing dan rayap yang dapat menguraikannya. B-Glukosa akan difermentasi menjadi asam lemak rantai pendek, CO ₂ , dan gas metana. Asam lemak rantai pendek akan diserap kedalam aliran darah sapi masuk ke jaringan dan dipergunakan sebagai bahan bakar. Dapat melunakkan dan memberi bentuk pada feses karena mampu menyerap air, membantu gerakan peristaltik usus, membantu defekasi dan mencegah konstipasi.
Hemiselulosa	Merupakan bagian utama dari serat sereal, yang terdiri atas polimer bercabang heterogen heksosa, pentosa dan asam kuronat.
Lignin	Terdiri atas polimer karbohidrat rantai pendek, bagian keras dari tumbuhan sehingga jarang dimakan. Terdapat dalam tangkai sayur, bagian inti wortel dan biji jambu biji.
Pektin	Merupakan polimer ranosa dan asam galaktoronat. Terdapat dalam sayur dan buah terutama jenis sitrus, apel, jambu biji, anggur dan wortel. Berfungsi sebagai bahan perekat antar dinding sel
Gun	Digunakan dalam industri pangan sebagai pengental, emulsifier, dan stabilizer. Diekstrak
Mukilase	Terdapat dalam biji-bijian dan akar.
Betaglukal	Terdapat dalam sereal terutama dalam oat dan barley. Hasil penelitian menunjukkan beta glukal berperan dalam menurunkan kolesterol-LDL dalam darah.
Algal	Digunakan sebagai bahan pengental dan <i>stabilizer</i> . Terdapat pada algae dan rumput laut, digunakan sebagai pengental dan <i>stabilizer</i> .



Pencernaan Karbohidrat. Karbohidrat merupakan sumber utama glukosa darah, berfungsi sebagai bahan bakar untuk seluruh sel tubuh, otak dan sel darah merah saja yang hanya bisa menggunakan glukosa sebagai sumber energi. Karbohidrat kompleks untuk dapat digunakan sebagai sumber energi harus mengalami pemecahan atau penguraian melalui proses pencernaan makanan. Pencernaan makanan (*digesti*) merupakan serangkaian proses penghancuran makanan secara mekanis maupun biokimiawi dimana molekul besar dan kompleks diubah menjadi molekul kecil dan sederhana sehingga dapat diserap oleh mukosa usus (Almatsier, 2003). Tujuannya adalah mengubah karbohidrat menjadi ikatan-ikatan lebih sederhana, terutama berupa glukosa, fruktosa, dan galaktosa sehingga dapat diserap oleh pembuluh darah melalui dinding usus halus. Pencernaan karbohidrat kompleks (polisakarida) dimulai di mulut dan berakhir di usus halus dan disakarida secara kimiawi dimulai di usus halus dan berakhir di usus halus. Dalam saluran cerna (mulut – usus halus – usus besar), polisakarida dan disakarida dalam makanan diubah menjadi monosakarida oleh enzim *glikosidase* yang menghidrolisis ikatan glikosida antara monosakarida (gula). Karbohidrat yang tidak tercerna memasuki usus besar untuk sebagian besar dikeluarkan dari tubuh.

Mekanisme pencernaan karbohidrat dimulai di mulut. Di dalam mulut amilum (terdiri atas rantai amilopektin dan amilosa) dicerna secara mekanik dan biokimiawi. Pencernaan mekanik adalah pencernaan yang mengubah bentuk kasar atau besar menjadi halus atau kecil oleh gigi dibantu lidah. Pencernaan biokimiawi adalah pencernaan yang mengubah senyawa kompleks (polisakarida) dan disakarida menjadi senyawa sederhana (monosakarida) oleh enzim (Marks, Marks and Smith, 2000). Kelenjar liur mensekresikan sekitar 1 liter cairan per hari yang mengandung musin liur dan α -amilase (sebelumnya dikenal sebagai *ptialin*) liur. Musin liur adalah suatu glikoprotein licin yang penting untuk melumas (lubrikasi) dan menyebarkan (dispersi) polisakarida. Amilase- α secara acak menghidrolisis ikatan α -1,4 internal antara residu glukosil dalam amilopektin, amilosa dan glikogen, mengubah polisakarida yang berukuran besar menjadi polisakarida yang lebih kecil. Bila berada di mulut cukup lama, sebagian polisakarida diubah menjadi disakarida maltosa. Karena makanan berada di mulut hanya sebentar pencernaan di dalam mulut tidak berarti. Enzim α -amilase liur bekerja paling baik pada pH air liur yang bersifat netral (pH= 6,8-7). Bolus makanan yang ditelan bergerak dari mulut melalui kerongkongan (*esofagus*) masuk ke dalam lambung. Kerja amilase liur yang ikut masuk ke lambung dihentikan oleh pH yang asam



karena adanya asam klorida dan enzim pencernaan protein yang terdapat di lambung, yang menyebabkan denaturasi enzim yang terbawa dari mulut.

Makanan yang sudah dihaluskan oleh gigi selanjutnya masuk ke dalam lambung. Di dalam lambung karbohidrat tidak mengalami pencernaan secara biokimiawi oleh karena itu makanan yang sudah menjadi bubur (*chyme*) selanjutnya masuk ke dalam usus halus. Sebagian besar pencernaan karbohidrat terjadi di dalam usus halus. Enzim amilase yang dikeluarkan oleh pankreas, mencernakan pati menjadi dekstrin dan maltosa. Penyelesaian pencernaan karbohidrat dilakukan oleh enzim-enzim disakaridase yang dikeluarkan oleh sel-sel mukosa usus halus berupa maltase, sukrase, dan laktase (Groff and Gropper, 2000). Hidrolisis disakarida oleh enzim-enzim tersebut terjadi di dalam mikrovili dan monosakarida yang dihasilkan adalah glukosa, fruktosa (dari gula buah) dan galaktosa (dari gula susu). Monosakarida glukosa, fruktosa dan galaktosa selanjutnya diabsorpsi melalui sel epitel usus halus dan diangkut oleh sistem sirkulasi darah melalui vena porta. Bila konsentrasi monosakarida di dalam usus halus atau pada mukosa sel cukup tinggi, absorpsi dilakukan secara pasif atau fasilitatif. Tapi bila konsentrasi turun, absorpsi dilakukan secara aktif melalui gradien konsentrasi dengan menggunakan energi dari ATP dan ion natrium. Glukosa dan galaktosa lebih cepat diabsorpsi daripada fruktosa. Monosakarida melalui vena porta dibawa ke hati dimana fruktosa dan galaktosa diubah menjadi glukosa.

Absorpsi Karbohidrat. Semua karbohidrat kompleks dan disakarida akhirnya dipecah dan diubah menjadi monosakarida. Monosakarida hasil pencernaan berupa glukosa, fruktosa dan galaktosa kemudian diabsorpsi melalui sel epitel usus halus dan diangkut melalui system sirkulasi darah melalui vena porta dibawa ke hati dimana fruktosa dan galaktosa diubah menjadi glukosa (Marks, Marks and Smith, 2000). Glukosa dan galaktosa lebih cepat diabsorpsi daripada fruktosa. Jadi semua disakarida pada akhirnya diubah menjadi glukosa. Bila konsentrasi monosakarida di dalam usus halus atau pada mukosa cukup tinggi, absorpsi dilakukan secara pasif atau fasilitatif. Tetapi bila konsentrasi turun, absorpsi dilakukan secara aktif melalui gradient konsentrasi dengan menggunakan energi dari ATP dan ion natrium.

Glukosa yang dihasilkan masuk ke dalam sel tubuh untuk dimetabolisme, diantaranya dipecah atau didegradasi untuk menghasilkan energi dalam bentuk Adenosin triphosphat (ATP). Sebagian Kelebihan glukosa disintesis menjadi glikogen disimpan di



hati dan di otot. Bila seseorang mengkonsumsi kalori yang berlebih daripada yang dibutuhkan tubuh, kelebihan dari karbohidrat tersebut disintesis menjadi lemak dan disimpan di jaringan adiposa. Hal ini disebabkan simpanan karbohidrat dalam bentuk glikogen sangat terbatas yaitu: (1) di hati hanya sekitar 6% dari masa hati, berfungsi untuk mempertahankan kadar glukosa darah; dan (2) di otot sekitar 0,7% dari masa otot, berfungsi sebagai sumber energy atau cadangan energy. Sebagian lagi glukosa diubah umenjadi ribosa atau deoksiribosa sebagai bahan dasar pembentuk RNA atau DNA.

Setelah makan, kadar glukosa darah naik kurang lebih 30 menit dan secara perlahan kembali ke kadar gula puasa (70-100 mg/100 ml) setelah 90-180 menit. Kadar maksimal gula darah dan kecepatan untuk kembali pada kadar normal bergantung pada jenis makanan. Dalam waktu 1-4 jam selesai makan, pati non karbohidrat atau serat makanan dan sebagian kecil pati yang tidak dicernakan masuk ke dalam usus besar. Sisa-sisa pencernaan ini merupakan substrat potensial untuk difermentasi oleh mikroorganisme di dalam usus besar. Substrat potensial lain yang difermentasi fruktosa, sorbitol, dan monomer lain yang susah dicernakan, laktosa pada yang kekurangan laktase serta rafinosa, stakiosa,, verbaskosa, dan fruktan. Produk utama fermentasi karbohidrat dalam usus besar adalah karbondioksida, hidrogen, metan dan asam-asam lemak rantai pendek yang mudah menguap, seperti asam asetat, propional dan asam butirrat. Pada kadar rendah, sebagian besar gas-gas hasil fermentasi diabsorpsi dan dikeluarkan melalui paru-paru. Bila melebihi kemampuan kolon untuk mengabsorpsi, gas-gas ini akan dikeluarkan melalui anus (*flatus*).

Serat Pangan. Menurut (Lehninger, 2010) serat pangan adalah polisakarida dengan 10 atau lebih unit monomer (glukosa) yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim-enzim dalam usus halus. Meskipun tidak dapat dihidrolisis untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi serat pangan memiliki manfaat yang baik bagi kesehatan manusia. Berdasarkan kelarutannya dalam air dibedakan menjadi 2 yaitu: (1) serat yang dapat larut air, seperti pektin, gum, mukilage, β -glukan dan algal; (2) serat yang tidak dapat larut dalam air, seperti: selulosa, hemiselulosa dan lignin. Serat pangan yang larut dalam air lambat dicerna sehingga memberikan rasa kenyang yang lebih lama sedangkan serat pangan yang tidak larut mendukung motiitas saluran cerna dan mencegah kontipasi (sembelit). Walaupun ensim manusia tidak dapat mencerna serat, flora bakteri yang ada di dalam usus manusia dapat menguraikan serat makanan yang dapat larut, membebaskan produk tersebut ke dalam lumen usus. Hasil



akhir metabolisme bakteri adalah CO₂, H₂O dan H₂, metana dan asam lemak rantai pendek (asetat, propionat, dan butirat). Sebagian dari asam lemak ini mungkin diserap dan digunakan oleh sel epitel usus dan sebagian mungkin berpindah ke hati melalui vena porta hepatica. Melalui hasil pencernaan bahan oleh bakteri di dalam saluran cerna diperoleh 10% dari seluruh kalori. Pola makan yang baik diharapkan selalu mengandung serat dan sebaiknya ditingkatkan konsumsi kandungan serat dalam makanan. Salah satu pengaruh yang menguntungkan adalah dapat mengobati penyakit divertikulum yaitu terbentuknya kantung atau saku di kolon akibat melemahnya struktur otot dan submukosa (Marks, Marks and Smith, 2000). Serat diperkirakan dapat "melunakkan" tinja, sehingga mengurangi tekanan di dinding kolon dan meningkatkan pengeluaran tinja. Hasil penelitian epidemiologi dan jenis menunjukkan bahwa konsumsi serat yang rendah berkaitan dengan peningkatan insiden kanker kolon. Jenis serta tertentu (misalnya pektin) mampu menurunkan kadar kolesterol darah dengan mengikat asam empedu. Pektin juga memberikan efek menguntungkan dalam diet penderita diabetes dengan memperlambat kecepatan penyerapan gula sederhana dan mencegah peningkatan kadar glukosa darah setelah makan (Fairudz and Nisa, 2015). Namun, setiap efek menguntungkan yang dikaitkan dengan "serat" bersifat relatif spesifik bagi jenis serat yang bersangkutan, dan bentuk fisik makanan yang mengandung serat tersebut.

Komposisi keanekaragaman makanan yang tepat, bergizi seimbang dan sehat berpengaruh terhadap kesehatan seseorang (WHO, 2018). Pola makan yang bergizi selain seimbang dalam jenis dan jumlah makanan, juga jumlah kalori dalam arti makanan yang dipilih menyediakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan berat badan yang sesuai, tidak lebih, tidak kurang, dan cukup kandungan seratnya. Penentu zat gizi yang baik terdapat pada jenis pangan yang baik dan disesuaikan dengan kebutuhan tubuh (Bender, 2002). Diet yang seimbang perlu dilakukan setiap hari agar sehat. Gizi yang seimbang membantu dalam pencegahan malnutrisi mikronutrien dan penyakit kronis tertentu seperti penyakit kardiovaskular, katarak dan kanker (Tripathi, 2017).

Kenekargaman pangan sangat diperlukan, hal ini disebabkan setiap jenis makanan mengandung zat gizi tertentu dengan jumlah yang berbeda-beda. Tidak ada satupun makanan yang mengandung semua jenis zat gizi yang dibutuhkan tubuh untuk menjamin pertumbuhan dan mempertahankan kesehatannya, kecuali Air Susu Ibu (ASI). Nasi merupakan sumber utama kalori, mengandung sedikit



vitamin dan mineral. Sayuran dan buah-buahan sebagian besar kaya akan vitamin, mineral dan serat, tetapi sedikit mengandung kalori. Oleh karena itu diperlukan aneka ragam jenis pangan dalam konsumsi pangan sehari-hari. Keanekaragaman pangan ialah anekaragam kelompok pangan yang terdiri dari makanan pokok, lauk pauk, sayuran, dan buah-buahan dan air serta beranekaragam dalam setiap kelompok pangan (RI, 2014).

Dalam sehari, setiap kali makan diharuskan terdiri dari makanan pokok sebagai sumber energi, lauk-pauk sebagai sumber protein, sayuran sebagai sumber mineral, buah-buahan sebagai sumber vitamin dan minuman sebagai sumber air untuk pelarut. Makanan pokok adalah makanan utama yang biasa dihidangkan dalam jumlah banyak, seperti nasi (amilum/pati). Bahan makanan pokok yang lain diantaranya kentang, singkong, ubi jalar, jagung, talas, sagu, dan sukun. Lauk pauk adalah hidangan pelengkap nasi yang dapat berasal dari bahan hewani dan produknya, tumbuh-tumbuhan, atau kombinasi bahan hewan dan tumbuhan yang biasanya dimasak dengan bumbu tertentu. Diutamakan kandungannya berupa protein dan juga lemak, seperti telur goreng, tempe goreng ikan dan daging. Sayuran dikonsumsi sebagai sumber vitamin dan mineral. Sayuran dapat berwarna hijau, seperti bayam, brokoli, kangkung, kemangi, daun pepaya, kecipir, buncis, dan kacang panjang. Bisa juga berwarna lainnya seperti terong ungu, waluh, rebung, tauge, wortel, tomat dan bayam merah dan bit. Buah-buahan merupakan sumber makanan yang kaya akan berbagai macam vitamin, mineral dan zat-zat gizi yang bermanfaat bagi tubuh. Semakin matang buah yang mengandung karbohidrat semakin tinggi kandungan fruktosa dan glukosanya, yang dicirikan oleh rasa yang semakin manis. Vitamin dan mineral membantu semua proses kerja tubuh, mencerna makanan, menumbuhkan jaringan baru, menyembuhkan luka, dan memperoleh energi dari karbohidrat, lemak, dan protein (Sizer and Whitney, 2020). Berdasarkan fungsinya maka asupan buah dan sayur perlu ditingkatkan dengan, memakan berbagai buah dan sayuran (WHO, 2019). Konsumsi pangan hendaknya memperhatikan ketentuan zat gizi yang cukup berimbang, sesuai dengan kebutuhan bagi pembentukan manusia yang sehat, kuat, cerdas dan produktif. Dalam sistem konsumsi terdapat aspek penting yaitu diversifikasi. Diversifikasi pangan dimaksudkan untuk memperoleh keragaman zat gizi sekaligus melepas ketergantungan masyarakat atas satu jenis pangan pokok tertentu yaitu beras. Ketergantungan yang tinggi dapat memicu ketidakstabilan jika pasokan terganggu dan sebaliknya jika masyarakat menyukai pangan alternatif maka ketidakstabilan akan



dapat dijaga (Marwanti, 2011). Kebiasaan minum secangkir kopi atau teh manis di pagi dan atau sore hari banyak dilakukan baik pria maupun perempuan. Gula yang ditambahkan dapat berupa gula pasir, gula arena atau gula batu. Perilaku makan dengan makanan manis dan minum manis memberikan asupan gula tambahan ke dalam tubuhnya. Anjuran yang diperbolehkan menambahkan gula tambahan maksimal 2 sendok makan (20 g)/hari (RI, 2014) dan 25 g atau 6 sdt/per hari (WHO, 2018).

Gula tambahan adalah gula maupun sirup yang ditambahkan ke dalam makanan untuk menambah rasa manis atau membantu pencoklatan bila makanan dipanggang. Gula tambahan disebut juga pemanis karbohidrat, diantaranya jus buah pekat, glukosa, fruktosa, sirup jagung, sukrosa, dan karbohidrat manis lainnya.

Gula tambahan tidak mengandung zat gizi lain seperti protein, vitamin, mineral, atau serat. Oleh karena itu kepadatan gizinya rendah. Kepadatan gizi adalah ukuran gizi yang disediakan per kalori makanan. Makanan padat gizi menyediakan vitamin, mineral, dan zat gizi lain dengan sedikit atau tanpa lemak padat, gula tambahan, pati halus, atau natrium. Makanan dengan kepadatan gizi adalah sayuran, terutama sayuran non-tepung seperti sayuran berdaun gelap (dimasak dan mentah), paprika merah, brokoli, wortel, jamur, dan tomat. Sebaliknya makanan kurang bergizi karena mengandung terlalu sedikit sayuran, terlalu banyak kalori dan lemak jenuh, sehingga kepadatan gizinya rendah, seperti berbagai camilan, kue kering, pizza, mie ramen, dan sandwich (Puspitaningrum, 2014).

Ketika memilih makanan yang kaya karbohidrat untuk diet, selalu pilih makanan yang tidak dimurnikan seperti buah-buahan, sayuran, kacang polong, kacang-kacangan dan produk biji-bijian, sebaliknya untuk yang dimurnikan makanan-makanan yang diproses seperti soft drink, es krim dan pudding, permen dan gula. Makanan olahan lebih sedikit, kalau ada vitamin dan mineral yang penting untuk kesehatan. Selain itu apabila dimakan berlebihan terutama selama bertahun-tahun, sejumlah besar karbohidrat sederhana yang terdapat dalam makanan yang dimurnikan dapat memicu sejumlah besar kelainan, termasuk diabetes dan hypoglisemia (gula darah rendah). Namun masalah yang lain bahwa makanan olahan yang tinggi gula sederhana sering juga tinggi lemak harus dibatasi dalam diet yang sehat. Inilah mengapa banyak makanan termasuk roti besar dan roti, juga banyak snacks biasanya kelebihan kalori. Nilai karbohidrat pada berbagai bahan makanan dapat dilihat pada Tabel 3.

Serat merupakan bentuk karbohidrat yang sangat penting. Seperti yang sudah pernah disebutkan bahwa serat diet tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan tubuh. Hanya sebagian kecil serat dapat dicerna atau dimetabolisme dalam lambung dan usus. Sebaliknya, sebagian besar bergerak melalui saluran pencernaan dan berakhir sebagai tinja.

Tabel 1.3 Nilai karbohidrat berbagai bahan makanan (gram/100 gram) (Depkes, 1983)

Bahan Makanan	Nilai Karbohidrat	Bahan Makanan	Nilai Karbohidrat
Gula pasir	94,0	Kacang tanah	23,6
Gula kelapa	76,0	Tempe	12,7
Jeli/jam	64,5	Tahu	1,6
Pati (maizena)	87,6	Pisang ambon	25,8
Bihun	82,0	Apel	14,9
Makaroni	78,7	Mangga arumanis	11,9
Beras setengah giling	78,3	Pepaya	12,2
Jagung kuning	73,7	Daun singkong	13,0
Kerupuk udang dengan pati	68,2	Wortel	9,3
Mie kering	50,0	Bayam	6,5
Roti putih	50,0	Kangkung	5,4
Ketela pohon (singkong)	34,7	Tomat masak	4,2
Ubi jalar merah	27,9	Hati sapi	6,0
Kentang	19,2	Telur bebek	0,8
Kacang hijau	62,9	Telur ayam	0,7
Kacang merah	59,5	Susu sapi	4,3
Kacang kedelai	34,8	Susu kental manis	4,0

Meskipun banyak serat tidak dapat dicerna, serat memberikan beberapa manfaat kesehatan yang penting (Kurniaari,2014), yaitu: (1) serat menyerap air, menghasilkan tinja yang lebih lembut dan lebih besar yang mencegah konstipasi dan wasir Diet tinggi serat juga mengurangi resiko kanker, barangkali dengan mempercepat kecepatan buang air besar melalui usus dan menjaga saluran pencernaan tetap bersih; (2) serat mudah berikatan dengan substansi-substansi tertentu yang dapat menormalkan produksi kolesterol, dan mengeliminasi substansi-substansi tersebut dari tubuh. Dengan cara ini, diet tinggi serat membantu kadar kolesterol darah menjadi lebih rendah, mengurangi resiko penyakit hati.

Ada tujuh macam serat yang biasa dikonsumsi, yaitu bekatul, selulosa, gum, hemiselulosa, lignin, lendir dan pektin. Setiap jenis serat memiliki fungsi masing-masing. Konsumsi serat terbaik adalah



secara bergantian di antara beberapa sumber serat suplemental yang berbeda, Mulailah dengan jumlah kecil dan secara bertahap tingkatkan asupan sampai konsisten keluarnya feces. Perlu diketahui bahwa saat ini diet rata-rata kurang serat, mengkonsumsi serat dalam jumlah berlebihan dapat menurunkan penyerapan zeng, besi dan kalsium.

Kebutuhan karbohidrat dan serat pangan

Direkombinasikan sekitar 60% dari total kalori harian berasal dari karbohidrat. Jika sebagian besar makanan terdiri dari karbohidrat kompleks maka diet serat pangan yang direkomendasikan memenuhi kebutuhan serat harian minmum sekitar 20 – 35 gram /hari (WHO, 2020). Selain menggunakan suplemen serat, harus dipastikan untuk mendapatkan serat melalui diet. Pastikan diet mengandung makanan berserat tinggi, seperti sereal gandum dan tepung, beras merah, agar-agar, semua jenis bekatul, sebagian besar buah segar, plum kering, kacang-kacangan, lentil, kacang polong, dan sayuran mentah segar. Makanlah beberapa makanan tersebut setiap hari agar tidak terjadinya kelebihan berat badan karena kelebihan makan karbohidrat.

Kelebihan berat badan yang termasuk kegemukan atau obesitas apabila seseorang mempunyai kelebihan berat badan 20 % atau lebih di atas rata-rata orang sehat dengan tinggi badan, rangka, usia dan jenis kelamin yang sama. Orang obesitas mempunyai sel lemak yang jauh lebih banyak dan massa tubuh lebih besar daripada orang normal. Orang normal menyimpan paling banyak proporsi energi netonya dalam bentuk trigliserida dalam jaringan lemak, ditambah dengan 15 – 20 % glikogen dalam hati dan urat daging. Penderita obesitas mempunyai trigliserida yang lebih banyak dibandingkan dengan orang normal, sedangkan glikogennya biasanya sama. Hal ini dikarenakan simpanan dalam bentuk glikogen jumlahnya terbatas yaitu kurang lebih 6 % disimpan di hati dan 0,7% pada masa otot. Penamabahan lapisan lemak tersebut akan menjadi normal kembali dengan pengurangan makan makanan sumber karbohidrat (Kurniasari, 2014)

Beberapa faktor resiko dari kegemukan diantaranya adalah: (1) **Diabetes mellitus** atau penakit kencing manis. Hasil penelitian menunjukkan ada korelasi yang bermakna antara obesitas dengan kadar gula darah. Yang sudah diketahui adalah diabetes mellitus mempunyai etiologi multifaktorial dengan obesitas sebagai salah satu faktornya. Pada obesitas terjadi hipertropi sel beta pancreas dan hiperinsulinisme; (2) **Hipertensi**. Ada pendapat yang menyatakan bahwa obesitas membahayakan terutama karena tekanan darah



tinggi yang ditimbulkannya. Hubungan antara tekanan darah dan berat badan lebih nyata untuk tekanan sistolik dari pada tekanan diastolic. Juga hubungan tersebut lebih menonjol pada wanita daripada laki-laki. Kenyataan bahwa orang dengan tekanan darah tinggi cenderung untuk menjadi gemuk, dan adanya hubungan bahwa yang gemuk dengan tekanan darah normal cenderung untuk menjadi hipertensif menunjukkan adanya hubungan antara hipertensi esensial dengan obesitas; (3) Resiko lain yang terjadi pada obesitas, semua organ tubuh dapat terkena atau terpengaruh obesitas dan memberikan resiko timbulnya penyakit tertentu. Beberapa penyakit yang timbul diantaranya adalah perlemakan hati, kenaikan kadar SGOT, SGPT dan LDL darah.

Usaha pencegahan obesitas dapat dilakukan dengan cara menerapkan pola hidup sehat sedini mungkin untuk mencapai dan mempertahankan berat badan normal atau berat badan idaman. Caranya adalah : (1) membudayakan pola makan sehari-hari yang sehat yang seimbang dengan cara meningkatkan konsumsi sayuran dan buah sebagai sumber serat, sehingga bisa mengurangi absorpsi kalori dan lemak di usus halus. Juga membatasi konsumsi makanan tinggi lemak dan karbohidrat sederhana; (2) melakukan olah raga yang cukup, sesuai dengan umur dan kemampuan.

Pengaturan makan. Pengaturan makan untuk obesitas pada prinsipnya adalah menurunkan masukan kalori sehingga tercapai berat badan yang diidamkan. Dalam mengurangi masukan kalori, lebih dianjurkan cara penurunan bertahap tetapi mantap yaitu pengurangan kurang lebih 500 kalori dari kebutuhan untuk mempertahankan berat badan dapat menurunkan berat badan $\frac{1}{2}$ - 1 kg per minggu. Tidak dianjurkan cara penurunan berat badan yang drastic dengan diet yang sangat ketat, apalagi dengan total fasting yang tidak jelas fisiologis, bahkan dapat menyebabkan terjadinya pemecahan lemak yang berlebihan. Cara yang sangat ketat ini memang tampaknya akan segera dapat menurunkan berat badan, tetapi tanpa perubahan dan pengertian mengenai pola atau budaya makan yang baik, berat badan akan segera meningkat kembali.



LEMAK DAN KEBUTUHAN HARIAN

A. Pengertian Lemak

Lemak adalah senyawa yang tidak larut air namun larut dalam pelarut organik seperti ester dan kloroform. Lemak merupakan salah satu zat gizi makro yang berperan sebagai sumber energi utama. Simpanan lemak dalam tubuh adalah satu-satunya simpanan energi yang dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Lemak terdapat dalam tubuh manusia dan makanan dalam berbagai macam bentuk dan fungsi, secara umum lemak dibagi menjadi tiga kelompok yaitu trigliserida, fosfolipid dan sterol. Sebagian besar lemak yaitu sekitar 95% termasuk golongan trigliserida. Lemak juga dikelompokkan berdasarkan struktur atau susunan kimianya dan fungsinya pada tubuh manusia dan makanan. Banyak orang menganggap makanan yang mengandung lemak harus dihindari karena dapat menyebabkan kegemukan dan penyakit jantung yang merupakan penyebab kematian tertinggi pada orang dewasa. Faktanya, lemak diperlukan oleh tubuh kita dan berperan penting untuk kesehatan tubuh, namun konsumsi lemak yang tidak seimbang dan berlebihan dapat meningkatkan risiko penyakit. Jika dikonsumsi dengan tepat dan dalam jumlah cukup, lemak dapat memenuhi kebutuhan energi dan digunakan untuk proses metabolisme dan fisiologis dalam tubuh. Beberapa jenis lemak adalah nutrisi yang penting untuk menjaga kesehatan dan tidak dapat disintesis oleh tubuh, sehingga harus didapatkan dari makanan. Lemak dan minyak terkandung pada hampir semua jenis makanan sehingga untuk menjaga kesehatan, kita perlu memilih jenis lemak yang tepat dan seimbang untuk dikonsumsi setiap hari (Mann and Truswell, 2012;Sizer and Whitney, 2014). Secara alami lemak terdapat pada pangan dari hewani dan tumbuhan, lemak dari sumber hewani berasal dari susu dan produknya serta dari jaringan adiposa hewan pada daging, sementara lemak dari sumber nabati berasal dari minyak nabati, sayuran, kacang-kacangan dan biji-bijian. Lemak juga terdapat dalam pangan olahan dan digunakan untuk proses pengolahan makanan, seperti pada kue, roti, biskuit dan cokelat. Di negara barat, lipid dikonsumsi sebanyak 30-40% dari total energi makanan, sedangkan di negara Asia proporsi energi dari lemak biasanya lebih rendah (Mann and Truswell, 2012).

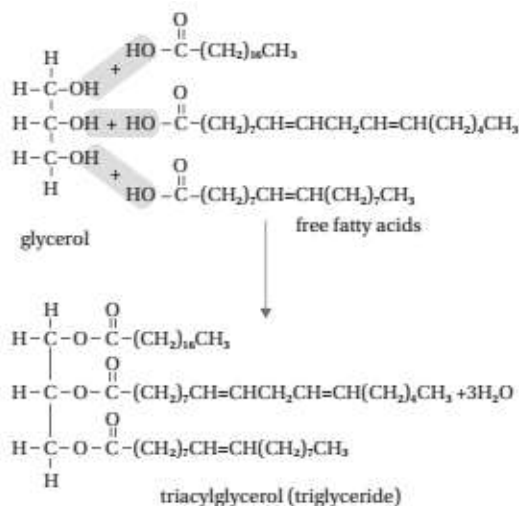
B. Klasifikasi Lemak

Setiap kelompok lemak memiliki karakteristik masing-masing yang ditentukan oleh susunan kimianya dan memiliki sifat fisik serta fungsi yang berbeda. Pengelompokan lemak dibagi berdasarkan susunan kimia, fungsi biologis dalam tubuh dan dari tingkat kejenuhannya (Mann and Truswell, 2012; Gropper and Smith, 2013).

Trigliserida : Asam Lemak dan Gliserol

Sebagian besar asam lemak di alam, pada tubuh maupun makanan, adalah golongan trigliserida atau triasilgliserol yang terdiri dari gabungan asam lemak dan gliserol, sedikit sekali asam lemak bebas yang tidak berikatan dengan molekul lainnya. Sesuai dengan namanya, trigliserida terdiri dari 3 asam lemak yang terikat pada molekul gliserol. Asam lemak. Asam lemak dibedakan berdasarkan panjang rantainya dan dari tingkat kejenuhannya. Trigliserida biasanya merupakan gabungan dari berbagai macam asam lemak yang menentukan sifat fisiknya apakah cair atau padat di suhu ruang. Jika trigliserida mengandung banyak asam lemak rantai pendek maka cenderung bersifat tidak jenuh, cair dan meleleh pada suhu yang lebih rendah, semakin tidak jenuh maka semakin cair sifatnya pada suhu ruang dan semakin jenuh, akan berbentuk padat di suhu ruang. Tingkat kejenuhan atau saturasi lemak ditentukan dari ada atau tidaknya ikatan hidrogen pada setiap rantai asam lemak, jika setiap karbon berikatan dengan hidrogen maka membentuk asam lemak jenuh. Pada asam lemak tidak jenuh, jumlah ikatan rantai karbon dengan hidrogen lebih sedikit dan memiliki ikatan rangkap. Pada asam lemak yang memiliki satu ikatan rangkap disebut asam lemak tidak jenuh tunggal dan yang memiliki ikatan rangkap atau titik tidak jenuh disebut asam lemak tidak jenuh ganda. Suatu trigliserida seringkali mengandung kedua asam lemak baik yang jenuh maupun tidak jenuh dengan panjang yang bervariasi yang merupakan trigliserida kombinasi. Kejenuhan asam lemak dapat dilihat dari sifat fisiknya pada suhu ruang, semakin padat maka semakin jenuh dan semakin cair maka semakin tidak jenuh. Hal ini dapat dilihat dari jenis minyak, pada minyak nabati seperti minyak bunga matahari bersifat cair di suhu ruang, sedangkan lemak dari hewani yaitu lemak daging, akan padat di suhu ruang. Lemak tidak jenuh dari minyak nabati dapat menjadi padat di suhu ruang bila dihidrogenasi yaitu ditambahkan atom hidrogen, contohnya yaitu margarin. Lemak jenuh juga ada yang bersifat cair di suhu ruang yaitu pada lemak susu, pada suhu ruang, lemak susu akan membentuk lapisan krim di atas cairan susu, pada susu kemasan telah mengalami proses homogenisasi

sehingga meskipun mengandung lemak jenuh, susu tetap cair di suhu ruang. Untuk menjaga kesehatan, dianjurkan untuk membatasi konsumsi lemak jenuh dan disarankan untuk mengganti konsumsi lemak jenuh dengan lemak tidak jenuh karena konsumsi lemak jenuh berlebih meningkatkan risiko obesitas dan penyakit kronis seperti penyakit jantung koroner (Sizer and Whitney, 2014).



Gambar 2.1 Formasi Molekul Trigliserid Fosfolipid
(Sumber : Truswell, 2012: Essential Nutrition)

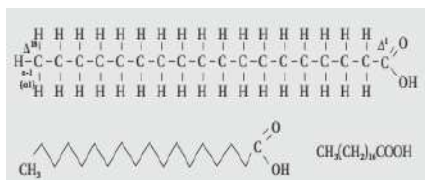
Jenis lemak fosfolipid dan sterol memiliki peran sebagai komponen struktural tubuh dan sebagai regulator di dalam tubuh terutama pada membran sel. Fosfolipid hampir mirip dengan trigliserida yaitu terdiri dari molekul asama lemak dan gliserol namun hanya dua asam lemak karena berikatan juga dengan fosfor. Sifat fosfolipid larut pada air sementara asam lemak pada fosfolipid larut pada lemak, sifat fosfolipid tersebut yang dapat larut pada air dan lemak menjadikan fosfolipid dapat menjadi zat pengemulsi yang menjaga kestabilan emulsi minyak atau lemak dan air. Pada industri pangan olahan diperlukan pengemulsi untuk mencampur lemak dengan bahan yang mengandung air sehingga tercampur membentuk emulsi yang stabil dan tidak terpisah. Di dalam sel tubuh, fosfolipid berperan sebagai bagian struktur sel yang membentuk membran sel dan sebagai regulator pada membrane sel. Karena terdapat sisi yang larut air (hidrofilik) dan larut lemak (hidrofobik), maka fosfolipid dapat membantu lemak masuk dan keluar sel melalui membran sel dari dan



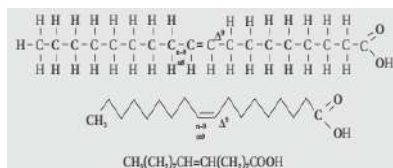
ke cairan di dalam dan luar sel. Contoh fosfolipid pada makanan yaitu lesitin yang terdapat pada kuning telur, penambahan lesitin pada mayones mencampur cuka dengan minyak menjadi stabil dan menjadi emulsi yaitu mayones.

Sterol

Sterol merupakan lemak turunan, contoh sterol yaitu kolesterol yang ukurannya besar dan terdiri dari molekul kompleks yang tersusun dari cincin karbon dengan rantai samping nya berikatan dengan karbon, hidrogen, dan oksigen. Kolesterol merupakan bahan untuk membuat asam empedu yang berperan sebagai pengemulsi pada pencernaan lemak. Pada sel, kolesterol merupakan salah satu penyusun membran sel pada setiap sel sehingga fungsinya pada tubuh sangat penting. Kolesterol dapat diproduksi oleh tubuh jadi bukan merupakan zat gizi esensial. Jenis sterol lainnya yaitu Vitamin D dan hormon steroid termasuk hormon reproduksi. Jika dikonsumsi berlebihan atau diproduksi berlebihan oleh tubuh karena terlalu banyak konsumsi lemak jenuh dan lemak trans, maka kolesterol dapat menimbulkan plak pada arteri atau pembuluh darah sehingga membuat pembuluh darah sempit dan meningkatkan tekanan darah, adanya plak ini disebut atherosclerosis. Tekanan darah tinggi atau hipertensi karena atherosclerosis adalah penyebab serangan jantung dan stroke. Dalam makanan, kolesterol terdapat pada produk hewani sedangkan sterol terdapat pada produk nabati. Meskipun struktur kimianya hampir sama tapi sterol dari produk nabati dapat menghambat penyerapan kolesterol pada saluran cerna dan menurunkan kadar kolesterol dalam darah. Sterol secara alami terdapat di kacang-kacangan, biji-bijian, gandum utuh, legum, sayur dan buah, pada produk margarin juga terdapat sterol sehingga diklaim sebagai produk yang aman bagi jantung.



Asam Lemak Stearat,
termasuk asam lemak
jenuh karena tidak
memiliki ikatan rangkap



Asam Lemak Oleat,
termasuk asam lemak tidak
jenuh yang memiliki satu
ikatan rangkap

Gambar 2.2 Susunan Kimia Asam Lemak
(Sumber : Truswell, 2012: Essential Nutrition)

C. Fungsi Lemak

Lemak memiliki fungsi yang berbeda pada tubuh dan pada makanan, lemak merupakan sumber energi yang diperlukan tubuh dan pada makanan, lemak memberikan cita rasa lezat yang dapat meningkatkan daya terima terhadap makanan, sehingga lemak banyak digunakan untuk pengolahan makanan seperti menggoreng, menumis dan ditambahkan dalam pangan olahan (Almatsier, 2009; Sizer and Whitney, 2014).

Fungsi lemak pada tubuh :

Lemak sebagai Sumber Energi

Lemak menyediakan energi paling besar diantara zat gizi makro lainnya, setiap gram lemak mengandung 9 kilo kalori sementara karbohidrat dan protein hanya 4 kilokalori per gramnya. Lemak merupakan bentuk simpanan energi yang paling banyak, bila tubuh mengonsumsi lemak lebih dari yang dibutuhkan, maka kelebihannya akan disimpan dalam bentuk lemak simpanan yang berguna untuk cadangan energi di saat puasa atau bila terjadi kelaparan. Lemak sangat dibutuhkan untuk bertahan hidup terutama bila terjadi bencana kelaparan dalam periode yang panjang. Kebanyakan sel



tubuh hanya dapat menyimpan lemak dalam jumlah yang terbatas, namun terdapat beberapa sel yang dikhususkan untuk penyimpanan lemak dalam jumlah tak terbatas, semakin banyak lemak yang disimpan menyebabkan ukuran sel lebih besar. Semakin gemuk seseorang, ukuran sel lemaknya semakin besar, besaran sel lemak orang dengan obesitas akan beberapa kali lebih besar daripada yang kurus.

Lemak sebagai Simpanan Energi

Lemak adalah simpanan energi yang paling banyak karena lemak dapat menyimpan energi yang lebih besar dibandingkan karbohidrat maupun protein. Simpanan karbohidrat dalam bentuk glikogen mengikat air dan memerlukan tempat untuk menyimpannya karena tebal dan berat, sedangkan lemak tidak terikat oleh air sehingga membutuhkan tempat yang lebih sedikit untuk menyimpannya, karena itu lemak lebih efisien untuk disimpan sebagai cadangan energi. Pada orang yang memiliki berat badan normal, simpanan lemak tubuh berguna untuk menyediakan energi yang lebih dari cukup pada saat mengikuti marathon atau olahraga intensitas tinggi, maupun untuk sumber energi saat melawan penyakit apabila seseorang sakit atau tidak mendapatkan asupan sementara.

Lemak untuk Pelindung Tubuh

Lemak di dalam tubuh digunakan sebagai pelindung, di sekitar organ vital terdapat bantalan lemak yang dapat meredam guncangan, sehingga saat berolahraga atau saat mengendarai motor selama berjam-jam, tubuh kita tidak mengalami cedera. Di bawah kulit juga terdapat simpanan lemak yaitu jaringan adiposa yang dapat melindungi tubuh dari suhu lingkungan yang ekstrim. Saat suhu di sekitar sangat dingin atau panas, lemak dapat membantu menjaga suhu tubuh dan dapat melindungi dari kerusakan syaraf. Pada setiap sel tubuh, lemak terdapat pada membran sel yang mengatur pergerakan zat masuk dan keluar sel.

Lemak sebagai Alat Transport dan Bahan Vitamin

Lemak adalah bahan dasar vitamin D yang diperlukan untuk pertumbuhan dan kesehatan tulang. Lemak juga diperlukan untuk cairan empedu pada saluran cerna, serta diperlukan untuk pembuatan hormon yang mengatur fungsi tubuh (Sizer and Whitney, 2014).

Fungsi Lemak pada Makanan :

Lemak pada makanan memiliki banyak manfaat terutama dalam memberikan cita rasa pada makanan. Berikut manfaat lemak pada makanan.

Sebagai makanan sumber energi

Makanan yang padat energi sangat berguna pada berbagai situasi, saat seseorang memerlukan energi yang besar, contohnya saat dalam perjalanan panjang atau bertahan pada suhu dan cuaca yang dingin, dan pada atlet yang harus memenuhi kebutuhan energi yang tinggi untuk mempertahankan berat badan optimal, karena jika atlet mengalami penurunan berat badan, maka dapat menurunkan performa dalam bertanding. Bagi orang yang memerlukan energi dalam jumlah besar, konsumsi pangan yang banyak mengandung lemak akan lebih efisien karena tidak harus mengkonsumsi dalam jumlah yang besar, cukup dalam porsi yang lebih kecil namun mampu mencukupi kebutuhan energi yang diperlukan, namun pada orang yang tidak memerlukan energi besar, mengonsumsi pangan kaya lemak dan tidak diimbangi dengan aktivitas fisik menyebabkan kelebihan kalori yang akan disimpan sebagai cadangan lemak dalam tubuh.

Sebagai Vitamin dan Membantu Penyerapan Nutrisi

Beberapa nutrisi esensial seperti vitamin adalah lemak yang terdapat secara alami, dan vitamin tersebut larut dalam lemak serta terdapat dalam makanan yang mengandung lemak. Meskipun banyak orang menghindari lemak, namun faktanya, tubuh memerlukan sejumlah lemak untuk penyerapan vitamin larut lemak yaitu vitamin A, D, E dan K. Terdapat asam lemak dan asam lemak esensial yang harus didapatkan dari makanan karena tidak bisa disintesis oleh tubuh. Lemak juga dapat membantu penyerapan zat fitokimia dari tanaman yang banyak manfaatnya sebagai antioksidan.

Sebagai Indikator Kualitas Makanan

Makanan yang mengandung banyak lemak sangat disukai karena rasanya yang lezat, lemak memberikan aroma dan rasa yang kuat sehingga meningkatkan nafsu makan dan daya terima, contohnya aroma saat memanggang atau menggoreng daging dan kentang, maka akan tercium aroma yang lezat, begitupun rasa makanannya. Orang yang sedang sakit biasanya tidak nafsu makan, ahli gizi di rumah sakit sering menawarkan makanan pilihan dengan tambahan lemak untuk meningkatkan nafsu makan dan daya terima pasien supaya proses penyembuhan lebih baik. Selain memberikan aroma dan cita



rasa, lemak juga membentuk tekstur pada makanan, proses menggoreng makanan dan memanggang makanan mengubah tekstur menjadi renyah dan daging menjadi lembut. Penggunaan lemak untuk mengolah makanan banyak dipilih karena harga lemak sangat terjangkau dan mudah didapatkan, namun karena orang menjadi lebih sering mengonsumsi makanan yang berlemak maka kejadian gizi lebih juga terus meningkat di seluruh dunia.

Memberikan rasa kenyang

Lemak dapat memberikan rasa kenyang yaitu adanya perasaan puas dan merasa cukup setelah mengonsumsi makanan. Lemak pada makanan yang dikonsumsi memberikan efek fisiologis yang memperlambat pergerakan makanan dalam saluran cerna sehingga menimbulkan rasa kenyang. Asam lemak akan memicu sinyal saraf di usus yang diantarkan ke otak untuk menunda rasa lapar di antara waktu makan. Namun demikian, karena makanan berlemak sangat lezat, sehingga memberi stimulasi untuk terus makan, banyak yang tidak dapat menghentikan kebiasaan mengonsumsi dalam keseharian bahkan cenderung berlebih asupan lemaknya. Akibat dari pola makan tinggi lemak dalam jangka panjang akan melemahkan sensitivitas terhadap rasa kenyang yang ditimbulkan dari konsumsi lemak (Sizer and Whitney, 2014).

D. Pencernaan dan Penyerapan Lemak

Saat masuk ke dalam tubuh, lemak akan mempengaruhi fungsi dan kondisi tubuh, lemak memerlukan proses dalam pencernaan karena sifatnya yang tidak larut air sementara cairan tubuh Sebagian besar adalah air. Pencernaan lemak dimulai dari mulut, saat mengunyah makanan, di dalam mulut diproduksi enzim saliva yang mencerna susu pada bayi, tetapi pada usia dewasa, peran enzim saliva dalam mencerna lemak sangat kecil, di dalam mulut terdapat enzim lipase yang memecah Sebagian lemak menjadi bagian lebih kecil, lemak mulai dicerna di usus halus. Setelah dikunyah dan ditelan, makanan bergerak menuju lambung, dimana lemak dipisahkan dari air dan mengapung membentuk lapisan terpisah, meskipun pada lambung terjadi pengadukan makanan namun tidak dapat mencampur lemak di dalam lambung, hanya memisahkan lemak saja. Makanan dari lambung dibawa ke usus halus dalam bentuk kimus, lemak yang terpisah tidak dapat dicerna sebelum diemulsifikasi. Jika mengonsumsi makanan berlemak, empedu mengeluarkan garam empedu yang terbuat dari kolesterol sehingga dapat mengemulsi lemak untuk dicerna. Garam empedu diproduksi



di hati dan disimpan di kantung empedu. Garam empedu mengemulsi menahan lemak di dalam cairan emulsi kemudian pankreas mengeluarkan enzim yang memecah lemak menjadi molekul yang lebih kecil agar dapat diabsorpsi, yaitu lipase. Enzim ini memecah lemak trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol. Pecahan Asam lemak bebas, fosfolipid dan monogliserida menyatu pada bola yang teremulsifikasi oleh garam empedu. Setelah dipecah menjadi molekul yang lebih kecil dan teremulsi, lemak harus melewati dinding mukosa yang terlapisi cairan mukus agar dapat masuk ke sel saluran cerna. Emulsi lemak oleh garam empedu membantu lemak menembus dinding vili usus untuk diabsorpsi, setelah masuk pada sel vili usus halus, lemak kemudian diekstraksi kemudian diabsorpsi dan dikirim ke sel yang memerlukan. Garam empedu dapat diserap atau digunakan kembali, bisa juga masuk ke usus dan keluar melalui feses. Setelah diemulsifikasi, pancreas mengeluarkan enzim lipase untuk memecah atau menghidrolisis lemak menjadi asam lemak, gliserol, digliserida dan monogliserida yang kemudian masuk ke aliran darah untuk didistribusikan dan membentuk lipoprotein sebagai pengangkut lemak untuk dibawa ke seluruh tubuh. Saluran cerna menyerap trigliserida dari makanan dengan efisien, 98% dari lemak yang dikonsumsi dapat diabsorpsi oleh tubuh. Proses pencernaan lemak membutuhkan waktu yang lama, semakin banyak lemak yang dikonsumsi maka pencernaan menjadi lebih lambat dan membuat rasa kenyang yang lebih lama. Di usus besar, lemak yang terikat pada serat akan dikeluarkan melalui feses.

Transportasi Lemak

Setelah diserap melewati lapisan vili usus halus dan masuk ke aliran darah, asam lemak rantai pendek diesterifikasi atau disintesis menjadi lipoprotein agar bisa didistribusikan. Lipoprotein merupakan gabungan molekul lemak dan protein, dengan berkolaborasi dengan protein lemak dapat didistribusikan pada aliran darah. Sebelum dialirkan ke aliran darah, lipoprotein terlebih dahulu melewati kelenjar limpa untuk kemudian masuk ke aliran darah karena ukuran lipoprotein besar dan tidak dapat langsung memasuki pembuluh kapiler. Di dalam dinding usus halus, lemak yang diserap yaitu monogliserida, asam lemak dan gliserol dibentuk lagi menjadi trigliserida dan berikatan dengan protein membentuk lipoprotein yang terdiri dari 4 jenis yaitu kilomikron, VLDL LDL dan HDL. Lipoprotein yang membawa lemak dalam aliran darah dan didistribusikan ke seluruh tubuh. Lipoprotein berperan sebagai pengemulsi yang mengangkut lemak melalui cairan tubuh dan pada jaringan yang membutuhkan, lemak akan diekstraksi dari kilo

mikron sesuai kebutuhan, sisanya akan dibawa ke hati untuk dibongkar dan digunakan kembali. Lipoprotein dibedakan menurut ukuran, komposisi dan densitas lemak dan protein. Setiap jenis memiliki jumlah dan jenis lemak dan protein, semakin banyak lemak maka densitasnya lebih rendah dan semakin banyak protein maka lebih solid dengan densitas lebih tinggi. Jenis lemak yang dibawa dan didistribusikan oleh tiap jenis lipoprotein dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Jenis dan Fungsi Lipoprotein

Jenis Lipoprotein	Fungsi Lipoprotein
Kilomikron	Membawa dan mendistribusikan trigliserida dari saluran cerna ke sel yang membutuhkan seperti hati dan jaringan adiposa. Kandungan trigliserida kilomikron paling banyak dan paling rendah densitasnya yaitu hanya mengandung protein yang sedikit
<i>Very Low Density Lipoprotein</i> (VLDL)	Membawa trigliserida dan lemak yang diproduksi di hati ke sel tubuh yang memerlukan
<i>Low Density Lipoprotein</i> (LDL)	Membawa kolesterol dan lemak lainnya ke jaringan. LDL terbuat dari VLDL setelah VLDL memberikan trigliserida pada sel tubuh
<i>High Density Lipoprotein</i> (HDL)	Membawa koletero dari sel tubuh dan diangkut kembali ke hati untuk dibongkar atau dibuang (diekskresi)

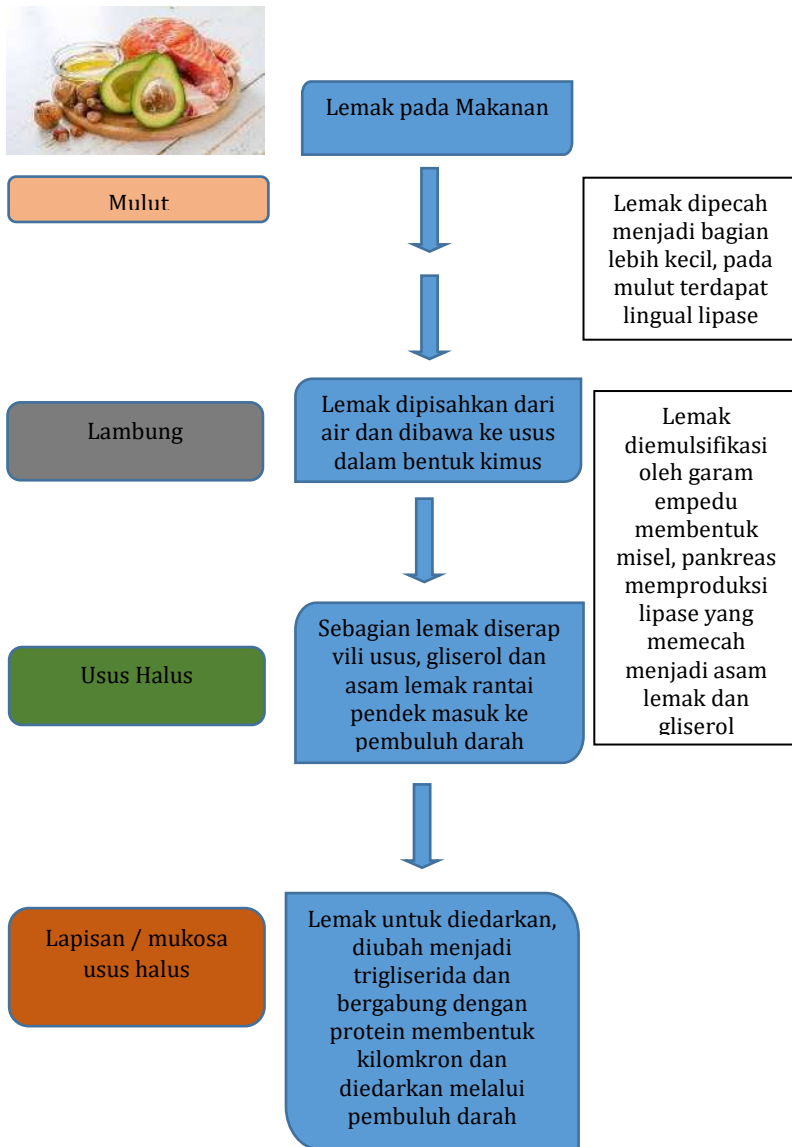
Berdasarkan fungsinya, LDL dan HDL keduanya membawa kolesterol di dalam darah, LDL ukurannya lebih besar, lebih ringan dan banyak mengandung kolesterol sedangkan HDL lebih kecil dan mengandung lebih banyak protein. LDL membawa kolesterol ke jaringan dan selm, sedangkan HDL membawa kelebihan kolesterol dan lemak lainnya kemudian membawanya kembali ke hati melalui aliran darah, untuk dimetabolisme lagi atau diekskresikan. Jika jumlah LDL terlalu banyak dalam darah maka jumlah lemak pada jaringan lebih banyak sehingga pada arteri akan membentuk plak di dinding arteri yang dapat menyebabkan inflamasi dan memicu penyakit jantung. HDL berperan untuk mencegah kondisi tersebut, jika jumlah HDL lebih banyak maka kelebihan kolesterol dalam darah akan dibawa kembali ke hati dan profil lemak darah akan lebih sehat, kadar LDL menurun. Tingginya kadar LDL dalam darah dan kadara HDL yang rendah akan meningkatkan risiko serangan jantung, sebaliknya jika kadar HDL tinggi dan LDL rendah maka tubuh akan lebih sehat. LDL disebut juga sebagai lemak jahat sedangkan HDL disebut lemak baik. Mengonsumsi pangan yang banyak mengandung kolesterol yaitu dari lemak jenuh dan lemak trans, akan meningkatkan kadar LDL dalam darah, LDL merupakan indikator risiko penyakit jantung. Konsumsi lemak jenuh dan trans yang



melebihi kebutuhan dan rekomendasi gizi dapat membahayakan kesehatan. Konsumsi lemak jenuh dari pangan dibatasi sampai dengan kurang dari 10% total energi. Faktor genetik juga menentukan kemampuan seseorang dalam mengelola kolesterol tubuh, ada orang yang cenderung mudah memiliki kolesterol darah tinggi yang perlu asuhan gizi dari dokter dan ahli gizi. Menurunkan asupan lemak jenuh dan lemak trans serta mengganti dengan konsumsi asam lemak esensial dapat menurunkan kadar LDL dalam darah, meningkatkan aktivitas fisik juga memberi dampak baik bagi tubuh yaitu dapat meningkatkan jumlah HDL menguatkan otot jantung, arteri, memperbaiki peredaran darah dan dapat menurunkan risiko penyakit jantung (Sizer and Whitney, 2014).

Penyimpanan dan Penggunaan Lemak oleh Tubuh

Simpanan lemak digunakan sebagai cadangan energi yang sewaktu-waktu dapat dipecah menjadi energi jika sumber energi utama yaitu karbohidrat dari pangan yang dikonsumsi tidak cukup atau tidak tersedia, contohnya saat puasa, sakit, atau saat mengalami peningkatan kebutuhan energi. Lemak dari makanan yang sebagian besar berbentuk trigliserida, ditransportasikan oleh kilomikron ke tempat penyimpanan lemak yaitu lapisan luar di bawah kulit. Penyimpanan lemak ini tidak terbatas dan dapat digunakan sebagai cadangan energi. Jika seseorang mendapatkan energi yang cukup dari makanan, kelebihan konsumsi karbohidrat juga akan disimpan sebagai lemak, karena penyimpanan karbohidrat dalam bentuk glikogen terbatas, sehingga kelebihan konsumsi zat gizi makro lainnya seperti karbohidrat dan lemak akan disimpan dalam bentuk lemak. Pada kondisi kekurangan energi, tubuh memecah molekul simpanan lemak yaitu trigliserida dan melepas asam lemak ke aliran darah. Untuk mengoptimalkan penggunaan energi dari pemecahan lemak simpanan dapat dilakukan dengan menurunkan asupan energi dari makanan dan meningkatkan luaran energi dengan banyak olahraga dan aktivitas fisik. Saat lemak dipecah untuk jadi energi, karbohidrat membantu proses perubahan secara efisien, tanpa karbohidrat, pemecahan lemak menjadi energi akan mengakibatkan terbentuknya badan keton, yaitu produk dari pemecahan lemak yang tidak sempurna. Badan keton dapat muncul pada jaringan dan darah, serta dapat dikeluarkan melalui urin. Tingginya kadar keton dalam darah dapat membahayakan tubuh dan terjadi ketoasidosis, kondisi ini dapat terjadi pada pasien diabetes.



Gambar 2.3 Pencernaan Lemak
(Sumber :Sizer, 2017: Nutrition Concepts & Controversies)

E. Sumber Lemak

Asam lemak pada makanan dapat terkandung pada pangan nabati dan hewani. Sebagian besar minyak nabati dan minyak ikan, kaya akan lemak tidak jenuh ganda, beberapa minyak sayur juga kaya akan lemak tidak jenuh tunggal. Sebaliknya, lemak pada hewan umumnya adalah lemak jenuh. Namun tidak semua minyak sayur atau minyak dari tumbuhan bebas dari lemak jenuh, Minyak kelapa sawit dan margarin yang digunakan saat mengolah makanan, mengandung asam lemak jenuh yang banyak, karena itu konsumsinya perlu dibatasi. Mengetahui jenis lemak dan sumbernya pada makanan dapat membantu menentukan bahan makanan yang tepat untuk menjaga kesehatan (Sizer and Whitney, 2014).

Lemak ada yang dapat disintesis oleh tubuh dan ada yang tidak, sehingga harus mendapatkan dari asupan makanan, disebut juga lemak esensial. Jenis lemak esensial terdapat pada ikan, kacang-kacangan dan minyak sayur. Air Susu Ibu (ASI) juga mengandung asam lemak esensial. Kebutuhan lemak esensial sekitar 1 sendok the minyak per hari atau setara dengan dua porsi makanan laut. Sebagian besar masyarakat mengonsumsi lemak lebih dari jumlah minimal, karena itu diupayakan untuk mengonsumsi lemak tidak jenuh atau lemak esensial. Untuk membedakan lemak jenuh dan tidak jenuh dapat dilihat dari sifat fisiknya, namun pada makanan, terdapat lemak yang terlihat dan yang tidak karena tercampur pada makanan dan digunakan untuk pengolahan makanan. Lemak pada daging merah seperti daging sapi, kambing dan pada ayam dapat mudah terlihat, sedangkan lemak pada produk permen, keju, kelapa, burger dan susu tidak terlihat jelas. Pengolahan pangan seperti biskuit, kue, keripik, es krim, saus, sup krim dan gorengan mengandung lemak padat. Lemak dari pangan tersebut menyumbang kalori paling banyak dalam diet.

Makanan yang mengandung protein juga mengandung lemak seperti pada daging sapi dan daging ayam. Daging mengandung protein, lemak jenuh dan kalori. Pengolahan pada makanan sumber protein yang digoreng seperti ayam goreng, burger menambahkan lemak jenuh yang jumlahnya bisa melebihi kalori dari protein. Dalam olahan daging seperti nugget ayam dan daging burger, penambahan lemak kulit pada campuran bahan nugget untuk menambah kelembutan produk menyebabkan kandungan lemaknya menjadi lebih tinggi daripada daging sapi tanpa lemak.

Susu dan produknya mengandung lemak yang beragam tergantung jenis produknya. Pada susu rendah lemak pun masih mengandung lemak jenuh sekitar 8- 10% dari kebutuhan harian per



sajian. Pada keju dan yogurt, kandungan lemak jenuh per sajian adalah 10 -45%, jumlah pada produk rendah lemak yaitu 10% dari kebutuhan per hari. Susu dan yogurt dikelompokkan sebagai produk susu karena kaya kalsium dan protein sedangkan krim dan mentega termasuk kelompok sumber lemak karena merupakan lemak jenuh yang padat di suhu ruang, termasuk di dalamnya adalah krim kocok/*whipped cream* krim masam, krim keju.

Pada bahan pangan serealialia secara alami mengandung sedikit lemak namun dalam proses pengolahan dan pada makanan olahan serealialia dari tepung yaitu pada roti, kue dan biskuit mengandung lemak jenuh dari mentega dan margarin. Penambahan lemak dalam produk serealialia banyak terdapat pada makanan yang dikonsumsi sehari-hari seperti pada donat, nasi goreng, sereal, roti, biskuit, kue, panekuk dan wafel. Pada pangan kemasan seperti tepung yang digunakan untuk panekuk terdapat lemak jenuh yang berasal dari lemak terhidrogenasi yaitu lemak nabati yang dipadatkan dan juga lemak trans untuk menambah cita rasa makanan (Sizer and Whitney, 2014).

Lemak Esensial Pada Makanan

Tubuh memerlukan lemak esensial dari makanan yaitu asam lemak tidak jenuh tunggal dan asam lemak tidak jenuh ganda karena lemak tersebut tidak bisa disintesis oleh tubuh. Kekurangan lemak esensial dalam asupan harian akan menyebabkan gangguan kesehatan pada kulit, penyembuhan luka dan mengganggu pertumbuhan pada bayi serta gangguan penglihatan. Bentuk asam lemak tidak jenuh tunggal yaitu asam linolenat (omega 3) dan asam lemak tidak jenuh ganda yaitu asam linoleat (omega 6). Omega 3 yaitu EPA dan DHA banyak terdapat pada minyak ikan sedangkan Omega 6 banyak terdapat pada minyak nabati.

Lemak esensial sangat bermanfaat bagi kesehatan, diet yang mengandung cukup lemak esensial dapat menurunkan risiko penyakit jantung. Hasil penelitian pada populasi yang mengonsumsi banyak ikan dan hasil laut memiliki prevalensi penyakit jantung yang lebih rendah. EPA dan DHA berfungsi meregulasi tekanan darah, mencegah pembentukan plak di pembuluh darah dan menurunkan risiko inflamasi. Selain mencegah penyakit jantung, konsumsi omega 3 juga mencegah kanker karena dapat mencegah inflamasi, memelihara fungsi jaringan serta berperan pada pertumbuhan, perkembangan otak, penglihatan, dan imunitas (Sizer and Whitney, 2014).

F. Efek Pengolahan Makanan pada Lemak

Pengolahan makanan dengan cara digoreng sangat lazim dilakukan. Makanan siap saji dan pangan olahan pabrik dan restoran banyak yang menggunakan margarin dalam proses pengolahannya. Margarin berasal dari minyak nabati yang dihidrogenasi yaitu ditambahkan hidrogen supaya bentuk fisiknya menjadi padat agar tidak mudah tengik dan tahan lama. Lemak dari minyak nabati yang berbentuk tidak jenuh mudah teroksidasi dan menjadi tengik sehingga menghasilkan rasa yang tidak enak pada makanan, karena itu dalam penyimpanannya, minyak harus disimpan di tempat tertutup dan kedap udara, jika disimpan dalam waktu lama bisa disimpan di lemari pendingin untuk menghindari oksidasi. Salah satu cara memperpanjang daya simpan yaitu dengan hidrogenasi, yaitu menambahkan hidrogen pada minyak cair dan menjadi margarin yang padat di suhu ruang. Lemak yang sebelumnya berbentuk cair dan tidak jenuh berubah menjadi lemak jenuh dengan penambahan hidrogen. Margarin berbentuk padat dan lebih jenuh, tidak mudah tengik di suhu ruang dan lebih tahan panas sehingga dapat digunakan untuk penggorengan dengan suhu tinggi. Proses hidrogenasi mengubah sifat lemak yang tidak jenuh menjadi jenuh, sehingga fungsinya bagi kesehatan juga ikut berubah. Selain itu, hidrogenasi juga berpengaruh terhadap aktivitas vitamin K di dalam tubuh yang didapat dari makanan yang dihidrogenasi. Kesimpulannya, proses hidrogenasi bermanfaat bagi kegunaan pangan karena memperpanjang daya simpan dan memudahkan penggunaan dalam keseharian tapi mengurangi manfaatnya terhadap kesehatan karena sifat yang tadinya tidak jenuh menjadi lebih jenuh.

Proses hidrogenasi juga membentuk lemak trans karena perubahan bentuk struktur kimia lemak tidak jenuh yang menjadi jenuh. Struktur lemak trans serupa dengan lemak jenuh, begitu juga efeknya terhadap kesehatan, bahkan risiko lemak trans terhadap risiko penyakit jantung, sedikit lebih tinggi daripada lemak jenuh. Konsumsi lemak trans dapat meningkatkan risiko penyakit jantung dan pembuluh darah karena meningkatkan kadar LDL yang mengandung kolesterol dalam darah. Kadar LDL yang tinggi dalam darah memicu terjadinya aterosklerosis atau timbulnya plak pada pembuluh darah yang menyebabkan tekanan darah lebih tinggi, jika sampai tersumbat maka akan terjadi stroke dan penyakit jantung. Lemak trans juga terdapat secara alami pada pangan hewani yaitu susu dan daging, namun lemak trans alami tidak terlalu berpengaruh terhadap profil lemak darah. Lemak trans terdapat pada makanan olahan yang digoreng seperti pada makanan siap saji, hidangan



penutup, berondong jagung(popcorn), pizza, margarin dan krim pada kopi (Sizer and Whitney, 2014).

G. Kebutuhan Harian Lemak

Untuk memenuhi kualitas dan konsumsi pangan masyarakat supaya status gizinya baik diperlukan pedoman untuk merencanakan dan menilai apakah konsumsi seseorang itu mencukupi atau tidak. Kebutuhan gizi adalah jumlah zat gizi yang diperlukan setiap individu dan kebutuhannya berbeda-beda. Kebutuhan gizi setiap orang berbeda menurut kelompok umur, jenis kelamin, ukuran tubuh dan aktivitas fisik. Acuan untuk merencanakan dan menilai konsumsi individu disebut kebutuhan gizi dan untuk kelompok disebut kecukupan gizi. Angka Kecukupan Gizi merupakan kebutuhan gizi rata-rata zat gizi yang harus dipenuhi per hari untuk hidup sehat. AKG digunakan pada kelompok orang yang sehat Angka kecukupan gizi di Indonesia diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 28 tahun 2019, termasuk di dalamnya mengenai kebutuhan dan kecukupan harian untuk konsumsi lemak pada semua kelompok usia dan jenis kelamin. Khusus untuk konsumsi lemak per orang per hari dibedakan menjadi konsumsi lemak total, omega 3 dan omega 6, mengingat pentingnya asupan lemak esensial bagi kesehatan (Kementerian Kesehatan Republik Indones, 2019). Angka Kecukupan Gizi yang dianjurkan per orang per hari untuk lemak per kelompok usia dan jenis kelamin tercantum dalam Tabel 2.2. Kebutuhan lemak per hari meningkat sejalan pertambahan usia terutama saat remaja karena terjadi peningkatan kebutuhan energi untuk pertumbuhan. Kebutuhan lemak pada laki-laki lebih tinggi daripada perempuan. Pada kondisi hamil dan menyusui terjadi penambahan kebutuhan baik lemak total maupun lemak esensial. Pada usia dewasa dan lansia, anjuran konsumsi lemak total per hari terus menurun sampai usia lansia, sedangkan untuk konsumsi lemak esensial terutama omega 3 antara usia dewasa dan lansia, pada semua jenis kelamin sama besarnya.

Tabel 2.2 Kecukupan Gizi Lemak Per Orang Per Hari di Indonesia

Kelompok umur	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Lemak (gram)		
			Total	Omega 3	Omega 6
0- 5 bulan	6	60	31	0,3	4,4
6 -11 bulan	9	72	35	0,3	4,4
1-3 tahun	13	92	45	0,7	7
4- 6 tahun	19	113	50	0,9	10
7-9 tahun	27	130	55	0,9	10
Laki-laki					
10-12 tahun	36	145	65	1,2	12
13 -15 tahun	50	163	80	1,6	16
16-18 tahun	60	168	85	1,6	16
19-29 tahun	60	168	75	1,6	17
30 -49 tahun	60	166	70	1,6	17
50-64 tahun	60	166	60	1,6	14
65- 80 tahun	58	164	50	1,6	14
80+	58	164	45	1,6	14
Perempuan					
10-12 tahun	38	147	65	1	10
13 -15 tahun	48	156	70	1,1	11
16-18 tahun	52	159	70	1,1	11
19-29 tahun	55	159	65	1,1	12
30 -49 tahun	56	158	60	1,1	11
50-64 tahun	56	158	50	1,1	11
65- 80 tahun	53	157	45	1,1	11
80+	53	157	40	1,1	11
Ibu Hamil					
Trimester 1			+2,3	+0,3	+2
Trimester 2			+2,3	+0,3	+2
Trimester 3			+2,3	+0,3	+2
Menyusui					
6bulan pertama			+2,2	+0,2	+2
6 bulan kedua			+2,2	+0,2	+2

Sumber : AKG dalam PMK 28/2019

H. Rekomendasi Asupan Lemak

WHO merekomendasikan konsumsi lemak per hari bagi orang dewasa yaitu kurang dari 30% dari total energi makanan. Dianjurkan untuk memilih jenis lemak sehat yaitu lemak tidak jenuh yang terdapat pada ikan, alpukat, kacang-kacangan, dan minyak nabati seperti minyak bunga matahari, minyak kedelai, kanola dan zaitun. Jenis lemak jenuh yang berasal dari pangan seperti daging berlemak, mentega, minyak sawit dan kelapa sebaiknya dibatasi sampai kurang dari 10% dari total asupan energi, sedangkan asupan



lemak trans dibatasi sampai kurang dari 1% dari total asupan energi. Lemak trans terdapat pada makanan yang digoreng dan olahan seperti makanan beku, pizza, biskuit, wafer dan pada daging serta produk susu. Konsumsi lemak harian pada anak juga dibatasi sampai kurang dari 30% dari total asupan energi, untuk mencegah gizi lebih yang bisa berlanjut sampai usia dewasa. Sama dengan rekomendasi untuk orang dewasa, konsumsi lemak jenuh dan trans pada anak juga dibatasi di bawah 10% untuk lemak jenuh dan di bawah 1% untuk lemak trans, sebaiknya memilih jenis lemak tidak jenuh yaitu asam lemak esensial untuk mengganti asupan lemak jenuh dan lemak trans. Pengolahan makanan yang menambahkan lemak seperti menggoreng dapat dikurangi dengan mengganti cara pengolahan dengan mengukus atau merebus dan mengganti mentega dengan minyak nabati yang mengandung lemak tidak jenuh ganda seperti minyak bunga matahari, minyak jagung dan zaitun. Konsumsi kudapan seperti donat, biskuit, kue, wafer sebaiknya dibatasi karena mengandung lemak trans yang konsumsinya tidak boleh lebih dari 1% dari total energi, sementara pangan kudapan sering dikonsumsi dan disukai anak-anak (World Health Organization (WHO), 2018).

Di Indonesia, anjuran konsumsi lemak per hari adalah 30% dari total energi dengan asupan lemak jenuh kurang dari 10% dan asupan kolesterol kurang dari 300mg / hari. Rekomendasi konsumsi di Indonesia sejalan dengan WHO, baik persen konsumsi lemak dari total energi dan konsumsi lemak jenuh. Menurut Permenkes No. 30 tahun 2013, anjuran konsumsi lemak per hari tidak lebih dari 67 gram. Hasil penelitian menggunakan data Survei Konsumsi Makanan di Indonesia (SKMI) tahun 2014 menunjukkan, rata-rata asupan lemak total pada laki-laki lebih banyak daripada perempuan, serta penduduk di perkotaan dengan tingkat sosial ekonomi paling tinggi mengonsumsi lebih banyak lemak. Sebanyak 27% penduduk Indonesia mengonsumsi lemak melebihi batas yang direkomendasikan per hari yaitu lebih dari 67 gram per hari dengan proporsi laki-laki lebih banyak daripada perempuan, prevalensinya yaitu 30,8% pada laki-laki dan 23,1 % pada perempuan. Pada kelompok umur anak dan remaja, kurang lebih 30% sudah mengonsumsi lemak lebih dari rekomendasi asupan per hari terutama yang tinggal di perkotaan dan memiliki status ekonomi lebih tinggi. Provinsi yang penduduknya paling banyak mengonsumsi lemak lebih dari rekomendasi per hari adalah DKI Jakarta yaitu 48,7% sedangkan yang paling rendah yaitu Provinsi Sulawesi Barat (5,1%) (Perdana, Hardinsyah and Damayanthi, 2014; Atmarita *et al.*, 2016).



Lemak dibutuhkan dalam pangan harian untuk dapat hidup sehat, namun jika konsumsinya berlebihan maka akan berisiko terhadap kesehatan terutama dapat memicu penyakit jantung. Hasil beberapa penelitian menunjukkan, konsumsi asam lemak jenuh berhubungan dengan peningkatan risiko jantung, karena itu dianjurkan supaya konsumsinya dibatasi sampai dengan kurang dari 10 % dari total energi per hari, pada populasi dengan risiko tinggi dibatasi kurang dari 7%. Konsumsi lemak per hari idealnya 20-35% dari asupan energi total dan diutamakan mengandung cukup lemak esensial yaitu lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fat*) dan lemak tak jenuh tunggal (*monounsaturated fat*). Makanan yang mengandung lemak tidak jenuh yaitu ikan, kacang-kacangan dan minyak nabati serta minyak ikan. Jika mengonsumsi pangan hewani dan daging olahan, dianjurkan untuk memilih bagian daging yang rendah lemak dan menghindari jeroan. Kontribusi asupan lemak yang paling banyak pada penduduk Indonesia didapat dari daging dan olahan serta dari pangan komposit atau olahan (Atmarita *et al.*, 2016).



PROTEIN DAN KEBUTUHAN HARIAN

A. Protein

Pendahuluan

Kata protein berasal dari bahasa Yunani yaitu *proteios* yang berarti pertama atau utama (Washudi dan Hariyanto, 2016). Bagian penting atau bagian utama dari sel hewan atau manusia disebut protein. Dengan demikian, sel-sel tersebut adalah pembentuk tubuh kita, sehingga protein yang terkandung dalam makanan berperan sebagai zat utama dalam pertumbuhan dan perkembangan tubuh (Poedjiadi dan Supriyanti, 2012).

Protein adalah makromolekul penting untuk kehidupan sel, yang terdiri dari asam-asam amino yang mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N) yang tidak dimiliki oleh lemak dan karbohidrat. Selain itu, protein juga mengandung unsur logam seperti fosfor (P), belerang (S), tembaga (Cu) dan besi (Fe) (Winarno, 2004).

Protein membentuk struktur jaringan baru yang secara konsisten terjadi di dalam tubuh. Dalam masa pertumbuhan, proses penyusunan jaringan terjadi dalam lingkup yang sangat luas. Contoh, selama masa kehamilan, protein yang berfungsi menyusun jaringan janin dan perkembangan embrio karena fungsi utama protein bagi tubuh adalah untuk membentuk jaringan baru dan menjaga jaringan yang telah ada. Selain itu, protein juga mengatur keseimbangan cairan dalam jaringan dan dalam pembuluh darah. Pengaturan keseimbangan asam dan basa dalam tubuh dipengaruhi oleh sifat lain protein yaitu sifat amfoter, dapat bereaksi dengan asam dan basa.

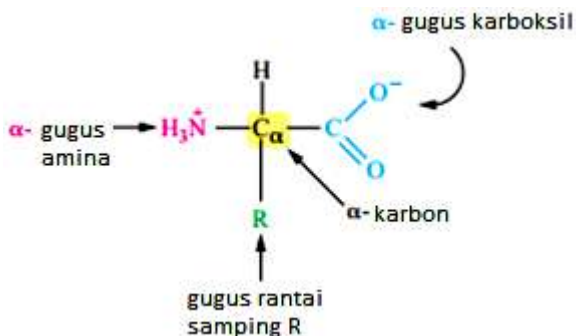
Dalam setiap sel hidup, protein merupakan bagian yang esensial atau penting. Pada sebagian besar jaringan tubuh, protein merupakan bagian terbesar setelah air. Diperkirakan sekitar 50% dari berat kering sel di jaringan. Protein dalam makanan yang dimakan manusia akan diserap oleh saluran pencernaan sebagai asam amino. Oleh karena itu, kadang-kadang tubuh menunjukkan dampak yang tidak menguntungkan (alergi) terhadap protein (Winarno, 1992)

Ciri-ciri molekul protein yaitu (1) Memiliki berat molekul yang besar, sekitar ribuan hingga jutaan, (2) Terdiri dari 20 macam asam amino yang terikat dengan ikatan peptida, (3) Memiliki ikatan kimia selain ikatan peptida, yaitu ikatan ion, ikatan hidrogen, ikatan Van der Waals dan ikatan polar-nonpolar, (4) pH, radiasi, temperatur, dan pelarut organik dapat mempengaruhi struktur protein menjadi tidak stabil, dan (5) Pada umumnya reaktif dan sangat spesifik karena protein memiliki gugus samping seperti kation, anion, hidroksil alifatik, hidroksil aromatik, amida, amina, dan tiol. (Julianto, 2015)

Asam Amino

Asam amino merupakan monomer pembentuk protein. Campuran asam-asam amino akan dihasilkan dari suatu protein yang dihidrolisis dengan menggunakan asam, alkali, atau enzim. Sebuah asam amino terdiri dari sebuah gugus amino, sebuah gugus karboksil, sebuah atom hidrogen, dan sebuah gugus R. Nama asam amino menunjukkan bahwa senyawa ini mempunyai dua gugus fungsi yaitu gugus karboksil yang bersifat asam dan gugus amino yang bersifat basa.

Semua organisme menggunakan 20 asam amino yang sama sebagai unit pembangun suatu molekul protein. Kedua puluh asam amino ini adalah asam amino normal yang terdapat pada protein alami. Protein alami terdiri dari kombinasi kedua puluh asam amino. Kedua puluh asam amino ini adalah ***α-amino acid***. Struktur umum asam amino diperlihatkan pada Gambar 3. 1. Sembilan belas dari dua puluh asam amino yang umumnya diisolasi dari protein alami mempunyai struktur umum yang sama dengan amina primer pada α -karbon. Asam amino lainnya adalah prolin yang merupakan amina sekunder (Azhar, 2016). Selain itu, dari 20 jenis asam amino, 19 diantaranya memiliki C kiral dan 1 yang akiral (glisin).



Gambar 3.1 Struktur Asam Amino kecuali Prolin (Azhar, 2016)

Semua protein, baik yang berasal dari bakteri yang paling tua atau yang berasal dari bentuk kehidupan tertinggi, dibangun dari rangkaian dasar yang sama dari 20 jenis asam amino yang berikatan kovalen dalam urutan yang khas. Semua asam amino (20 jenis) yang ditemukan pada protein mempunyai ciri yang sama yaitu mempunyai gugus karboksil dan gugus amino yang terikat pada atom karbon yang sama. Perbedaan antara setiap jenis asam amino terletak pada gugus R yang bervariasi dalam struktur, ukuran, muatan listrik dan kelarutan dalam air (Lasmi, 2017). Kedua puluh asam amino tersebut dapat dilihat pada tabel 3. 1 berikut:

Tabel 3.1 Asam Amino dalam Protein (Rodwell, 2018)

Nama	Simbol	Nama	Simbol
Glisin	Gly (G)	Asam Aspartat	Asp (D)
Alanin	Ala (A)	Asparagin	Asn (N)
Valin	Val (V)	Asam Glutamat	Glu (E)
Leusin	Leu (L)	Glutamin	Gln (Q)
Isoleusin	Ile (I)	Arginin	Arg (R)
Serin	Ser (S)	Lisin	Lys (K)
Treonin	Thr (T)	Histidin	His (H)
Tirosin	Tyr (Y)	Fenilalanin	Phe (F)
Sistein	Cys (C)	Triptofan	Trp (W)
Metionin	Met (M)	Prolin	Pro (P)

Dari ke-20 jenis asam amino diatas, asam amino juga dikelompokkan lagi berdasarkan pada kemampuan tubuh dalam mensintesis, Kelompok-kelompok itu disebut dengan asam amino esensial, asam amino non esensial, dan asam amino kondisional (Bolly, 2018).

Asam amino yang tidak dapat disintesis oleh tubuh sehingga harus diperoleh dari asupan makanan yang dikonsumsi disebut dengan asam amino esensial. Makanan sumber asam amino esensial perlu dikonsumsi secara rutin dalam jumlah yang cukup, agar kebutuhan tubuh akan nutrisi ini bisa terpenuhi. Asam amino yang dapat disintesis oleh tubuh disebut asam amino esensial. Sedangkan asam amino esensial kondisional adalah asam amino yang tidak dapat disintesis oleh tubuh dikarenakan sakit atau kurangnya prekursor. Asam amino esensial dan non esensial dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Asam Amino Esensial dan Non Esensial (Bolly, 2018)

Asam Amino Esensial	Asam Amino Non Esensial
Histidin	Alanin
Isoleusin	Arginin

Leusin	Asam Aspartat
Lisin	Asparagin
Metionin	Sistein
Fenilalanin	Asam Glutamat
Treonin	Glutamin
Triptofan	Glisin
Valin	Prolin
	Serin
	Tirosin

Sumber asam amino esensial dapat berupa makanan yang mengandung protein hewani maupun makanan yang mengandung protein nabati. Berikut adalah berbagai jenis asam amino esensial dan makanan yang bisa dikonsumsi untuk memperolehnya:

1. Isoleusin

Isoleusin merupakan BCAA (*branched-chain amino acid*) yang paling banyak membangun otot. Asam amino ini juga memiliki peran penting dalam mengatur kadar energi dalam tubuh, meningkatkan daya tahan tubuh, serta memproduksi hemoglobin. Isoleusin bisa diperoleh dari daging sapi. Selain itu, telur, susu, dan produk olahan susu, seperti keju dan *yoghurt*, juga bisa menjadi sumber isoleusin untuk dikonsumsi sehari-hari (Górska-Warsewicz, 2018).

2. Lisin

Lisin memainkan peran penting dalam produksi berbagai protein pembentuk jaringan tubuh, hormon, enzim, dan antibodi. Mengonsumsi asam amino esensial ini dalam jumlah yang cukup dapat meningkatkan daya tahan tubuh, serta menjaga agar hormon dan enzim di dalam tubuh dapat berkerja dengan baik. Ikan dan telur merupakan makanan yang mengandung cukup banyak lisin. Selain itu, juga bisa mendapatkan lisin dari daging sapi, daging ayam, makanan laut, susu, dan produk olahan susu (Watson, 2019).

3. Leusin

Asam amino esensial yang satu ini memiliki banyak peran dalam tubuh, mulai dari membantu proses penyembuhan luka, memproduksi hormon pertumbuhan, meningkatkan kekuatan otot, serta mengatur kadar gula darah. Ikan salmon termasuk dalam makanan yang tinggi akan kandungan leusin. Sumber leusin lainnya yang bisa dikonsumsi adalah buncis, telur, kedelai, dan kacang-kacangan (Brennan, 2020a).

4. Valin



Mirip seperti leusin, valin juga memiliki peran penting dalam merangsang hormon pertumbuhan dan memperbaiki kerusakan otot. Selain itu, valin juga berperan dalam menyuplai energi bagi tubuh. Salah satu makanan dengan kadar valin yang tinggi adalah putih telur segar. Selain itu, valin juga bisa didapatkan dari susu dan produk olahan susu, seperti keju dan *yogurt*, meski jumlahnya tidak sebanyak pada telur (Kubala, 2018).

5. Treonin

Jenis asam amino esensial ini memiliki fungsi penting dalam menjaga kesehatan jantung dan hati, serta meningkatkan fungsi sistem kekebalan tubuh dan sistem saraf pusat. Makanan yang kaya akan treonin adalah bayam dan selada air mentah. Pilihan lainnya adalah ikan tuna, ikan nila, putih telur, kalkun, dan kedelai (Kubala, 2018).

6. Histidin

Histidin merupakan jenis asam amino esensial yang penting bagi anak-anak. Hal ini karena histidin memiliki peran dalam perkembangan serta pemeliharaan berbagai jaringan tubuh, termasuk jaringan saraf. Ikan kod, daging ayam, kalkun, dan kacang merah merupakan jenis-jenis makanan yang banyak mengandung histidin (Kubala, 2018).

7. Metionin

Asam amino esensial ini lebih berperan dalam metabolisme dan detoksifikasi di dalam tubuh. Tak hanya itu, metionin juga dapat membantu tubuh untuk menyerap mineral *zinc* dan selenium dari makanan. Metionin bisa diperoleh dari putih telur. Selain itu, ikan dan daging juga mengandung cukup banyak metionin (Tinsley, 2018a).

8. Fenilalanin

Fenilalanin berperan penting dalam pembentukan asam amino lain yang juga dibutuhkan oleh tubuh. Tubuh juga akan mengubah asam amino esensial ini menjadi tirosin dan dopamin yang penting bagi fungsi otak. Amino esensial jenis fenilalanin paling banyak ditemukan pada makanan sumber protein nabati, seperti biji-bijian dan kacang-kacangan. Selain itu, produk hewani seperti daging sapi, makanan laut, dan telur juga dikenal tinggi fenilalanin (Tinsley, 2018b).

9. Triptofan

Di dalam tubuh, triptofan digunakan untuk membuat hormon serotonin, yaitu hormon yang mengatur nafsu makan, tidur, suasana hati, dan rasa nyeri. Daging ayam dan kalkun merupakan jenis makanan yang mengandung cukup banyak triptofan. Ikan, tahu, cokelat, kedelai, kacang-kacangan, dan biji-bijian juga banyak mengandung triptofan (Brennan, 2020b).

Asam amino esensial erat hubungannya dengan mutu protein. Pada prinsipnya, suatu protein yang dapat menyediakan asam amino esensial dalam suatu dalam suatu perbandingan yang menyamai kebutuhan manusia dikatakan mempunyai mutu protein yang tinggi. Sebaliknya, protein yang kekurangan satu atau lebih asam-asam amino esensial mempunyai mutu yang rendah (Winarno, 1992). Asam amino non esensial tidak dijadikan pedoman mutu protein karena asam-asam amino tersebut dapat disintesis oleh tubuh.

Dibandingkan protein nabati, protein hewani lebih memiliki mutu protein yang lebih tinggi. Golongan serelia dan golongan kacang-kacangan, keduanya memiliki mutu yang rendah. Hal ini disebabkan karena asam amino pembatas yang dikandungnya rendah. Asam amino pembatas adalah asam-asam amino esensial yang jumlahnya kurang dalam bahan makanan. Lisin pada golongan serelia dan metionin pada golongan kacang-kacangan merupakan asam-asam amino pembatas. Sedangkan telur, daging dan susu dapat menyediakan lebih banyak asam-asam amino esensial sehingga bahan makanan tersebut dinilai mengandung protein dengan mutu yang tinggi.

Jika seseorang mengonsumsi makanan dengan mutu protein rendah dan ditambah dengan menu yang tidak bervariasi, maka akan berdampak negatif, diantaranya adalah kurangnya asupan asam amino pembatas dan akan mengalami atau menderita hal-hal yang tidak dikehendaki.



Jika dua jenis protein memiliki jenis asam amino pembatas yang berbeda, maka kekurangan asam amino dari satu protein dapat ditutupi oleh asam amino sejenis yang berlebihan pada protein lain. Dua protein tersebut saling melengkapi sehingga mutu gizi campuran menjadi lebih tinggi daripada salah satu protein itu (Winarno, 1992).

Pencernaan Protein

Lambung adalah tempat dimulainya proses hidrolisis protein atau dikenal juga dengan proses pencernaan protein. Dimulai dengan asam klorida yang terdapat dalam lambung yang fungsinya adalah melakukan proses denaturasi protein sehingga enzim pencernaan dapat membuka ikatan peptida. Asam klorida mengubah enzim pepsinogen tidak aktif yang dikeluarkan oleh mukosa lambung menjadi bentuk aktif pepsin. Karena makanan hanya sebentar tinggal di dalam lambung, pencernaan protein hanya terjadi hingga terbentuknya campuran polipeptida, protease, dan pepton (Lasmi, 2017).

Selanjutnya, proses pencernaan terjadi dalam usus halus. Campuran enzim protease dalam usus halus membantu proses ini. Cairan dalam pankreas yang bersifat sedikit basa mengandung berbagai macam prekursor protease seperti kimotripsinogen, tripsinogen, proelastase dan prokarboksipeptidase (Martoharsono, 2013). Ikatan peptida tertentu dihidrolisis oleh enzim-enzim ini. (Lasmi, 2017) menjeaskan bahwa kimus terhadap mukosa usus halus merangsang dikeluarkannya enzim enterokinase yang mengubah tripsinogen tidak aktif yang berasal dari pankreas menjadi tripsin aktif. Perubahan ini juga dilakukan juga oleh enzim tripsin secara otokatalitik. Disamping itu, tripsin dapat mengaktifkan enzim-enzim proteolitik lain yang berasal dari pankreas. Kimotripsinogen diubah menjadi menjadi beberapa jenis kimotripsin aktif. Enzim-enzim pankreas ini memecah protein dari polipeptida menjadi peptida lebih pendek yaitu tripeptida, dipeptida, dan sebagian menjadi asam amino. Mukosa usus halus juga mengeluarkan enzim-enzim protease yang menghidrolisis ikatan peptida. Sebagian enzim mukosa usus halus ini bekerja di dalam sel.

Hasil pencernaan protein menghasilkan produk-produk yang lebih kecil. Hal ini terjadi agar dapat melalui sel-sel mukosa usus yang diangkut melalui dinding epitel. Enzim amino peptidase yang dapat memecah polipeptida menjadi asam amino bebas dikeluarkan oleh mukosa usus halus. Dalam cara kerjanya, enzim ini membutuhkan mineral Mn^{2+} dan Mg^{2+} . Selain itu, mukosa usus halus juga mengandung enzim dipeptidase yang memecah dipeptida

tertentu dan membutuhkan mineral Co^{2+} dan Mn^{2+} untuk cara kerjanya.

Enzim-enzim proteolitik yang ada dalam lambung dan usus halus pada akhirnya dapat mencernakan sebagian besar protein makanan menjadi asam amino bebas. Tripsin dan kimotripsin dapat lebih cepat dan sempurna bekerja bila didahului oleh tindakan pepsin. Tetapi kedua jenis enzim ini tanpa didahului oleh pepsin dapat juga membebaskan asam amino dari protein (Lasmi, 2017). Ringkasan proses pencernaan protein dapat dilihat pada tabel 3. 3 berikut.

Tabel 3.3 Proses pencernaan protein (Lasmi, 2017)

Saluran Cerna	Pencernaan dan Absorpsi
Mulut	Mengunyah makanan Makanan bercampur dengan air liur
Esofagus	Tidak ada pencernaan
Lambung	Asam lambung membuka molekul protein dan mengaktifkan enzim lambung Protein pendek $\xrightarrow[\text{pepsin}]{\text{Protease lambung, HCl}}$ polipeptida lebih
Usus Halus	Polipeptia $\xrightarrow[\text{Protease pankreas}]{\text{dipeptida, tripeptida,}}$ asam amino (diserap) Peptida bebas $\xrightarrow[\text{dipeptidase}]{\text{tripeptidase mukosa}}$ asam amino

Metabolisme Protein

Proses metabolisme merupakan proses biokimia yang terjadi di dalam sel yaitu peristiwa pembentukan (anabolisme) dan perombakan (katabolisme) senyawa dan makromolekul. Anabolisme adalah peristiwa pembentukan atau sintesis enzimatik senyawa molekul besar senyawa yang lebih sederhana, proses ini pada



umumnya memerlukan energi. Sedangkan katabolisme adalah peristiwa pemecahan enzimatis dari bahan-bahan yang bermolekul besar (bahan makanan yang mengandung karbohidrat, lemak, dan protein) menjadi senyawa yang bermolekul kecil/ sederhana, seperti glukosa, laktat, asetat, asam urat, amoniak, CO dan urea sehingga membebaskan energi (Pandit, 2012).

(Poedjiadi dan Supriyanti, 2012) menjelaskan bahwa ada tiga kemungkinan perubahan protein yaitu:

1. Sel-sel mati, kemudian komponennya mengalami proses penguraian atau proses katabolisme dan membentuk sel-sel baru
2. Masing-masing protein mengalami proses penguraian dan terjadi sintesis protein baru, tanpa ada sel yang mati
3. Protein dikeluarkan dari dalam sel diganti dengan sintesis protein baru

Tahap awal reaksi metabolisme asam amino, melibatkan pelepasan gugus amino kemudian baru perubahan kerangka karbon pada molekul asam amino. Dua proses utama pelepasan gugus amino yaitu transaminasi dan deaminasi.

1. Transaminasi

Transaminasi adalah proses katabolisme asam amino yang melibatkan pemindahan gugus amino dari satu asam amino ke asam amino lain. Gugus amino dari suatu asam amino dipindahkan ke salah satu dari tiga senyawa keto, yaitu asam piruvat, α -ketoglutarat dan oksaloasetat sehingga senyawa keto ini berubah menjadi asam amino. Sedangkan asam amino semula diubah menjadi asam keto.

Ada dua enzim penting dalam reaksi transaminasi ini yaitu alanin transaminase dan glutamat transaminase yang bekerja sebagai katalis dalam reaksi.

Reaksi transaminasi bersifat dapat balik. Pada reaksi ini tidak ada gugus amino yang hilang karena gugus amino yang dilepaskan oleh asam amino diterima oleh asam keto.

Reaksi transaminasi terjadi dalam mitokondria maupun dalam cairan sitoplasma. Semua enzim transaminase tersebut dibantu oleh piridoksalfosfat sebagai koenzim. Piridoksalfosfat tidak hanya merupakan koenzim pada reaksi transaminasi tetapi juga pada reaksi-reaksi metabolisme lain.

2. Deaminasi Oksidatif

Asam amino dalam reaksi transaminasidapat diubah menjadi asam glutamat. Dalam beberapa sel, asam glutamat dapat mengalami proses deaminasi oksidatif yang menggunakan glutamat dehidrogenase sebagai katalisnya.

Dalam proses ini, asam glutamat melepaskan gugus amino dalam bentuk NH_4^+ . Akseptor elektron dalam proses ini adalah NAD^+ glutamat dehidrogenase dan NADP^+ . Oleh karena asam glutamat merupakan hasil akhir proses transaminasi, maka glutamat dehidrogenase merupakan enzim yang penting dalam metabolisme asam amino.

B. Kebutuhan Harian

(Peraturan Menteri Kesehatan RI, 2019) menjelaskan bahwa Angka Kecukupan Gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia yang selanjutnya disingkat AKG adalah suatu nilai yang menunjukkan kebutuhan rata-rata zat gizi tertentu yang harus dipenuhi setiap hari bagi hampir semua orang dengan karakteristik tertentu yang meliputi umur, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi fisiologis, untuk hidup sehat. AKG digunakan pada tingkat konsumsi yang meliputi kecukupan energi, protein, lemak, karbohidrat, serat, air, vitamin, dan mineral.

Berikut adalah tabel 3.4 tentang angka kecukupan protein yang dianjurkan (Per Orang Per Hari).

Tabel 3.4 Angka Kecukupan Protein yang Dianjurkan (Per Orang Per Hari) (Peraturan Menteri Kesehatan RI, 2019)

Kelompok Umur	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Protein (g)
Bayi / Anak			
0 – 5 bulan	6	60	9
6 – 11 bulan	9	72	15
1 – 3 tahun	13	92	20
4 – 6 tahun	19	113	25
7 – 9 tahun	27	130	40
Laki-laki			
10 – 12 tahun	36	145	50
13 – 15 tahun	50	163	70
16 – 18 tahun	60	168	75
19 – 29 tahun	60	168	65
30 – 49 tahun	60	166	65
50 – 64 tahun	60	166	65
65 – 80 tahun	58	164	64
80 keatas	58	164	64
Perempuan			
10 – 12 tahun	38	147	55

13 – 15 tahun	48	156	65
16 – 18 tahun	52	159	65
19 – 29 tahun	55	159	60
30 – 49 tahun	56	158	60
50 – 64 tahun	56	158	60
65 – 80 tahun	53	157	58
80 keatas	53	157	58
Hamil			
Trisemester I			+ 1
Trisemester II			+10
Trisemester III			+30
Menyusui			
6 bulan pertama			+20
6 bulan kedua			+15

Berdasarkan tabel diatas, AKG pada laki-laki dan perempuan usia 16-18 tahun membutuhkan gizi protein yang lebih banyak dibandingkan dengan usia dewasa. Sedangkan, jika dibandingkan berdasarkan jenis kelamin, laki-laki relatif lebih banyak membutuhkan protein daripada jenis kelamin perempuan. Pada wanita hamil dan menyusui, perlu ditambah protein ekstra terutama trisemester ketiga pada ibu hamil dan 6 bulan pertama pada ibu menyusui. Untuk anak-anak yang sedang tumbuh, membutuhkan lebih banyak protein, yaitu sekitar 3 gram dalam setiap 1 kilogram berat badannya (Damongilala, 2021).

Kebutuhan manusia akan protein dapat dihitung dengan mengetahui jumlah nitrogen yang hilang (*obligatory nitrogen*). Jika seseorang mengkonsumsi bahan makanan tanpa protein, maka nitrogen yang hilang pasti berasal dari protein tubuh yang dipecah untuk memenuhi kebutuhan metabolisme (Winarno, 1992). Nitrogen yang dikeluarkan dari tubuh merupakan bahan buangan hasil metabolisme protein. Sehingga jumlah nitrogen yang terbuang mewakili jumlah protein yang harus diganti.

Setiap harinya nitrogen yang dikeluarkan bersama urin rata-rata 37 mg/kg berat badan dan dalam feses 12 mg/kg berat badan. Nitrogen yang dikeluarkan lewat kulit sebesar 3 mg/kg, dan bersama keringat sebesar 2 mg/kg sehingga total jumlahnya per hari sekitar 54 mg/kg berat badan. Oleh karena itu, nitrogen yang diproduksi oleh tubuh dapat digunakan sebagai pedoman untuk menentukan kebutuhan minimal protein yang dibutuhkan oleh tubuh (WHO, 2007).

Pada wanita hamil, menyusui serta pada pertumbuhan anak, protein yang diperlukan juga harus diperhitungkan bersama kebutuhan protein untuk pertumbuhan janin, produksi ASI dan

produksi jaringan baru pada masa pertumbuhan anak. Hasil akhir kebutuhan protein menjadi sekitar 0,57 g/kg berat badan per hari (laki-laki dewasa) atau 0,54 g/kg berat badan per hari (wanita dewasa). Jumlah tersebut diharapkan sudah cukup untuk memenuhi keperluan menjaga keseimbangan nitrogen dalam tubuh. Dengan syarat, protein yang dikonsumsi mempunyai mutu yang tinggi (WHO, 2007).

Tabel 3.5 dibawah ini memaparkan tentang pola kebutuhan asam amino dari bayi hingga dewasa.

Tabel 3.5 Pola Kebutuhan Asam Amino (mg/g N) (Winarno, 1992)

Asam Amino	Pola Kebutuhan		
	Bayi	Anak 10 - 12 tahun	Dewasa
Isoleusin	220	230	113
Leusin	500	350	156
Lisin	325	469	138
Metionin + Sistein	180	213	150
Fenilalanin + Tirosin	394	213	156
Treonin	275	275	81
Triptofan	56	30	44
Valin	294	256	113

Pada tabel diatas, asam amino yang paling banyak dibutuhkan oleh bayi adalah leusin. Leusin adalah asam amino yang salah satu fungsinya adalah merangsang hormon pertumbuhan. Sedang pada anak-anak, yang paling tinggi pola kebutuhannya adalah lisin. Lisin adalah asam amino yang memainkan peran utama dalam sintesis protein, produksi hormon dan enzim dan penyerapan kalsium. Lisin juga penting untuk produksi energi, fungsi kekebalan tubuh, serta produksi kolagen dan elastin. Pada orang dewasa, pola kebutuhan asam amino terbanyak adalah leusin dan campuran fenilalanin dan tirosin. Leusin memiliki banyak peran dalam tubuh, mulai dari membantu proses penyembuhan luka, memproduksi hormon pertumbuhan, meningkatkan kekuatan otot, serta mengatur kadar gula darah. Sedangkan fenilalanin berperan penting dalam pembentukan asam amino lain yang juga dibutuhkan oleh tubuh. Tubuh juga akan mengubah asam amino esensial ini menjadi tirosin dan dopamin yang penting bagi fungsi otak.



VITAMIN DAN KEBUTUHAN HARIAN

Vitamin adalah zat gizi mikro atau sering disebut juga dengan mikronutrien, yang sangat dibutuhkan oleh tubuh meskipun hanya dalam jumlah sedikit. Vitamin menjadi salah satu bahan yang sangat dibutuhkan oleh tubuh untuk menunjang pertumbuhan, perkembangan, dan kerja dari organ-organ tubuh. Tubuh hanya membutuhkan vitamin dalam jumlah kecil, tetapi tubuh tidak dapat memproduksi vitamin sendiri sehingga kebutuhan vitamin di dalam tubuh hanya dapat dipenuhi dari makanan yang dikonsumsi. Vitamin merupakan senyawa yang unik, meskipun dibutuhkan dalam jumlah sedikit, kelebihan vitamin di dalam tubuh tidak dapat disimpan terus menerus, karena tubuh tidak dapat menyimpan cadangan vitamin. Hal inilah yang menjadikan pentingnya mengonsumsi vitamin yang sesuai kebutuhan, tidak berlebihan & tidak kekurangan.

Ada berbagai macam vitamin yang dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup. Berdasarkan kelarutannya, vitamin dapat dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu: Vitamin larut air (*water soluble vitamins*), dan vitamin larut lemak (*fat soluble vitamins*).

1. Vitamin Larut Air (*Water Soluble Vitamins*)

Vitamin larut air merupakan kelompok vitamin yang diproses bersama dengan air, karena mudah larutnya dengan air membuat vitamin ini juga mudah diserap ke dalam jaringan tetapi secara alami vitamin larut air ini tidak dapat disimpan di dalam tubuh, dan akan dikeluarkan melalui urin dalam jumlah yang kecil. Karena tubuh tidak dapat menyimpan vitamin larut air tersebut, maka tubuh memerlukan asupan vitamin larut air dari makanan yang dimakan sehari-hari. Sebagian besar vitamin larut air merupakan koenzim bagi enzim-enzim yang akan membantu proses metabolisme di dalam tubuh, khususnya metabolisme energi (Rahayu, Fahrini and Setiawan, 2019). Tubuh akan langsung menyerap vitamin larut air ini ke dalam peredaran darah dan selanjutnya akan langsung beredar bebas dalam peredaran darah. Beberapa contoh vitamin larut air ini adalah vitamin B & vitamin C.

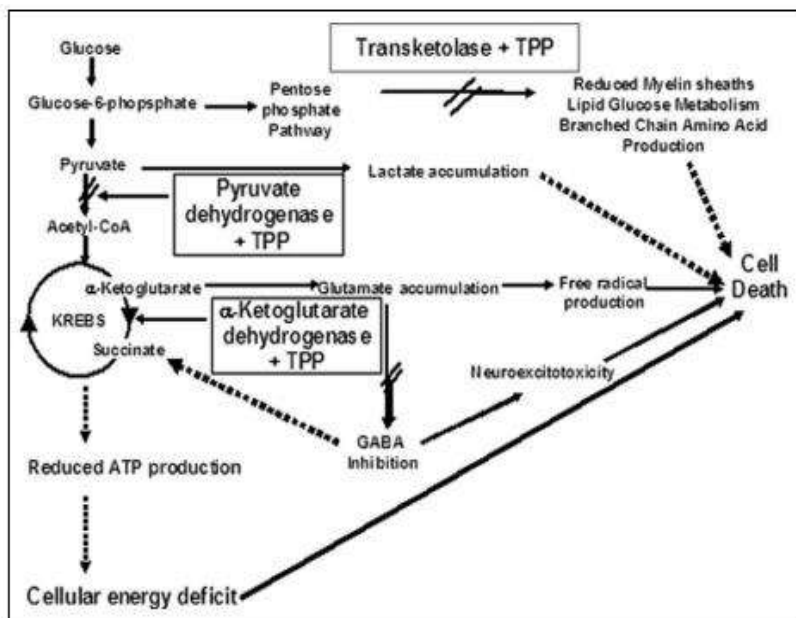
Vitamin B

Vitamin B yang umum dikenali kurang lebih ada 8 macam, yaitu: B1 (*thiamine*), B2 (*riboflavin*), B3 (*niacin*), B5 (*pantothenic acid*), B6 (*pyridoxine*), B7 (*biotin*), B9 (*folic acid*), dan B12 (*cobalamin*), keseluruhan dari vitamin B ini dikenali sebagai vitamin B kompleks. Masing-masing dari vitamin B ini memiliki fungsi spesifik yang berbeda-beda, sehingga antara satu vitamin dengan vitamin yang lainnya tidak dapat saling menggantikan. Namun demikian vitamin B ini mudah kita dapatkan dalam makanan sehari-hari terutama makanan yang bersumber dari hewan.

Vitamin B1 yang dikenal dengan nama *thiamin* atau ada juga yang menyebutkan 3-[(4-amino-2-metil-5-pirimidinil)metil]-5-(2-hidroksietil)-4-metiltiazolium. Tiamin sendiri terdiri dari cincin pirimidin dan cincin tiazol yang digabungkan oleh jembatan metilen. Tiamin adalah vitamin B pertama yang berhasil diidentifikasi sehingga diberi nama B1. Vitamin B1 ini diteliti karena adanya penyakit beri-beri yang mulai menyebar dikalangan masyarakat, sampai akhirnya Jansen and Donath berhasil mengisolasi vitamin yang terkandung dalam sekam padi & diduga dapat menyembuhkan penyakit beri-beri tersebut dan diberi nama Vitamin yang berasal dari kata vital dan amin, untuk mencerminkan sifat amina pada vitamin tersebut. Formula vitamin B1 tersebut disempurnakan oleh Williams and Cline pada tahun 1936 (Fattal-Valevski, 2011).

Tiamin di dalam tubuh manusia terdapat sebagai tiamin yang bebas dan sebagian lagi ada yang terfosforilasi, seperti: tiamin monofosfat, tiamin trifosfat, dan tiamin pirofosfat atau yang sering dikenal dengan tiamin difosfat. Tiamin pirofosfat adalah bentuk aktif dari tiamin yang berperan sebagai kofaktor untuk beberapa enzim yang membantu proses metabolisme energi. Enzim-enzim tersebut diantaranya adalah: *piruvat dehydrogenase*, *aketoglutarat dehydrogenase*, dan *transketolase*, dimana enzim-enzim tersebut akan mengalami penurunan aktivitas ketika terjadi defisiensi vitamin B1. Penurunan aktivitas enzim-enzim tersebut dapat menyebabkan kegagalan sintesis *Adenosin Triphosfat* (ATP) dan penurunan selektif kadar ATP dalam darah yang akan menuju ke otak yang dapat menyebabkan apoptosis. *Pyruvate dehydrogenase* akan mempengaruhi jumlah produksi piruvat, ketika *pyruvate dehydrogenase* tidak bekerja maka produksi piruvat akan berkurang. Berkurangnya produksi piruvat dapat menyebabkan terganggunya siklus kreb sehingga akan beralih dengan pembentukan asam laktat berlebih dan lama-kelamaan dapat menimbulkan asidosis. Kekurangan tiamin juga dapat menyebabkan perubahan

metabolisme oksidatif yang akan mempengaruhi kerusakan mitokondria, karena terjadi gangguan pada mitokondria, dan adanya asidosis, dan apoptosis yang akhirnya dapat menyebabkan nekrosis. Skema defisiensi vitamin B1 dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Mekanisme gangguan akibat defisiensi vitamin B1 (Fattal-Valevski, 2011)

Kelebihan vitamin (Avitaminosis) B1 dapat mengakibatkan kelumpuhan, pemblokiran transmisi saraf karena vitamin B1 berperan dalam proses kerja sel saraf, gelisah, kejang-kejang, sesak nafas, kelumpuhan pernafasan, dan gagal jantung yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kematian. Efek lainnya yaitu dapat mengganggu kerja vitamin B lainnya, mengganggu fungsi insulin dan tiroid (Jacob, Agrawal and Paul, 2017)

Vitamin C

Vitamin C merupakan vitamin larut air yang memiliki sifat yang tidak jauh berbeda dengan vitamin B. Vitamin C sendiri terdapat dalam 2 bentuk yaitu: dalam keadaan tereduksi akan berbentuk asam askorbat, sedangkan dalam keadaan teroksidasi akan berbentuk dehidroaskorbat. Umumnya fungsi vitamin dalam tubuh berkaitan dengan fungsi vitamin C sebagai donor elektron, sehingga membuat vitamin C menjadi bentuk vitamin C yang aktif dan stabil dalam jaringan, tetapi ketika digunakan sebagai kofaktor atau antioksidan,



vitamin C akan dioksidasi menjadi asam dehidroaskorbat yang lebih tidak stabil, dan siap didaur ulang kembali menjadi vitamin C oleh beberapa system enzim (Carr and Maggini, 2017).

Defisiensi vitamin C akut kemungkinan dapat terjadi karena peningkatan stress oksidatif sehingga akan meningkatkan konsumsi metabolik dari vitamin C. Stres oksidatif yang terjadi dikarenakan berkurangnya daur ulang asam dehidroaskorbat (DHA) (Spoelstra-De Man, Elbers and Oudemans-Van Straaten, 2018). Umumnya hewan-hewan juga dapat memproduksi vitamin C-nya sendiri melalui jalur glukosa 6 fosfat, namun pada manusia telah mengalami mutasi, sehingga proses sintesis vitamin C tidak dapat diselesaikan. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan vitaminnya manusia membutuhkan bantuan asupan dari luar tubuh. Pada saat dalam kondisi sakit, manusia membutuhkan asupan vitamin C yang lebih banyak daripada kondisi normal, dan karena memiliki sifat mempengaruhi ekspresi gen-gen lainnya (*pleiotropic*) terjadinya defisiensi vitamin C pada pasien akan memperparah penyakit, dan menghambat penyembuhan.

2. Vitamin Larut Lemak (*Fat Soluble Vitamins*).

Vitamin larut lemak (*fat soluble vitamins*) merupakan jenis vitamin yang memerlukan lemak untuk absorpsinya, dan juga akan disimpan dalam jaringan adipose ataupun hati jika terdapat kelebihan kandungan vitamin larut lemak di dalam tubuh (Tumiwa, Kapantow and Punuh, 2020). Beberapa jenis vitamin larut lemak yaitu vitamin A, vitamin D, vitamin E, dan Vitamin K, dimana masing-masing jenis vitamin tersebut memiliki fungsi spesifik yang berbeda-beda di dalam tubuh manusia, berikut gambaran manfaat dan gangguan kesehatan yang ditimbulkan dari masing-masing vitamin larut lemak tersebut:

Vitamin A

Vitamin A merupakan jenis vitamin larut lemak yang pertama kali dapat diidentifikasi. Vitamin A sendiri meliputi semua retinoid dan karotenoid yang memiliki fungsi seperti vitamin A (Rahayu, Fahrini and Setiawan, 2019). Retinoid sendiri merupakan salah satu bentuk dari vitamin A yang banyak terdapat pada makanan hewani, dan merupakan zat yang relative tidak stabil sehingga perlu disimpan ester retinil di dalam jaringan tubuh manusia, dan banyak ditemukan di hati. Retinol tersebut akan diubah menjadi retinaldehid melalui ester retinil sehingga menjadi bentuk vitamin A yang penting bagi penglihatan. Selain itu retinol juga



diubah menjadi asam retinoat yang merupakan faktor pertumbuhan yang penting bagi pertumbuhan dan diferensiasi sel epitel. Hal itu membuat asam retinoat sangat penting bagi kesehatan kulit dan tulang. Bentuk kedua dari vitamin A yaitu Karotenoid, dimana karotenoid merupakan zat warna yang banyak terdapat pada tanaman, bakteri, dan alga. Karotenoid sendiri dibedakan menjadi dua yaitu xantofil (mengandung oksigen), dan karoten (tanpa oksigen). Karoten inilah yang sangat berhubungan dengan vitamin A. Kita sering mendengar beberapa jenis karoten, meski sebenarnya di dalam tumbuhan ada 4 macam karoten, yaitu: alfa, beta, gama, dan cryptox karoten. Karoten ini berfungsi untuk meningkatkan penglihatan, fungsi metabolisme, dan merupakan senyawa yang memiliki sifat antioksidan (Chapman, 2012).

Vitamin A merupakan salah satu mikronutrien yang penting bagi tubuh kita, hal ini berarti tubuh kita tidak dapat memproduksi vitamin A sehingga membutuhkan asupan vitamin A dari makanan yang dikonsumsi. Vitamin yang sudah masuk ke dalam tubuh akan disimpan di dalam hati sampai dibutuhkan oleh tubuh dan akan dilakukan packing dengan cara penambahan protein pada vitamin A tersebut, supaya vitamin A siap diedarkan keseluruh tubuh.

Vitamin A sendiri memiliki peranan yang sangat banyak dan penting di dalam tubuh kita, diantaranya yaitu: berperan dalam menjaga integritas dan fungsi semua jaringan epitel (misalnya, kulit, lapisan saluran pernapasan, usus, kandung kemih, telinga bagian dalam, dan mata), mendukung pergantian sel kulit dan memastikan bahwa jaringan seperti konjungtiva mampu menghasilkan lendir dan memberikan penghalang terhadap infeksi, vitamin A juga berperan untuk penglihatan dan menjaga sistem kekebalan di dalam tubuh (Gilbert, 2013).

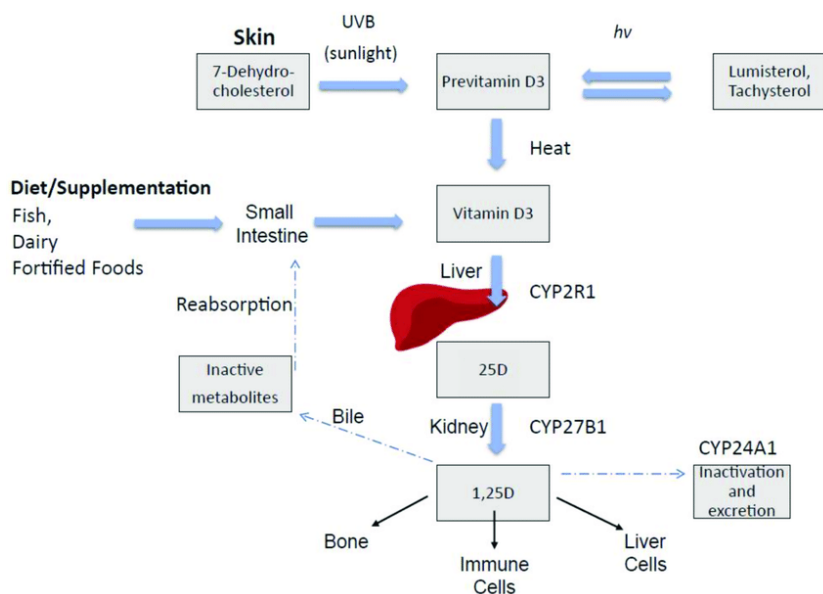
Vitamin A memiliki banyak fungsi di dalam tubuh kita, tentunya jika tubuh kita kelebihan ataupun kekurangan vitamin A juga akan memberikan efek di dalam tubuh. Kelebihan kandungan vitamin di dalam tubuh dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti: mual, muntah, anoreksia, sakit kepala, penglihatan kabur, rambut rontok, kelemahan otot, dan perubahan mental. Hasil jangka panjang dari perubahan kadar vitamin A dapat menyebabkan anemia, penurunan berat badan, dan patah tulang. Kekurangan vitamin A juga dapat menimbulkan masalah yang serius terutama jika terjadi pada anak-anak dan terus-menerus maka dapat menimbulkan kematian. Defisiensi vitamin A ada 2 macam, yaitu defisiensi vitamin A primer yang disebabkan karena asupan makanan yang buruk dan penyapihan dini dari ASI, dan defisiensi vitamin A



sekunder yang terjadi karena malabsorpsi lipid dan seng yang diperlukan untuk penyerapan vitamin A. Gejala awal pada defisiensi vitamin A adalah berkurangnya penglihatan, dan dapat dilanjutkan hingga menyebabkan kekeringan pada konjungtiva, dan peningkatan keratinisasi mukosa okular, keratomalacia yang dapat berujung kebutaan, dan penurunan kekebalan dalam tubuh (Chapman, 2012).

Vitamin D

Vitamin D merupakan vitamin yang sangat special, karena merupakan satu-satunya vitamin yang dapat dibentuk oleh tubuh dengan bantuan sinar matahari, hal inilah yang menyebabkan vitamin D dikatakan sebagai prohormone (hormone steroid). Makanan juga membantu pemenuhan vitamin D, sebagai penyediaan bahan pembuatan vitamin D aktif, selain itu kebutuhan vitamin D juga dapat dibantu dari suplemen (Rahayu, Fahrini and Setiawan, 2019). Bahan utama pembuatan vitamin D di dalam tubuh yaitu 7 dehidrokolesterol, dimana seluruh permukaan kulit memiliki senyawa tersebut, dan dengan bantuan sinar UVB, 7 dehidrokolesterol dapat diubah menjadi vitamin D aktif. Di dalam tubuh dikenali 2 bentuk vitamin D yaitu D2 (*ergocalciferol* yang biasanya banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan, dan D3 (*cholecalciferol* yang terdapat pada hewani (Hosseini-Nezhad and Holick, 2013). Untuk mengubah vitamin D menjadi bentuk aktif, vitamin D akan mengalami dua kali hidroksilasi yang terjadi di hati dan ginjal yaitu pembentukan kalsitriol (1,25 dihidroksivitamin /1.25(OH)₂D), dan kalsidiol (25 hidroksivitamin/25(OH)D). Vitamin D3 dari kulit, makanan, dan suplemen akan diangkut ke hati oleh protein pengikat vitamin D dan akan di ubah menjadi 25 (OH)D oleh CYP2R1. di ginjal 25 (OH)D akan diubah dengan bantuan 1 α -hidroksilase (CYP27B1 sitokrom P450,dll) yang terdapat pada ginjal ataupun yang berasal dari luar ginjal menjadi 1.25(OH)₂D yang memiliki afinitas yang lebih tinggi (Zagon and McLaughlin, 2017). Skema metabolisme pembentukan vitamin D dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Metabolisme vitamin D di dalam tubuh
(Keane *et al.*, 2018)

Vitamin D bertanggung jawab untuk menjaga homeostasis kalsium dengan memfasilitasi penyerapan dan pemanfaatan mineral. Hal itu membuat vitamin D menjadi kontributor utama dalam pembentukan tulang dan homeostasis. Hipervitaminosis D mungkin saja dapat terjadi dikarenakan konsumsi obat-obatan berlebihan dan berkepanjangan seperti obat-obatan yang mengandung kalsium dan bersamaan dengan vitamin D. gangguan yang dapat disebabkan oleh hipervitaminosis D diantaranya adalah: hiperkalsemia, dan hiperkalsiuria, bersamaan dengan polyuria, polydipsia, muntah, dehidrasi, konstipasi, anoreksia dan kelesuan, hipertensi, tetani, dan kejang-kejang yang dapat berakibat fatal (Roop, 2018). Hipovitaminosis D juga dapat terjadi jika kekurangan bahan pembuat vitamin D baik berasal dari kekurangan asupan makanan ataupun sinar UVB meskipun hal ini sangat jarang terjadi, dan beberapa kondisi yang dapat mengganggu biosintesis vitamin D seperti gangguan pada hati dan ginjal. Kekurangan vitamin D dapat berakibat gangguan pada otot dan juga tulang, karena kekurangan vitamin D akan menghambat mineralisasi tulang.

Vitamin E

Vitamin E merupakan nama yang diberikan untuk 8 jenis senyawa yang larut dalam lemak yaitu (α -, β -, γ -, δ -tocopherol, and α -, β -, γ -, δ -tocotrienol) yang disintesis oleh tumbuhan, dengan kata lain



manusia tidak dapat membuat vitamin E sendiri. Aktivitas vitamin E sangat bergantung pada mekanisme regulasi yang berfungsi mempertahankan α tokoferol dan mengeluarkan bentuk nontokoferol. Protein transfer α tokoferol (α TTP) berperan untuk memperkaya plasma dengan α tokoferol sehingga dapat mencegah terjadinya radikal bebas pada plasma. α TTP sangat penting bagi kesehatan manusia, karena mutasi pada protein ini dapat menyebabkan defisiensi vitamin E. Vitamin E memiliki kandungan antioksidan yang sangat tinggi sehingga berperan sebagai antioksidan pemutus rantai dalam menjaga integritas membrane sel (Niki and Traber, 2012).

Defisiensi vitamin E jarang sekali terjadi, tetapi umumnya terjadi pada pasien dengan mutasi pada protein α TTP, selain itu diet rendah lemak juga dapat menyebabkan defisiensi vitamin E, karena vitamin E sendiri merupakan vitamin larut lemak, sehingga membutuhkan lemak untuk membantu proses absorpsinya. Bayi yang lahir premature juga memiliki kemungkinan untuk mengalami defisiensi vitamin E, dan adanya malabsorpsi makanan juga menjadi salah satu penyebab terjadinya defisiensi vitamin E. Pada bayi yang lahir prematur, defisiensi vitamin E dapat menyebabkan anemia hemolitik. Hipervitaminosis E juga jarang terjadi, namun dapat terjadi pada konsumsi suplemen yang mengandung vitamin E dengan dosis tinggi dan berkepanjangan. Penggunaan suplemen vitamin E dengan dosis tinggi tersebut dapat menyebabkan fibrosis kistik abetalipoproteinemia. Konsumsi suplemen alfa tokoferol dosis tinggi juga dapat mempengaruhi proses pembekuan darah, karena dapat menghambat vitamin K-dependent karboksilase, sehingga dapat meningkatkan pendarahan, dan dapat menghambat agregasi trombosit dengan cara mengurangi produksi trombosit tromboksan (Roop, 2018).

Vitamin K

Vitamin K dalam makanan terdapat dua macam, yaitu vitamin K1 (*phyloquinone*) yang banyak ditemukan pada sayuran berdaun hijau, minyak zaitun, dan minyak kedelai. Bentuk yang kedua yaitu vitamin K2 (*menaquinone*) ditemukan dalam jumlah kecil dalam ayam, mentega, kuning telur, keju, natto, dan mikroba di usus. Baik vitamin K1 maupun K2 sama-sama digunakan untuk karboksilasi γ -glutamin (DiNicolantonio, Bhutani and O'Keefe, 2015). Secara umum vitamin K berfungsi sebagai kofaktor untuk enzim γ -glutamat karboksilase yang berfungsi untuk mengkatalis karboksilasi pascatranslasi protein-Gla dari glutamate menjadi residu γ -



karboksiglutamat. Peran yang paling penting dari vitamin K adalah dalam pembekuan darah.

Hipervitaminosis dan defisiensi vitamin K cukup jarang terjadi. Hipervitaminosis K dapat terjadi ketika mengonsumsi suplemen yang berisi vitamin K dengan dosis tinggi, dan hal tersebut dapat mempengaruhi proses pembekuan darah. Pada pasien dengan penyakit yang parah dan konsumsi suplemen vitamin K dosis tinggi dapat memperburuk proses pembekuan darah. Selain itu hipervitaminosis K juga dapat menyebabkan anemia hemolitik dengan cara menghambat fungsi glutathione yang dapat menyebabkan akumulasi oksigen reaktif dan pada akhirnya akan menyebabkan pecahnya sel darah merah karena stress oksidatif, meskipun hal tersebut umumnya terjadi pada bayi. Defisiensi vitamin K dapat terjadi meskipun sangat jarang ditemukan, umumnya orang-orang yang mengalami defisiensi vitamin K akan mengalami mimisan, mudah memar, tinja berwarna gelap yang disertai dengan bercak darah.

Bagi orang-orang dengan penyakit tertentu harus betul-betul dapat mengontrol asupan vitamin K. Pasien dengan komorbid diabetes, perlu dilakukan pemantauan kadar gula darah secara berkala, Karena vitamin K dapat menurunkan kadar gula dalam darah. Orang yang mengonsumsi obat pengencer darah atau antikoagulan juga harus membatasi konsumsi vitamin K, karena konsumsi berlebihan dari vitamin K dapat mempengaruhi proses pembekuan darah (Roop, 2018).

3. Kebutuhan Harian Vitamin

Laki-laki, perempuan, tua, muda, masing-masing memiliki kebutuhan vitamin harian yang berbeda-beda. Pentingnya pemahaman tentang kebutuhan harian tersebut supaya seseorang dapat terhindar dari hipervitaminosis (kelebihan vitamin) ataupun defisiensi/hipovitaminosis (kekurangan vitamin) jenis tertentu. Kebutuhan harian masing-masing individu perhari telah tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (PERMENKES RI) Nomor 28 tahun 2019 tentang angka kecukupan gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia, secara lebih detailnya dapat dilihat pada table 4.1 dan 4.2 ([Permenkes RI], 2019).

Pemenuhan kebutuhan vitamin harian dapat diperoleh salah satunya dari makanan yang dikonsumsi sehari-hari. Sumber makanan yang dikonsumsi sehari-hari memiliki kandungan vitamin



yang berbeda-beda. Pemenuhan kebutuhan vitamin A dapat diperoleh dari makanan maupun suplemen yang dikonsumsi seperti, minyak ikan, hati dan ginjal hewani, sayur-sayuran dari tumbuhan seperti wortel. Vitamin B juga banyak terdapat dalam ikan salmon, sayuran hijau, hati dan jeroan, telur, daging sapi maupun daging ayam, legume, kerang, dll. Vitamin C banyak terdapat pada buah-buahan maupun sayuran, terutama yang memiliki rasa asam, seperti, jeruk, jambu, nanas. Sumber vitamin D berupa sinar matahari, dan makanan yang banyak mengandung kolekalsiferol untuk pembentukan previtamin D dan pembentukan vitamin D aktif dengan bantuan sinar matahari. Kolekalsiferol sendiri banyak terdapat pada minyak hati ikan, telur, mentega, hati, dan krim. Vitamin E sendiri banyak terdapat dalam minyak tumbuh-tumbuhan, terutama minyak biji-bijian, dan kecambah gandum (Rahayu, Fahrini and Setiawan, 2019). Vitamin K1 dan vitamin K2 adalah dua bentuk umum vitamin K. Vitamin K1 diproduksi dalam sayuran berdaun hijau seperti lobak, bayam, kembang kol, kubis, brokoli dan kubis Brussel dan juga ditemukan dalam susu sapi, minyak kedelai, minyak biji kapas, minyak canola dan minyak zaitun. Vitamin K2 disintesis oleh bakteri usus di dalam tubuh.

Angka Kecukupan Vitamin yang Dianjurkan (per orang per hari)

Tabel 4.1 Angka kecukupan vitamin yang dianjurkan bagi bayi/anak, dan laki-laki (per orang per hari) ([Permenkes RI], 2019)

Kelompok Umur	Vit A (RE)	Vit D(mcg)	Vit E(mcg)	Vit K(mcg)	Vit B1 (mg)	Vit B2 (mg)	Vit B3 (mg)
Bayi/Anak							
0 – 5 bln	375	10	4	5	0.2	0.3	2
6 – 11 bln	400	10	5	10	0.3	0.4	4
1 – 3 th	400	15	6	15	0.5	0.5	6
4 – 6 th	450	15	7	20	0.6	0.6	8
7 – 9 th	500	15	8	25	0.9	0.9	10
Laki-laki							
10 – 12 th	600	15	11	35	1.1	1.3	12
13 – 15 th	600	15	15	55	1.2	1.3	16
16 – 18 th	700	15	15	55	1.2	1.3	16
19 – 29 th	650	15	15	65	1.2	1.3	16
30 – 49 th	650	15	15	65	1.2	1.3	16
50 – 64 th	650	15	15	65	1.2	1.3	16
65 – 80 th	650	20	15	65	1.2	1.3	16
80+ th	650	20	15	65	1.2	1.3	16

Kelompok Umur	Vit B5 (Panto tenat) (mg)	Vit B6 (mg)	Folat(mcg)	Vit B12 (mcg)	Biotin(mcg)	Kolin(mg)	Vit C(mg)
Bayi/Anak							
0 – 5 bln	1.7	0.1	80	0.4	5	125	40
6 – 11 bln	1.8	0.3	80	1.5	6	150	50
1 – 3 th	2.0	0.5	160	1.5	8	200	40
4 – 6 th	3.0	0.6	200	1.5	12	250	45
7 – 9 th	4.0	1.0	300	2.0	12	375	45
Laki-laki							
10 – 12 th	5.0	1.3	400	3.5	20	375	50
13 – 15 th	5.0	1.3	400	4.0	25	550	75
16 – 18 th	5.0	1.3	400	4.0	30	550	90
19 – 29 th	5.0	1.3	400	4.0	30	550	90
30 – 49 th	5.0	1.3	400	4.0	30	550	90
50 – 64 th	5.0	1.7	400	4.0	30	550	90
65 – 80 th	5.0	1.7	400	4.0	30	550	90
80+ th	5.0	1.7	400	4.0	30	550	90

Tabel 4.2 Angka kecukupan vitamin yang dianjurkan bagi perempuan, hamil, dan menyusui (per orang per hari) ([Permenkes RI], 2019)

Kelompok Umur	Vit A (RE)	Vit D(mcg)	Vit E(mcg)	VitK(mcg)	Vit B1 (mg)	Vit B2 (mg)	Vit B3 (mg)
Perempuan							
10 – 12 th	600	15	15	35	1.0	1.0	12
13 – 15 th	600	15	15	55	1.1	1.0	14
16 – 18 th	600	15	15	55	1.1	1.0	14
19 – 29 th	600	15	15	55	1.1	1.1	14
30 – 49 th	600	15	15	55	1.1	1.1	14
50 – 64 th	600	15	15	55	1.1	1.1	14
65 – 80 th	600	20	20	55	1.1	1.1	14
80+ th	600	20	20	55	1.1	1.1	14
Hamil (+an)							
Trimester 1	+300	+0	+0	+0	+0.3	+0.3	+4
Trimester 2	+300	+0	+0	+0	+0.3	+0.3	+4
Trimester 3	+300	+0	+0	+0	+0.3	+0.3	+4
Menyusui							
6 bln pertama	+350	+0	+4	+0	+0.4	+0.5	+3
6 bln kedua	+350	+0	+4	+0	+0.4	+0.5	+3

Kelompok Umur	Vit B5 (Panto tenat) (mcg)	Vit B6 (mg)	Folat(mcg)	Vit B12 (mcg)	Biotin(mcg)	Kolin(mg)	Vit C(mg)
Perempuan							
10 – 12 th	5.0	1.2	400	3.5	20	375	50
13 – 15 th	5.0	1.2	400	4.0	25	400	65
16 – 18 th	5.0	1.2	400	4.0	30	425	75
19 – 29 th	5.0	1.3	400	4.0	30	425	75
30 – 49 th	5.0	1.3	400	4.0	30	425	75
50 – 64 th	5.0	1.5	400	4.0	30	425	75
65 – 80 th	5.0	1.5	400	4.0	30	425	75
80+ th	5.0	1.5	400	4.0	30	425	75
Hamil (+an)							
Trimester 1	+1	+0.6	+200	+0.5	+0	+25	+10
Trimester 2	+1	+0.6	+200	+0.5	+0	+25	+10
Trimester 3	+1	+0.6	+200	+0.5	+0	+25	+10
Menyusui							
6 bln pertama	+2	+0.6	+100	+1.0	+5	+125	+45
6 bln kedua	+2	+0.6	+100	+1.0	+5	+125	+45



MINERAL DAN KEBUTUHAN HARIAN

Mineral sebenarnya adalah unsur kimia. Zat gizi mineral merupakan komponen inorganik yang terdapat dalam tubuh manusia, merupakan bagian dari tubuh dan memegang peranan penting dalam pemeliharaan fungsi tubuh, baik pada tingkat sel, jaringan, organ maupun fungsi tubuh secara keseluruhan. Mineral dibutuhkan untuk proses kehidupan baik dalam bentuk ion atau elemen bebas, diperoleh dari makanan karena tubuh tidak dapat memproduksi. Meskipun dibutuhkan dalam jumlah sekitar 4% dari total berat badan manusia, mineral merupakan salah satu zat gizi yang penting dalam proses metabolisme tubuh.

Tubuh membutuhkan banyak mineral, sehingga disebut mineral esensial. Mineral esensial dibagi menjadi mineral makro dan mineral mikro. Kedua kelompok mineral ini sama pentingnya, tetapi mineral mikro dibutuhkan dalam jumlah yang lebih kecil daripada mineral makro. Pembagian tersebut berdasarkan jumlah yang dibutuhkan, mineral makro dibutuhkan >100mg/hari) dan mineral mikro <100mg/hari. Mineral makro diantaranya natrium, magnesium, fosfor, belerang, klorida, kalium, dan kalsium. Mineral mikro antara lain kromium, mangan, besi, kobalt, nikel, tembaga, seng, selenium, bromin, molibdenum, dan yodium. Beberapa elemen diduga berperan dalam kesehatan manusia, meskipun tidak ada cukup bukti untuk menggambarkan dengan jelas fungsi biokimia atau jumlah yang dibutuhkan. Ini termasuk lithium, boron, fluor, silikon, vanadium, dan arsenik (Mahan et al., 2012; Mueller, 2012; NIH, 2016).

Berdasarkan keberadaannya, mineral dibagi menjadi dua, yaitu mineral organik dan mineral anorganik. Mineral organik merupakan mineral yang dibutuhkan serta berguna bagi tubuh kita, yang dapat kita peroleh melalui makanan yang kita konsumsi setiap hari seperti nasi, ayam, ikan, telur, sayur-sayuran serta buah-buahan, atau vitamin tambahan. Sedangkan mineral anorganik merupakan mineral yang tidak dibutuhkan serta tidak berguna bagi tubuh kita. Contohnya: Timbal Hitam (Pb), Iron Oxide (Besi Teroksidasi), Merkuri, Arsenik, Magnesium, Aluminium atau bahan-bahan kimia hasil dari resapan tanah dan lain.



Mineral berperan dalam aktivitas seluler, memberikan kekerasan pada tulang dan gigi, memelihara keseimbangan asam tubuh, mengkatalisasi reaksi yang bertalian dengan pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein serta pembentukan lemak dan protein tubuh, membantu memelihara keseimbangan air tubuh (klorin, kalium, natrium), pengiriman isyarat ke seluruh tubuh (Kalsium, kalium, natrium), sebagai bagian cairan usus (kalsium, magnesium, kalium dan natrium), berperan dalam pertumbuhan dan pemeliharaan tulang, gigi dan jaringan tubuh lainnya (kalsium, fosfor, fluorin) dan berfungsi sebagai kofaktor dalam metaloenzim.

Beberapa mineral disimpan dalam tubuh yang dapat digunakan selama periode kekurangan makanan. Mineral tersebut antara lain zat besi, kalsium, dan fosfat. Sebagian besar mineral lainnya cenderung dalam bentuk tidak disimpan tetapi langsung dapat digunakan dan dimobilisasi di dalam tubuh. Nilai zat gizi dalam makanan biasanya dinyatakan dalam berat, yaitu miligram atau gram; Namun, kandungan nutrisi dan metabolit lain dalam aliran darah dan cairan biologis lainnya dinyatakan dalam istilah molaritas, yaitu nanomolar (nM), mikromolar (μ M), atau milimolar (mM).

Konsumsi mineral sesuai kebutuhan sangat dianjurkan, mengingat kelebihan maupun kekurangan (defisiensi) mineral dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan. Kebutuhan harian mineral di Indonesia menggunakan panduan Angka Kecukupan Gizi (AKG) (Tabel 5.1) (Kemenkes, 2019), Amerika menggunakan panduan *Recommendation Dietary Allowance* (RDA). Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia yang selanjutnya disingkat AKG adalah suatu nilai yang menunjukkan kebutuhan rata-rata zat gizi tertentu yang harus dipenuhi setiap hari bagi hampir semua orang dengan karakteristik tertentu yang meliputi umur, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi fisiologis, untuk hidup sehat.

Tabel 5.1. Angka Kecukupan Mineral yang dianjurkan (per orang per hari) (Kemenkes 2019)

Kelompok Umur	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Magnesium (mg)	Besi ² (mg)	Iodium (mcg)	Seng ³ (mcg)	Selenium
Bayi / Anak							
0 – 5 bulan ¹	200	100	30	0.3	90	1.1	7
6 – 11 bulan	270	275	55	11	120	3	10
1 – 3 tahun	650	460	65	7	90	3	18
4 – 6 tahun	1000	500	95	10	120	5	21
7 – 9 tahun	1000	500	135	10	120	5	22
Laki-laki							
10 – 12 tahun	1200	1250	160	8	120	8	22
13 – 15 tahun	1200	1250	225	11	150	11	30
16 – 18 tahun	1200	1250	270	11	150	11	36
19 – 29 tahun	1000	700	360	9	150	11	30
30 – 49 tahun	1000	700	360	9	150	11	30
50 – 64 tahun	1200	700	360	9	150	11	30
65 – 80 tahun	1200	700	350	9	150	11	29
80+ tahun	1200	700	350	9	150	11	29
Perempuan							
10-12 tahun	1200	1250	170	8	120	8	19
13-15 tahun	1200	1250	220	15	150	9	24
16-18 tahun	1200	1250	230	15	150	9	26
19-29 tahun	1000	700	330	18	150	8	24
30-49 tahun	1000	700	240	18	150	8	25
50-64 tahun	1200	700	240	8	150	8	25
65-80 tahun	1200	700	320	8	150	8	24
80+ tahun	1200	700	320	8	150	8	24
Hamil (+an)							
Trimester 1	+200	+0	+0	+0	+70	+2	+5
Trimester 2	+200	+0	+0	+9	+70	+4	+5
Trimester 3	+200	+0	+0	+9	+70	+4	+5
Menyusui (+an)							
6 bulan pertama	+200	+0	+0	+0	+140	+5	+10
6 bulan kedua	+200	+0	+0	+0	+140	+5	±10

Tabel 5.1. Angka Kecukupan Mineral yang dianjurkan (per orang per hari) (Kemenkes 2019)

Kelompok Umur	Mangan (mg)	Fluor (mg)	Kromium (mcg)	Kalium (mg)	Natrium (mg)	Klor (mg)	Tembaga (mcg)
Bayi / Anak							
0 – 5 bulan ¹	0.003	0.01	0.2	400	120	180	200
6 – 11 bulan	0.7	0.5	6	700	370	570	220
1 – 3 tahun	1.2	0.7	14	2600	800	1200	340
4 – 6 tahun	1.5	1.0	16	2700	900	1300	440
7 – 9 tahun	1.7	1.4	21	3200	1000	1500	570
Laki-laki							
10 – 12 tahun	1.9	1.8	28	3900	1300	1900	700
13 – 15 tahun	2.2	2.5	36	4800	1500	2300	795
16 – 18 tahun	2.3	4.0	41	5300	1700	2500	890
19 – 29 tahun	2.3	4.0	36	4700	1500	2250	900
30 – 49 tahun	2.3	4.0	34	4700	1500	2250	900
50 – 64 tahun	2.3	4.0	29	4700	1300	2100	900
65 – 80 tahun	2.3	4.0	24	4700	1100	1900	900
80+ tahun	2.3	4.0	21	4700	1000	1600	900
Perempuan							
10-12 tahun	1.6	1.9	26	4400	1400	2100	700
13-15 tahun	1.6	2.4	27	4800	1500	2300	795
16-18 tahun	1.8	3.0	29	5000	1600	2400	890
19-29 tahun	1.8	3.0	30	4700	1500	2250	900
30-49 tahun	1.8	3.0	29	4700	1500	2250	900
50-64 tahun	1.8	3.0	24	4700	1400	2100	900
65-80 tahun	1.8	3.0	21	4700	1200	1900	900
80+ tahun	1.8	3.0	19	4700	1000	1600	900
Hamil (+an)							
Trimester 1	+0,2	+0	+5	+0	+0	+0	+100
Trimester 2	+0,2	+0	+5	+0	+0	+0	+100
Trimester 3	+0,2	+0	+5	+0	+0	+0	+100
Menyusui (+an)							
6 bulan pertama	+0,8	+0	+20	+400	+0	+0	+400
6 bulan kedua	+0,8	+0	+20	+400	+0	+0	+400

A. Mineral Makro

Mineral makro dalam tubuh manusia antara lain kalsium, fosfor, magnesium, natrium, kalium, dan klorida. Setiap jenis mineral makro mempunyai fungsi, dan sumber pangan (Tabel 5.1).

Tabel 5.2 Sumber dan Fungsi Mineral Makro

No.	Jenis Mineral	Sumber Pangan	Fungsi
1.	Kalsium	Susu, lobak cina, kangkung, tiram, udang, salem, kijang	Unsur utama tulang dan gigi. Penting untuk kontraksi otot, irama jantung normal dan kepekaan saraf. Pengaktifan beberapa enzim. Unsur mineral yang terbanyak dalam tubuh
2.	Fosfor	Susu, keju, kuning telur, daging ikan, unggas, kacang-kacangan	Unsur utama tulang dan gigi. Metabolisme lemak dan karbohidrat dan pertukaran energi melalui reaksi oksidatif berhubungan dengan fosforilasi.
3.	Kalium	Daging, ikan, unggas, tepung, buah-buahan dan sayuran	Faktor utama dalam mempertahankan keseimbangan cairan intrasel. Mempengaruhi irama jantung. Berperan dalam pengaturan kepekaan saraf dan otot.
4.	Natrium	Garam dapur, daging, ikan, unggas, susu dan telur	Faktor utama dalam mempertahankan keseimbangan cairan ekstrasel. Berperan dalam pengaturan kepekaan otot dan saraf
5.	Khlor	Garam dapur, daging, susu, telur	Unsur getah lambung. Keseimbangan asam basa, bersama-sama dengan Na dan K membantu mempertahankan kadar air tubuh normal
6.	Sulfur	Susu, telur, daging, keju, dan kacang-kacangan	Pembentukan asam amino sistein dan metionin. Pembentuk protein rambut, terdapat juga dalam insulin dan glutatyon
7.	Magnesium	Tepung gandum, kakao, kacang-kacangan, daging, makanan dari laut dan susu	Unsur tulang dan gigi, dan banyak jaringan lainnya, mempengaruhi kepekaan otot dan saraf, bekerja pada beberapa enzim, khususnya enzim-enzim glikolisis

Kalsium (Ca). Kalsium adalah kation divalen paling melimpah di tubuh, mewakili sekitar 40% dari massa mineral tubuh



dan 1,5% hingga 2% dari total berat badan, atau antara ~ 1.000 dan 1.400 g dalam tubuh manusia. Tulang dan gigi mengandung sekitar 99% kalsium tubuh, 1% lainnya didistribusikan dalam cairan intra dan ekstraseluler. Di dalam cairan tubuh, kalsium ditemukan dalam bentuk ioniknya, Ca 2+.

Pada tahun 2010, berdasarkan Recommended Dietary Allowance (RDA) untuk kalsium ditetapkan 1.000 mg setiap hari untuk pria dewasa usia 19 sampai 70 tahun dan wanita usia 19 sampai 50 tahun, termasuk wanita hamil dan menyusui. Untuk wanita usia 51 tahun ke atas dan pria 71 tahun ke atas, rekomendasi asupan kalsium sedikit lebih tinggi yaitu 1.200 mg per hari. Konsumsi Ca yang berlebihan dapat menyebabkan sulit buang air besar (konstipasi) dan mengganggu penyerapan mineral seperti zat besi, seng dan tembaga. Kelebihan Ca dalam jangka panjang akan meningkatkan risiko terkena *hypercalcemia*, pembentukan batu ginjal dan gangguan fungsi ginjal. Oleh karena itu konsumsi suplemen kalsium jauh diatas kebutuhan sebaiknya dihindari. Namun, bila kekurangan kalsium juga akan menimbulkan gangguan kesehatan antara lain gangguan mineralisasi tulang dan gigi, tulang mudah patah, pertumbuhan terhenti, rakhitis pada anak-anak, osteoporosis pada orang dewasa.

Fosfor (P). Di antara mineral yang lain, fosfor merupakan zat gizi mineral yang kedua setelah kalsium yang jumlahnya melimpah di dalam tubuh. Tubuh manusia mengandung sekitar 560 hingga 850 g fosfor, mewakili sekitar 0,8% 1,2% dari berat badan. Dari total fosfor tubuh, sekitar 85% berada di dalam kerangka, 1% di dalam darah dan cairan tubuh, dan 14% sisanya berhubungan dengan jaringan lunak seperti otot.

Berdasarkan RDA, kebutuhan fosfor adalah 700 mg / hari untuk laki-laki dan perempuan (termasuk wanita hamil dan menyusui) dengan usia 19 tahun ke atas. Perkiraan kebutuhan (580 mg/hari) untuk fosfor ditentukan berdasarkan hubungan antara asupan fosfor makanan dan konsentrasi fosfor plasma serta efisiensi absorpsi usus yang diketahui. Koefisien variasi dari 10% telah ditambahkan dengan kebutuhan dan dibulatkan untuk menetapkan asupan yang direkomendasikan ini. Sampul dalam buku ini menyediakan RDA untuk fosfor bagi kelompok usia lainnya. Penggunaan fosfor oleh tubuh salah satunya ditentukan oleh rasio antara kalsium dan fosfor, yang idealnya bagi remaja dan orang dewasa adalah 1 : 1. kelebihan fosfor terjadi bila rasio kalsium fosfor lebih kecil dari ½ atau 1 : 2. Kelebihan fosfor dapat mengganggu penyerapan mineral seperti tembaga dan seng serta dapat pula



memicu timbulnya *hypocalcemia*. Kekurangan Fosfor menyebabkan mineralisasi tulang terganggu, pertumbuhan terhambat, rakhitis, dan osteomalasia.

Magnesium (Mg). Dalam golongan mineral utama, magnesium menempati urutan keenam ($\text{Ca}^{2+} > \text{P} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$) yang terdapat melimpah di dalam tubuh, tetapi secara intraseluler kationnya menempati urutan kedua setelah kalium. Tubuh manusia mengandung sekitar 25 g magnesium (hampir 1% dari berat badan), dimana sekitar 50% sampai 60% terletak di tulang, 39% sampai 49% di jaringan lunak, dan sekitar 1% di cairan ekstraseluler. Kebutuhan magnesium berdasarkan RDA bervariasi sesuai dengan usia. Pada usia 19 hingga 30 tahun, laki-laki membutuhkan 400 mg dan wanita membutuhkan 310 mg magnesium per hari, pada rentan usia 31 tahun ke atas, laki-laki membutuhkan 420 mg dan wanita membutuhkan 320 mg magnesium setiap hari [Food and Nutrition Board, 1997]. Asupan saran ini didapat melalui beberapa ketentuan, namun masih dianggap tinggi oleh beberapa peneliti [9]. Pada wanita hamil dengan usia 19 hingga 30 tahun harus mengonsumsi 350 mg setiap hari, dan mereka yang berusia 31 hingga 50 tahun harus mengonsumsi 360 mg magnesium [Food and Nutrition Board, 1997]. Wanita menyusui usia 19 hingga 30 tahun harus mengonsumsi 310 mg setiap hari, dan mereka yang berusia 31 hingga 50 tahun harus mengonsumsi 320 mg magnesium [Food and Nutrition Board, 1997]. Pada sampul dalam buku ini telah menyediakan RDA untuk magnesium bagi kelompok usia lainnya. Kelebihan magnesium dalam jangka panjang sama dampaknya dengan kekurangan magnesium yaitu gangguan fungsi saraf (*neurological disturbances*). Gejala awal kelebihan magnesium adalah mual, muntah, penurunan tekanan darah, perubahan elektro kardiografik dan kelambanan refleks. Defisiensi magnesium karena makanan tidak ditemukan. Biasanya defisiensi magnesium dialami oleh orang dengan ketergantungan alkohol (alkoholisme) menyebabkan sirosis dan penyakit ginjal.

Natrium/Sodium (Na). Didalam tubuh terdapat sekitar 30% kandungan natrium (105 gr) yang utamanya berlokasi di tulang. Dari zona tersebut natrium dapat dilepas ke darah melalui hyponotremia (serum natrium rendah). Pendeteksi kadar natrium tubuh ditemukan pada cairan ekstrasel, terutama di cairan plasma. Pendeteksi lain dapat ditemukan pada cairan interstitial, dan pada konsentrasi rendah dapat ditemukan di intraseluler pada syaraf dan jaringan otot. Natrium menyusun 93% kation pada tubuh, menjadikan natrium sebagai unsur yang vital didalam tubuh. Sumber utama



natrium yang dikonsumsi adalah dalam bentuk garam NaCl yang dikonsumsi dari luar tubuh. Didalam NaCl terdapat 40% natrium. Satu sendok teh garam, mengandung 2300 mg natrium. Penambahan garam selama proses memasak menyediakan 15% total natrium, dan kebutuhan air penyajiannya, kategori rendah berarti < 140mg natrium per penyajiannya. Kategori lebih rendah berarti kadar garam lebih rendah 25% dibanding makanan lain sejenis. Syarat kategori ringan berarti makanan tersebut rendah lemak dan kalori, dan kadar natrium harus berkurang sebanyak 50%. Nilai untuk natrium pada label makanan sebanyak 2400 mg. Didalam tubuh, natrium memegang peranan yang penting dalam mengelola keseimbangan cairan, transmisi syaraf, penghantaran impuls, dan kontraksi otot. Walaupun protein memegang peranan penting dalam keseimbangan cairan tubuh, mereka tetap didalam sel ataupun di cairan extracellular. Natrium, kalium, dan klorida berperan dominan dalam pergerakan ion melintasi membran sel untuk menjaga tekanan osmotik didalam cairan. Peran natrium didalam transmisi syaraf dan kontraksi otot yaitu sebagai bagian dari pompa Na^+/K^+ ATP ase, sebuah gradien potensial elektrokimia yang berperan dalam menghasilkan syaraf atau penghantaran impuls.

Jumlah minimum natrium yang dibutuhkan untuk menggantikan natrium yang hilang (tanpa berkeringat dan adaptasi maksimal) disetimasikan sebanyak 180 mg (8 mmol), tetapi jumlah ini tidak merepresentasi kebutuhan natrium. Kadar toleransi masuknya sodium yaitu 2300mg (100mmol) untuk usia dewasa. Rata-rata orang mengkonsumsi natrium sebanyak 3-5g per hari, kebanyakan orang melebihi jumlah yang direkomendasikan. Menariknya, pasien dengan gangguan kesehatan seperti penyakit ginjal atau hipertensi yang menjalani pengetatan konsumsi natrium sebesar 2g/hari (lebih dari konsumsi ideal). Diet ini memperketat masuknya konsumsi makanan tinggi natrium. (makanan kaleng, sayur kaleng, daging panggang, daging olahan, ikan olahan, dan keju, roti cepat saji, makanan ringan asin, makanan beku, nasi instan, pasta, potato dishes, dan bumbu tertentu). Natrium diteliti lebih lanjut didalam laboratorium klinis untuk melihat pengaruhnya terhadap keseimbangan eektrolit. Natrium didalam serum dapat dideteksi dengan metode potensiometer. Metode ini mendeteksi Na^+ dengan cara yang sama apabila pH meter mendeteksi proton. Urin setelah 24 jam adalah objek yang paling sering digunakan dalam refleksi sodium yang dikonsumsi.

Kalium/Potassium (K). Kalium merupakan mayoritas kation dalam intracellular. Faktanya, 95-98% kalium ditemukan



didalam sel. Kalium menyusun 0,35% dari total berat badan, atau sekitar 245g pada orang yang mempunyai berat badan 70kg. Sumber kalium tersebar didalam makanan, terutama terkumpul dalam makanan mentah, dimana terdapat kalium yang berikatan dengan anion seperti fosfat dan sitrat (sitrat penting bagi keseimbangan asam tubuh karena merupakan prekursor bikarbonat dan terdekarboksilasi didalam siklus asam sitrat). Makanan yang kaya akan kalium (>300mg per cup) diantaranya untuk buah-buahan seperti pisang, mangga, papaya, melon, prune, alpukat. Semetara untuk buah-buahan seperti sayur berdaun hijau, dan ubi rambat. Makanan lain yang kaya akan potassium (200-300 mg) seperti polong-polongan, kacang dan biji, selai kacang, dan untuk beberapa jenis sayuran seperti kentang, asparagus, mushroom, dan okra) kategori buah seperti jeruk, kiwi, pear, peach, anggur, dan madu. Susu dan yogurt juga menyediakan kalium sebesar 300mg per cup. Dalam makanan mentah, garam tergantikan oleh adanya kalium. Diet tinggi kalium diasosiasikan dengan rendahnya tekanan darah. Diet makanan dengan kadar kalium tinggi dan rendah natrium dapat mengurangi resiko tekanan darah tinggi dan stroke. Untuk menjaga kondisi agar tidak berisiko tekanan darah tinggi, makanan harus mengandung setidaknya 350mg kalium (10% kebutuhan tubuh). Defisiensi kalium tidak terjadi melalui ketidakseimbangan diet, tetapi biasanya terjadi karena kelimpahan kalium dalam makanan. Kondisi paling sering yang dihasilkan dari situasi yang menyebabkan kehilangan cairan, seperti diare dan muntah. Pengobatan seperti thiazide dan loop diuretics yang digunakan untuk menjaga tekanan darah meningkatkan ekskresi kalium didalam urin, dan dapat menyebabkan defisiensi.

Klorida/Klor (Cl). Klorida (Cl) adalah anion dominan dalam cairan intraseluler dan salah satu yang paling penting anion ekstraseluler. Ini berkontribusi pada banyak fungsi tubuh termasuk pemeliharaan osmotik dan keseimbangan asam-basa, aktivitas otot dan saraf, dan pergerakan air dan zat terlarut antara kompartemen cairan. Sebanyak 88% klor ditemukan dalam cairan intraseluler dan 12% ditemukan dalam intrasel. Kandungan elektron dalam klor menetralkan kadar proton dari Na^+ dimana mereka biasanya bersatu (NaCl). Klor berperan penting dalam mengatur keseimbangan elektrolit. Total klor sama dengan sodium sekitar 0,15% dari total massa tubuh atau sekitar 105g dalam orang yang bermassa 70kg. Sumber Klor yang dikonsumsi hampir semuanya terdapat bersama dengan natrium dalam ikatan natrium klorida (NaCl). Garam, dimana didalamnya terdapat 60% klorida, dan sangat bergantung dalam makanan terutama dalam snack dan makanan olahan, Klorida

juga dapat ditemukannya dalam telur, daging, dan makanan laut. Rata-rata konsumsi klor diestimasikan 50-200 mmol atau 2000-8000mg klor/hari. Defisiensi klorida diet jarang terjadi. Natrium klorida ditambahkan selama pemrosesan makanan olahan. Sumber klorida termasuk sumber bawaan makanan, dan aditif makanan yang mengandung klorida. Pada orang sehat, klorida diserap secara efisien di usus. Ekskresi klorida melalui ginjal digabungkan dengan natrium dan kalium. Regulasi keseluruhan dari keseimbangan klorida terkait dengan natrium melalui kontrol hormonal oleh renin-angiotensin-sistem aldosteron dan kortisol. Keterkaitan erat antara fisiologi natrium dan klorida dan asupan dicerminkan oleh korelasi yang tinggi antara ekskresi urin natrium dan klorida.

Tabel 5.3 Defisiensi Mineral Makro

No.	Jenis Mineral	Defisiensi
1.	Kalsium	Mineralisasi tulang dan gigi terganggu, tulang mudah patah, pertumbuhan terhenti, rakhitis pada anak-anak, osteoporosis pada orang dewasa.
2.	Fosfor	Mineralisasi tulang terganggu, pertumbuhan terhambat, rakhitis, osteomalasia.
3.	Kalium	Jarang terjadi akibat kekurangan makanan. Mual, muntah, diare
4.	Natrium	Mual, diare, kejang otot, dehidrasi
5.	Khlor	Jarang terjadi
6.	Sulfur	Jarang terjadi
7.	Magnesium	Defisiensi karena makanan tidak ditemukan. Defisiensi pada alkoholisme dengan sirosis dan penyakit ginjal yang berat.

B. Mineral Mikro

Mineral mikro terdapat dalam jumlah sangat kecil di dalam tubuh, namun mempunyai peranan esensial untuk kehidupan, kesehatan dan reproduksi. Mineral mikro antara lain besi, seng, selenium, mangan, tembaga, iodium, molibdenum, kobalt, khromium, silikon, vanadium, nikel, arsen dan fluor. Kandungan mineral mikro bahan makanan sangat bergantung pada konsentrasi mineral mikro tanah asal bahan makanan tersebut. Jenis, sumber dan fungsi mineral mikro disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.4 Jenis, Sumber dan Fungsi Mineral Mikro

No.	Jenis Mineral	Sumber Pangan	Fungsi
1.	Besi	Hati, daging, dan kuning telur, sayuran berdaun	Unsur hemoglobin, mioglobin dan beberapa enzim oksidatif. disimpan sebagai ferritin dalam hati, limpa dan

		hijau tua, tiram, udang, salem, kijing	sumsum tulang, dan terutama dalam jaringan retikulo endotelial
2.	Mangan	Tepung gandum, kacang-kacangan, daging, ikan, ayam, sayuran berdaun hijau	Mengaktifkan beberapa enzim, seperti fosfatase darah dan tulang, arginase, karbositase, dan kolinesterase
3.	Tembaga	Hati, tiram, daging, ikan, kacang-kacangan, dan tepung gandum	sintesis hemoglobin, enzim-enzim tertentu (sitokrom oksidase, tirosinase, katalase, urikase, asam askorbat oksidase, monoamin oksidase). Berperan dalam pembentukan tulang dan mempertahankan mielin.
4.	Seng	Tiram, makanan laut, hati, lembaga gandum, ragi, daging, telur, unggas, ikan	Berperan dalam bekerjanya lebih dari 200 jenis enzim. Sebagai antioksidan dan berperan dalam fungsi membran
5.	Iodium	Garam beriodium dan makanan laut	Unsur tiroksin
6.	Selenium	Ikan laut, kerang-kerangan,	Memperbaiki pertumbuhan dan mencegah penyakit tertentu. Faktor penting dalam pernafasan jaringan. Sebagai antioksidan
7.	Fluor]	Air minum yang cukup kandungan fluornya, bila berlebihan akan mengganggu kesehatan gigi	Terutama dalam tulang dan gigi



Besi (Fe). Tubuh manusia mengandung sekitar 2 sampai 4 g zat besi, atau ~38 mg zat besi / kg berat badan untuk wanita dan ~50 mg besi / kg berat badan untuk pria. Lebih dari 65% (~1,3–2,6 g) zat besi ditemukan dalam hemoglobin, hingga sekitar 10% (~0,2–0,4 g) ditemukan sebagai mioglobin, sekitar 1% sampai 5% (hingga 0,1–0,2 g) ditemukan sebagai bagian dari enzim, dan sisa besi di tubuh (sekitar 20% atau 0,4–0,8 g) ditemukan dalam darah atau dalam penyimpanan. Sementara dalam kandungan logam ada beberapa bilangan oksidasi yang bervariasi dari Fe^{6+} hingga Fe^{2-} tergantung pada lingkungan kimianya, satu-satunya bilangan oksidasi yang stabil dalam cairan tubuh dan dalam makanan adalah besi (Fe^{3+}) dan bentuk besi (Fe^{2+}). Zat besi ditemukan dalam salah satu dari dua bentuk makanan, heme dan nonheme. Besi heme melambangkan zat besi terkandung di dalam struktur cincin porfirin.

Kebutuhan zat gizi besi yang direkomendasikan untuk pria dewasa, kebutuhan dan Recommended Dietary Allowance (RDA) untuk zat besi adalah 6 mg / hari dan 8 mg / hari. Untuk wanita pascamenopause, kebutuhan dan AKG zat besi adalah 5 mg / hari dan 8 mg / hari [20]. Wanita mengalami menstruasi, dimana mengeluarkan darah menstruasi setiap bulan, sehingga wanita pramenopause membutuhkan 8,1 mg zat besi /hari; asupan yang dianjurkan adalah 18 mg /hari. Selama kehamilan, meskipun tidak terjadi menstruasi, zat besi dibutuhkan untuk janin, untuk memperbesar volume darah, dan untuk jaringan dan penyimpanan sedemikian rupa sehingga RDA untuk zat besi adalah 27 mg /hari. RDA untuk zat besi adalah 9 mg / hari selama menyusui,

Kelebihan zat besi dapat menurunkan penyerapan dan penggunaan seng dan tembaga serta peningkatan penggunaan vitamin antioksidan. Kelebihan zat besi juga dapat menyebabkan agangguan fungsi hati, jantung bahkan meninggal dunia. Gejalanya adalah rasa nek, muntah, diare, denyut jantung meningkat, sakit kepala, mengigau. Defisiensi gizi besi menyebabkan Anemia defisiensi besi, gangguan fungsional tubuh, baik mental maupun fisik, pucat, rasa lemah, letih, pusing, kurang nafsu makan, menurunnya angka kebugaran tubuh, menurunnya kemampuan kerja, menurunnya kekebalan tubuh dan gangguan penyembuhan luka, kemampuan mengatur suhu tubuh menurun. Pada anak-anak menimbulkan apatis, mudah tersinggung, menurunnya kemampuan untuk berkonsentrasi dan belajar



Seng (Zn). Tubuh manusia mengandung sekitar 1,5 hingga 3,0 g seng. Seng ditemukan di semua organ, jaringan, dan cairan tubuh. Seng, logam, bisa ada di beberapa keadaan valensi berbeda, tetapi memang demikian hampir secara universal ditemukan sebagai ion divalen (Zn^{2+}) di tubuh manusia. Zinc memiliki beberapa peran beragam lainnya. Misalnya, tingkat metabolisme basal dapat dipengaruhi oleh zinc; Penurunan hormon tiroid dan tingkat metabolisme basal telah diamati pada individu yang menerima pola makan yang dibatasi zinc. Zinc juga penting untuk selera; Ini adalah komponen dari gustin, protein yang terlibat dalam ketajaman rasa.

Rekomendasi kebutuhan seng didasarkan pada asupan yang dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan serta perkiraan penyerapan zinc dan kerugian tubuh. Total kehilangan seng bagi pria dan wanita dewasa setiap hari diperkirakan mencapai 3,84 mg dan 3,3 mg. Kehilangan seng bagi pria terdiri dari 0,63 mg urin seng, 0,54 mg integumental, dan 0,1 mg sperma zinc, dan 2,57 mg endogen usus seng; Untuk wanita, kehilangan urin seng adalah 0,44 mg, kehilangan integumental dan keringat seng adalah 0,46 mg, kehilangan menstruasi seng 0,1 mg, dan kehilangan usus zinc dari endogen adalah 2,3 mg. Untuk menjelaskan penyerapan, kebutuhan harian zinc untuk pria dan wanita dewasa masing-masing ditetapkan pada 9,4 mg dan 6,8 mg, dan RDA masing-masing ditetapkan pada 11mg dan 8 mg. RDA untuk seng selama kehamilan adalah 11 mg / hari untuk menutupi kebutuhan yang telah diperhitungkan akan pertumbuhan janin dan plasenta. Rekomendasi seng untuk wanita menyusui adalah 12 mg / hari.

Pengolahan makanan tertentu dapat mempengaruhi ketersediaan seng. Perlakuan panas dapat menyebabkan seng dalam makanan membentuk kompleks yang menahan hidrolisis, sehingga membuat seng tidak tersedia penyerapan. Produk reaksi Maillard — yaitu amino kompleks asam karbohidrat yang dihasilkan dari reaksi pencoklatan, misalnya— sangat terkenal karena menghambat penyerapan seng untuk ketersediaan seng.



Konsumsi seng secara berlebihan (sepuluh kali anjuran) dapat terjadi karena konsumsi suplemen seng dan makanan yang terkena polusi (udara, alat masak dan kaleng). Kelebihan seng akan menurunkan penyerapan zat besi dan tembaga, mual, diare, pusing, melemahnya peran saraf yang mengkoordinasi sistem kerja anggota badan, demam, kelelahan yang sangat, anemia, gangguan reproduksi, dan gangguan pada fungsi hati dan imunitas tubuh. Kelebihan sampai 10 kali AKG mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein, dan tampaknya dapat mempercepat timbulnya aterosklerosis.

Dampak merugikan dari asupan zinc yang berlebihan terhadap penyerapan tembaga diperkirakan disebabkan oleh stimulasi zinc pada sintesis metalotionin, yang memiliki afinitas yang lebih tinggi untuk tembaga daripada zinc. Dengan meningkatnya konsentrasi metalothionein di usus yang diinduksi oleh tingkat zinc yang tinggi, tembaga yang tertelan dalam makanan mudah terikat metalotionin di dalam enterosit dan menjadi "Terjebak", mencegah bagiannya ke dalam plasma. Bahaya kekurangan tembaga yang dipicu oleh tambahan zinc telah menimbulkan rekomendasi tingkat asupan atas yang diperbolehkan untuk unsur zinc 40 mg per hari. Tanda dan gejala defisiensi zinc yang diamati pada anak-anak adalah keterbelakangan pertumbuhan (disebabkan oleh pembelahan sel yang tidak memadai yang dibutuhkan untuk pertumbuhan), kelainan tulang (akibat dari gangguan perkembangan pada tulang rawan epifisis, atau sintesis kolagen yang rusak atau ikatan silang), penyembuhan luka yang buruk, diare, kulit ruam atau lesi atau dermatitis (terutama di sekitar lubang tubuh), dan keterlambatan pematangan seksual. Beberapa tanda dan gejala defisiensi pada orang dewasa antara lain anoreksia, diare, lesu, depresi, ruam kulit atau lesi atau dermatitis, hipogeusia (penyumbatan indera perasa), alopecia (kerontokan rambut), dan rusaknya fungsi imun, sintesis protein, dan penyembuhan luka.

Tembaga (Cu). Kandungan tembaga tubuh manusia berkisar dari 50 sampai 150 mg. Tembaga ditemukan di semua jaringan tubuh dan sebagian besar pada bagian sekresi. Di lingkungan air dari tubuh, tembaga terdapat di salah satu dari dua keadaan valensi, yaitu keadaan cuprous (Cu^{1+}) atau cupric (Cu^{2+}). Hasil penelitian deplesi dan replasi, serta penelitian lain yang memungkinkan analisis faktorial atas kerugian selama jangka waktu, telah memungkinkan estimasi kebutuhan tembaga. Berdasarkan kebutuhan tembaga bagi orang dewasa dengan 700 μg , koefisien variasi 30% dari persyaratan, dan pembulatan ke 100 μg , RDA untuk tembaga ditetapkan 900



µg/hari. Rekomendasi selama kehamilan dan menyusui masing-masing adalah 1.000 µg dan 1.300 µg.

Bentuk utama tembaga dalam bahan makanan dan suplemen adalah tembaga sulfat; Namun, cupric oxide juga ditemukan dalam beberapa suplemen. Penggunaan cupric oxide sebagai sumber tembaga tidak dianjurkan karena tembaga terbukti tidak tersedia untuk penyerapan dari saluran pencernaan. Selain tembaga sulfat (~25% tembaga), bentuk tembaga yang tersedia secara hayati lainnya termasuk tembaga klorida (tembaga ~47%), cupric acetate (tembaga ~35%), dan tembaga karbonat (~57% tembaga). Tembaga dari sumber endogen juga ditemukan di dalam dan diserap dari saluran pencernaan. Jumlah tembaga yang relatif besar disekresikan setiap hari ke dalam saluran pencernaan dalam cairan pencernaan. Misal, kandungan tembaga pada saliva dan getah lambung masing-masing adalah ~400 µg dan 1.000 µg; Cairan pankreas dan duodenum mungkin masing-masing berisi hingga 1.300 µg dan 2.200 µg. Penggunaan kembali tembaga ini penting untuk homeostasis tembaga tubuh.

Kelebihan tembaga secara kronis menyebabkan penumpukan tembaga di dalam hati yang dapat menyebabkan nekrosis hati atau serosis hati. Kelebihan Cu dapat terjadi karena mengonsumsi suplemen tembaga atau menggunakan alat memasak terbuat dari tembaga, terutama apabila digunakan untuk memasak cairan yang bersifat asam. Konsumsi sebanyak 10-15 mg per hari dapat menimbulkan muntah-muntah dan diare. Berbagai tahap pendarahan intravaskular dapat terjadi, begitupun nekrosis sel hati dan gagal ginjal. Konsumsi dosis tinggi menyebabkan kematian.

Selenium (Se). Selenium bukan merupakan logam tetapi memiliki beberapa sifat logam, terdapat dalam beberapa bentuk oksidasi, termasuk Se^{2-} , Se^{4+} , dan Se^{6+} . Zat kimia selenium mirip dengan zat belerang; Akibatnya, selenium sering kali dapat menggantikan sulfur. Total kandungan selenium tubuh sekitar 20 mg. Salah satu fungsi selenium yang paling jelas adalah sebagai bagian integral dari enzim glutathione peroksidase. Beberapa enzim glutathione peroksidase (disebut GPX diikuti dengan angka) telah ditandai, dan masing-masing mengkatalisis reaksi dasar yang sama tetapi pada jaringan yang berbeda. Kebanyakan GPX (tujuh di antaranya telah diidentifikasi) bergantung pada selenium, mengandung selenosistein.

Dewan Pangan dan Gizi menetapkan kebutuhan selenium yang direkomendasikan bagi orang dewasa sebesar 55 µg / hari. Sebagian besar didasarkan pada studi keseimbangan serta stud



repletion pria dengan defisiensi selenium di daerah Cina, kebutuhan dewasa untuk selenium ditentukan menjadi 45 µg. Persyaratan tersebut didasarkan pada penghitungan jumlah selenium yang diperlukan untuk mencapai kondisi stabil konsentrasi selenoprotein yang dipilih dalam plasma. Untuk mengatur RDA, koefisien variasi 20% ditambahkan, dan angka terakhir dibulatkan menjadi lima terdekat. RDA untuk selenium untuk kehamilan dan menyusui ditetapkan pada 60 µg dan 70 µg. Pengaruh negatif selenium bagi kesehatan ditemukan pada orang yang mengkonsumsi di atas 850 µg per hari yang ditandai oleh mual, muntah dan diare. Bila konsumsi di atas 5000 mg akan terjadi perubahan pada kuku dan rambut yang pada akhirnya terjadi kerontokan rambut.

Kromium (Cr). Kromium Merupakan logam yang berada dimana-mana - di udara, air, dan tanah-ada di beberapa bilangan oksidasi dari Cr^{2+} adalah yang paling stabil dari oksidasi dan sering ditemukan melekat pada ligan mengandung nitrogen, oksigen, atau belerang untuk membentuk kompleks oktahedral. Bentuk trivalen dari kromium dianggap sebagai bentuk terpenting dalam tubuh manusia (sekitar 406 mg di dalam tubuh) hingga Cr^{6+} , kromium trivalen, Cr^{3+} . Dalam makanan, kromium ada dalam bentuk trivalen. Sumber kromium makanan termasuk daging, ikan, dan unggas (terutama jeroan) dan biji-bijian. Kromium dalam jumlah yang relatif besar juga ditemukan dalam keju, kacang (sekitar 45 µg / ons), cokelat hitam dan sayuran pilihan seperti jamur mentah (sekitar 29 µg / setengah cangkir), paprika hijau, brokoli (sekitar 5,5 µg / cangkir), kacang hijau, dan bayam. Selain itu, kromium ditemukan di beberapa buah seperti apel (masing-masing sekitar 1,4 µg), pisang, dan jeruk dan jus anggur (2–7 µg / cangkir); dalam rempah-rempah pilihan (seperti kayu manis, cengkeh, daun salam, kunyit); serta teh, bir, dan anggur.

Nilai Harian untuk kromium adalah 120 µg. Kecukupan gizi mineral krom untuk pria dewasa dan wanita sampai usia 50 tahun adalah 35 µg dan 25 µg, secara spektakuler; nilai ini turun menjadi 30 µg dan 20 µg untuk pria dan wanita di atas 50 tahun. Apabila sedang hamil dan menyusui direkomendasikan, asupan 30 µg dan 45 µg kromium.

Tanda dan gejala defisiensi disertakan penurunan berat badan, neuropati perifer, peningkatan konsentrasi plasma glukosa atau gangguan penggunaan glukosa (juga disebut resistensi insulin, yang dapat ditandai dengan hiperinsulinemia), dan asam lemak bebas mengandung konsentrasi plasma tinggi. Suplementasi oral hingga sekitar 1.000 µg kromium sebagai Cr masih aman, kecuali jika



dikaitkan dengan kerusakan kromosom dan organ. Kerusakan organ, khususnya gagal ginjal dan disfungsi, telah dilaporkan pada mereka yang menelan kromium suplemen picolinate menyediakan antara 600 dan 2.400 µg kromium.

Yodium (I). Yodium, bukan merupakan logam, biasanya ditemukan dan berfungsi di bentuk ioniknya, iodida. Tubuh manusia mengandung 15 sampai 20 mg iodida, sebagian besar (70-80%) ditemukan di kelenjar tiroid. Iodida ditemukan dalam makanan laut; namun, perbedaannya besar dalam kandungan iodida ada diantara ikan laut dan air tawar. Ikan laut (laut) yang dapat dimakan mengandung sekitar 30 hingga 300 µg iodida / 100 g, berbeda dengan hanya 2 hingga 4 µg iodida / 100 g pada ikan air tawar. Makanan kaya protein lainnya juga memasok iodida. Susu dan yogurt, misalnya, menyediakan sekitar 55 hingga 85 µg iodida / cangkir, dan satu ons keju cheddar, sekitar 12 µg. Telu menyediakan sekitar 28 µg iodida.

Asupan persyaratan telah diterbitkan berdasarkan hasil studi keseimbangan dan perhitungan rata-rata harian. Persyaratan harian orang dewasa ditetapkan studi awal berkisar dari 100 hingga 200 µg. Minimal jumlah (kebutuhan) iodida untuk mencegah gondok diperkirakan sebesar 50 sampai 75 µg / hari atau ~1 µg / kg berat badan, dan tidak berubah secara signifikan selama bertahun-tahun. RDA untuk yodium adalah 150 µg / hari untuk orang dewasa. Meskipun rekomendasi berlaku sama untuk kedua jenis kelamin, kebutuhan iodida berlaku lebih tinggi selama kehamilan dan menyusui: 220 µg dan 290 µg.

Konsumsi yodium di atas 2000 µg per hari dianggap berlebihan dan akan berdampak negatif pada kesehatan manusia. Konsumsi sebanyak ini bisa terjadi karena mengkonsumsi rumput laut, suplemen atau pangan yang difortifikasi yodium secara berlebihan. Kelebihan yodium dapat menghambat pelepasan iodium dari tiroid. Kelebihan pada tingkat selanjutnya akan menimbulkan gondok seperti halnya kekurangan yodium.

Kekurangan yodium terjadi di banyak wilayah di dunia dan paling sering dikaitkan dengan insufisiensi diet iodine (biasanya kurang dari sekitar 10-20 µg yodium / hari). Sekitar 200 hingga 300 juta orang di seluruh dunia kekurangan yodium. Asupan iodida yang tidak stabil adalah penyebab utamanya gondok (meskipun faktor lain, seperti konsumsi goitrogen, dapat menyebabkan gangguan), yang ditandai dengan pembesaran (hiperplasia) kelenjar tiroid. Pembesaran ini disebabkan oleh stimulasi berlebihan oleh TSH. Defisiensi iodida menghabiskan simpanan iodida kelenjar tiroid, oleh



karena itu mengurangi keluaran T4 dan T3. Penurunan tingkat T4 dalam darah memicu pelepasan TSH, mengakibatkan hiperplasia kelenjar tiroid. Kelenjar bisa kembali ke ukuran normal seiring waktu (berbulan-bulan ke tahun) karena iodida makanan ditingkatkan ke jumlah yang memadai. Kekurangan iodida juga mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan faktor kesehatan lainnya, istilahnya kekurangan iodida gangguan (IDD) telah diciptakan. Kekurangan yodium pada Ibu hamil yang kekurangan iodida mengakibatkan kretinisme dapat terjadi. Kretinisme neurologis pada bayi ditandai dengan defisiensi mental, kehilangan pendengaran atau mutisme tuli, dan gangguan motorik seperti spastisitas dan kekakuan otot. Kretin hipotiroidisme menyebabkan kegagalan tiroid.

Mangan (Mn). Mangan tersebar luas di alam, tetapi hanya sedikit Mn^{2+} dan Mn^{3+} (sekitar 10-20 mg) di dalam tubuh. Sereal gandum utuh, buah-buahan kering, kacang-kacangan, dan sayuran berdaun termasuk makanan kaya mangan yang umum. Sereal sarapan berbahan dasar gandum menyediakan sekitar 1,7mg mangan/cangkir. Bibit gandum mengandung sekitar 2.0 mg mangan/seperempat cangkir, dan 1 cangkir oatmeal menyediakan sekitar 1,3 mg. Kacang (almond, pecan, kacang mete, hazelnut) sediakan sekitar 0,5 sampai 1,8 mg mangan/oz, sedangkan kacang-kacangan (hitam, ginjal, pinto, dan biru tua) memiliki sekitar 0,76 hingga 0,96 mg/cangkir. Sayuran berdaun hijau (dimasak), seperti bayam, collard greens, dan lobak hijau, mengandung sekitar 0,8 hingga 1,7 mg mangan/setengah cangkir. Terutama nanas kaya mangan, dengan 2,3 mg per cangkir. Blueberry juga menyediakan sekitar 0,9 mg per cangkir. Teh mengandung relatif mangan dalam jumlah besar (sekitar 0,4–1,6 mg/cangkir).

Asupan mangan yang dianjurkan adalah 2,3 mg untuk pria dewasa dan 1,8 mg untuk dewasa wanita setiap hari. Dengan kehamilan dan menyusui, rekomendasi meningkat menjadi 2 mg dan 2,6 mg, masing-masing. Keracunan karena kelebihan mangan dapat terjadi bila lingkungan terkontaminasi oleh mangan, biasanya dalam jangka waktu lama, menunjukkan gejala-gejala kelainan otak disertai penampilan dan tingkah laku abnormal, yang menyerupai penyakit Parkinson. Kekurangan mangan dikaitkan dengan gangguan aktivitas glycolosyl transferase. Mangan juga mengaktifkan hidrolase prolidase, dipeptidase dengan kekhususan untuk dipeptida. Prolidase ditemukan dalam fibroblas dermal dan penting untuk pembentukan kolagen

Molibdenum (Mo). Manusia membutuhkan molibdenum sebagai kofaktor terjadi pada patologi yang parah. Di dalam tubuh

yang berisi sekitar 2 mg mineral, moliubdenum ditemukan terutama di salah satu dari dua keadaan valensi, Mo^{4+} dan Mo^{6+} . Estimasi Kebutuhan Rata-rata untuk molibdenum untuk orang dewasa ditetapkan pada 34 μg , untuk dewasa (pria dan wanita) adalah 45 μg (130% dari persyaratan), dengan 50 μg disarankan selama kehamilan dan menyusui.

Molibdenum tersebar luas dalam makanan, tetapi kandungan molibdenum tanaman tertentu dapat sangat bervariasi tergantung pada konsentrasinya molibdenum di dalam tanah. Sumber molibdenum yang lebih baik dalam makanannya adalah kacang-kacangan, yang dapat menghasilkan hingga 184 μg / 100 g; daging, ikan, dan unggas, yang mengandung hingga ~129 μg / 100 g; dan biji-bijian dan produk biji-bijian, yang menyediakan hingga ~117 μg / 100 g. Kacang dan sayuran biasanya mengandung kurang dari 50 μg / 100 g, kecuali buah-buahan dan produk susu sangat rendah molibdenum, kurang dari 12 μg / 100 g. Nilai Harian untuk molibdenum adalah 75 μg .

Fluor (F). Meskipun hadir dalam tubuh dalam jumlah sedikit, fluoride tidak dianggap sebagai nutrisi penting karena elemen tersebut belum terbukti penting untuk kehidupan dan tidak ada peran biokimia telah diidentifikasi untuk itu. Fluorida memiliki, bagaimanapun, telah terbukti memberikan efek menguntungkan, terutama pada gigi. Dengan tujuan meminimalkan risiko karies gigi di populasi tanpa menimbulkan efek samping, Dewan Gizi dan makanan menetapkan Asupan Cukup 4 dan 3 mg fluoride / hari untuk pria dan wanita dewasa..

Kelebihan fluor dapat menyebabkan keracunan. Hal ini baru terjadi pada dosis sangat tinggi atau setelah bertahun-tahun menggunakan suplemen fluor sebanyak 20-80 mg sehari. Gejalanya adalah fluorosis (perubahan warna gigi menjadi kekuningan), mulas, diare, sakit di aderah dada, gatal dan muntah.

Tabel 5.5 Defisiensi Mineral Mikro

No.	Jenis Mineral	Defisiensi
1.	Besi	Anemia defisiensi besi, gangguan fungsional tubuh, baik mental maupun fisik, pucat, rasa lemah, letih, pusing, kurang nafsu makan, menurunnya kebugaran tubuh, menurunnya kemampuan kerja, kekebalan tubuh dan gangguan penyembuhan luka, kemampuan mengatur suhu tubuh menurun. Pada anak-anak menimbulkan apatis, mudah tersinggung, menurunnya kemampuan untuk berkonsentrasi dan belajar

2.	Mangan	Jarang terjadi
3.	Tembaga	Bayi gagal tumbuh kembang, edema dengan serum albumin rendah, gangguan fungsi kekebalan, menghambat pembentukan hemoglobin, anemia dengan perubahan pada metabolisme besi dan perubahan pada jaringan tulang, perubahan pada kerangka tubuh yang dapat menyebabkan patah tulang dan osteoporosis, hernia dan pelebaran pembuluh darah karena kegagalan pengikatan-silang kolagen dan elastin, depigmentasi rambut dan kulit
4.	Seng	Pertumbuhan terhambat, gangguan kematangan seksual dan daya kekebalan tubuh menurun. Gangguan fungsi pencernaan karena gangguan fungsi pankreas, gangguan pembentukan kilomikron, dan kerusakan permukaan saluran cerna. Gangguan metabolisme vitamin A, gangguan kelenjar tiroid dan laju metabolisme, gangguan nafsu makan, penurunan ketajaman indra rasa serta memperlambat penyembuhan luka
5.	Yodium	Gangguan Akibat kekurangan Yodium (GAKI) berupa gangguan fisik dan mental, gondok, kretin (IQ = 20), malas dan lamban, kelenjar tiroid membesar. Pada ibu hamil dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan janin. Pada anak-anak menyebabkan kemampuan belajar rendah, dll.
6.	Selenium	Aktivitas enzim glutathione peroksidase terhambat, kekebalan tubuh menurun
7.	Fluor	Karies dentis. Membantu mencegah osteoporosis



KEKURANGAN DAN KELEBIHAN NUTRISI

Kata gizi berasal dari bahasa Arab “ghidza” yang berarti makanan. Menurut dialek Mesir, ghidza dibaca ghizi. Selain itu sebagian orang menterjemahkan nutrition dengan mengejanya sebagai “nutrisi”. Namun yang lazim dan resmi, baik dalam tulisan ilmiah maupun dokumen pemerintah seperti dalam buku Repelita, hanya digunakan kata gizi. Konsep gizi yang menyatakan bahwa manusia memerlukan zat-zat tertentu dari makanan dalam jumlah tertentu pula, pada dasarnya adalah konsep abad modern. Oleh karena itu gizi baru diakui sebagai ilmu pengetahuan (sains) pada awal abad ke-20 setelah penemuan bidang-bidang ilmu lain khususnya di bidang ilmu kimia, ilmu fisiologi dan penemuan-penemuan vitamin, protein dan zat gizi lainnya yang menjadi dasar ilmu gizi. Konsep Gizi sebagai Ilmu Pengetahuan / Sains dikaitkan dengan kesehatan tubuh, yaitu menyediakan energi, membangun dan memelihara jaringan tubuh serta mengatur proses-proses kehidupan dalam tubuh. Berkembang dikaitkan dengan potensi ekonomi karena gizi berkaitan dengan perkembangan otak, kemampuan belajar dan produktivitas kerja. Atas dasar pemahaman tersebut, WHO menyatakan bahwa gizi adalah pilar utama dari kesehatan dan kesejahteraan sepanjang siklus kehidupan

Zat gizi dibagi dalam enam kelas utama, yaitu : Karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral dan air. Karbohidrat, lemak, protein dan vitamin disebut sebagai zat organik (zat yang susunannya mengandung karbon), sedangkan mineral dan air adalah zat anorganik. Terdapat jenis zat gizi, esensial dan tidak esensial, yang diperlukan tubuh manusia dari enam kelompok utama tersebut. Zat gizi esensial adalah zat gizi yang dibutuhkan tubuh, tetapi tubuh tidak dapat mensintesisnya dan atau tubuh tidak mampu mensintesisnya dalam jumlah cukup untuk memenuhi kebutuhannya. Zat gizi esensial dari setiap kelompok utama zat gizi terdapat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Zat Gizi Esensial

Zat Gizi Utama	Zat Gizi Esensial
Karbohidrat	Serat, glukosa*
Lemak	Asam lemak : asam linoleat
Protein	Asam amino : leusin; isoleusin; lisin; methionin; treonin; triptophan; valin; fenilalanin; histidin (untuk anak-anak)
Vitamin	Vitamin larut lemak : vitamin A**, D, E, K; Vitamin larut air : thiamine***, niacin, riboflavin, biotin, folacin, vitamin B6, vitamin B12, asam pantothenat, vitamin C
Mineral	Mineral makro : Ca (kalsium), P (fosfor), Na (natrium), K (kalium), S (sulfur), Mg (magnesium); Mineral Mikro : Fe (besi)**, Mn (mangan), Zn (seng)***, Co (cobal), Mo (molibdenum), I** (iodium), Cr (kromium), V (vanadium), Sn (timah), Ni (nikel), Si (silikon), F (fluor).
Air	Air

Sumber : Guthrie (1986)

Keterangan :

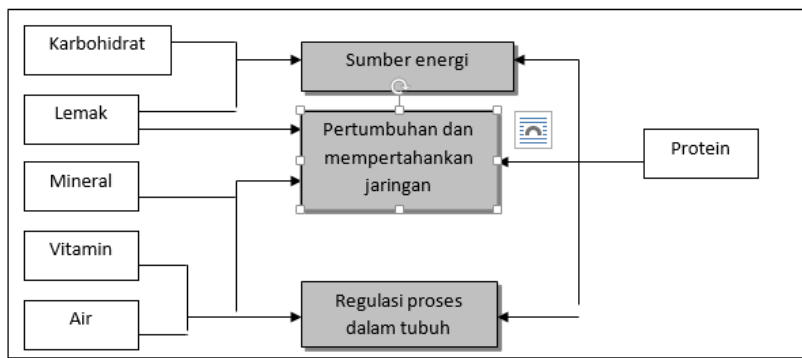
* = esensial bagi jaringan/organ tubuh tertentu

** = masalah gizi utama di Indonesia

*** = potensial masalah gizi di Indonesia

Zat gizi tersebut menyediakan tenaga bagi tubuh, mengatur proses dalam tubuh, dan membuat lancarnya pertumbuhan serta memperbaiki jaringan tubuh (Gambar 1). Zat gizi utama yang berfungsi sebagai sumber energi adalah karbohidrat, lemak, dan protein. Zat gizi utama yang berfungsi untuk pertumbuhan dan mempertahankan jaringan adalah protein, lemak, vitamin, mineral dan air. Zat gizi utama yang berfungsi untuk mengatur proses di dalam tubuh adalah vitamin, mineral dan air.

Kelebihan dan kekurangan zat gizi perlu dikaji dalam ilmu pengetahuan, mengingat tubuh harus selalu dalam keadaan homeostatis atau seimbang. Sehingga bila terjadi kekurangan maupun kelebihan gizi pastilah akan terjadi gangguan.



Gambar 6.1 Zat gizi dan fungsi utamanya

A. Kelebihan dan Kekurangan Karbohidrat

Karbohidrat hidrat arang, atau sakarida adalah biomolekul yang terdiri dari atom karbon, hidrogen, dan oksigen, biasanya dengan perbandingan atom hidrogen–oksigen 2:1 dan rumus empiris $C_6H_{12}O_6$. Manfaat karbohidrat yang utama adalah sebagai sumber energi bagi tubuh dalam menjalankan berbagai fungsi, serta untuk melakukan beragam aktivitas setiap harinya.

Karbohidrat dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu sederhana dan kompleks. Kedua jenis karbohidrat ini memiliki perbedaan dalam struktur kimiawinya. Secara umum, karbohidrat sederhana hanya mengandung gula dasar yang mudah dicerna dan diserap oleh tubuh. Sementara, karbohidrat kompleks memiliki rantai gula yang lebih panjang, sehingga membutuhkan waktu cukup lama untuk mencerna dan menyerap karbohidrat jenis ini.

Secara umum sumber karbohidrat adalah padi-padian atau sereal, umbi-umbian, kacang-kacang kering, dan gula. Hasil olahan bahan ini adalah mie, roti, tepung-tepungan, selai, sirup dan sebagainya. Sebagian besar sayur dan buah tidak banyak mengandung karbohidrat. Sayur umbi-umbian, seperti wortel dan bit serta sayur kacang-kacangan relatif lebih banyak mengandung karbohidrat daripada sayur daun-daunan. Bahan makanan hewani seperti daging, ayam, ikan, telur, dan susu sedikit sekali mengandung karbohidrat. Sumber karbohidrat yang banyak dimakan sebagai makanan pokok di Indonesia adalah beras, jagung, ubi, singkong, talas dan sagu

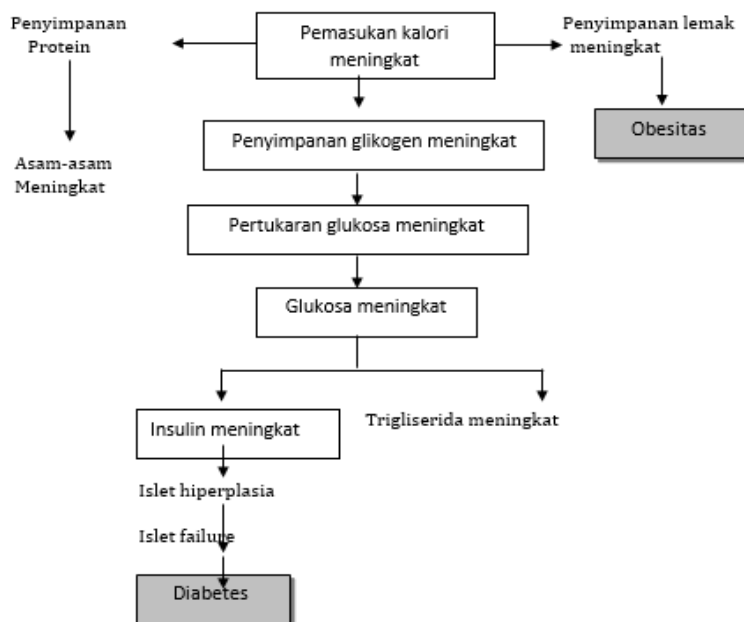
Kebutuhan karbohidrat per hari masing-masing orang berbeda-beda. Hal ini tergantung pada usia, jenis kelamin, aktivitas fisik yang dijalani, dan juga kondisi medis tertentu. Namun pada

umumnya, orang dewasa sehat membutuhkan asupan karbohidrat sekitar 220 – 300 gram per hari. Untuk yang ingin menjaga berat badan, asupan karbohidrat yang disarankan adalah sekitar 50 – 150 gram per hari.

Wanita yang berusia kurang dari 50 tahun butuh 25 gram serat per hari, sedangkan wanita berusia lebih dari 50 tahun butuh 21 gram serat per hari. Sementara itu, pria berusia kurang dari 50 tahun butuh serat 38 gram per hari dan pria berusia di atas 50 tahun butuh 30 gram per hari.

Gula yang dihasilkan dari karbohidrat akan disimpan dalam bentuk lemak di tubuh jika tidak segera digunakan. Oleh karena itu, mengonsumsi karbohidrat berlebihan berarti Anda menimbun lebih banyak lemak di tubuh. Hal ini dapat meningkatkan risiko berbagai penyakit, seperti obesitas, diabetes, dan penyakit jantung.

Penyakit kegemukan (obesitas) disebabkan oleh ketidakseimbangan antara konsumsi kalori dan kebutuhan energi, dimana konsumsi terlalu berlebihan dibandingkan dengan kebutuhan atau pemakaian energi. Gambar 6.2 menyajikan patofisiologi kelebihan konsumsi karbohidrat.



Gambar 6.2 Patofisiologi kelebihan konsumsi karbohidrat



Kelebihan energi di dalam tubuh disimpan dalam bentuk jaringan lemak. Pada keadaan normal, jaringan lemak ditimbun di beberapa tempat tertentu, diantaranya di dalam jaringan subkutan dan di dalam jaringan tirai usus (omentum). Jaringan lemak subkutan di daerah dinding perut bagian depan mudah terlihat menebal pada seorang yang menderita obesitas. Seorang baru disebut menderita obesitas, bila berat badannya pada laki-laki melebihi 15% dan pada wanita melebihi 20% dari berat badan ideal menurut umurnya. Ada beberapa penyakit yang meningkat prevalensinya pada orang yang menderita obesitas seperti penyakit-penyakit kardiovaskuler termasuk hipertensi, diabetes mellitus dan beberapa lainnya

Penyakit Diabetes Mellitus merupakan gangguan metabolik yang bersangkutan dengan karbohidrat glukosa. Penyakit ini disebabkan oleh defisiensi hormon insulin. Hormon yang dihasilkan oleh sel-sel beta di dalam pulau-pulau langerhans di dalam kelenjar pankreas ini mengatur metabolisme glukosa. Defisiensi relatif dari hormon insulin ini bisa karena memang sintesisnya defisien, tetapi mungkin pula sintesisnya cukup, tetapi sensitivitas sel target terhadap hormon menurun. Ada pula yang mengemukakan bahwa hormonnya sendiri disintesa dalam jumlah cukup, tetapi mobilisasinya terhambat, sehingga tertimbun dalam bentuk in aktif di dalam sel-sel beta. Banyak faktor yang berpengaruh untuk manifestasi penyakit diabetes mellitus pada seseorang

Ketiadaan *disakaridase* dalam *brush border* dari mukosa usus dihubungkan dengan genetik. Banyak orang, terutama yang berkulit sawo matang (termasuk orang Indonesia) tidak tahan terhadap susu sapi, karena kekurangan enzim *laktase* (*Lactosa Intolerance*) yang dibentuk di dalam dinding usus dan diperlukan untuk pemecahan laktosa menjadi glukosa dan galaktosa. Kekurangan laktase ini menyebabkan ketidaktahanan terhadap laktosa. Laktosa yang tidak dicerna tidak dapat diserap dan tetap tinggal dalam saluran pencernaan, hal ini mempengaruhi jenis mikroorganisme yang tumbuh, yang menyebabkan gejala kembung, kejang perut dan diare. Ketidaktahanan terhadap laktosa lebih banyak terjadi pada orangtua.

B. Kelebihan dan Kekurangan Lemak

Lemak merupakan simpanan energi bagi manusia dan hewan. Tumbuhan juga menyimpan lemak dalam biji, buah, maupun lembaga yang dipergunakan oleh manusia sebagai sumber lemak dalam hidangan makanan. Lemak mempunyai fungsi yang cukup banyak, lemak yang terdapat dalam bahan pangan berfungsi sebagai :

- 1). Sumber energi, dimana tiap gram lemak menghasilkan sekitar 9-

9,3 kkal/g; 2). Menghemat protein dan thiamin; 3). Membuat rasa kenyang lebih lama, sehubungan dengan dicernanya lemak lebih lama; 4). Pemberi cita rasa dan keharuman yang lebih baik pada; 5). Memberi zat gizi lain yang dibutuhkan tubuh. Sedangkan fungsi lemak dalam tubuh adalah sebagai berikut: 1). Sebagai Pembangun/pembentuk susunan tubuh; 2). Pelindung kehilangan panas tubuh; 3). Sebagai penghasil asam lemak esensial; 4). Sebagai pelarut vitamin A, D, E dan K; 5). Sebagai pelumas diantara persendian; 6). Sebagai agen pengemulsi yang akan mempermudah transpor substansi lemak keluar masuk melalui membran sel 7). Sebagai prekursor dari prostaglandin yang berperan mengatur tekanan darah, denyut jantung dan lipolisis.

Sumber utama lemak adalah minyak tumbuh-tumbuhan (minyak kelapa, kelapa sawit, kacang tanah, kacang kedelai, jagung, dan sebagainya), mentega margarin, dan lemak hewan (lemak daging dan ayam). Sumber lemak lain adalah kacang-kacangan, biji-bijian, krim, susu, keju dan kuning telur, serta makanan yang dimasak dengan lemak atau minyak. Sayur dan buah (kecuali alpukat) sedikit mengandung lemak. Patofisiologi Akibat kelebihan konsumsi lemak disajikan pada gambar 6.3.



Gambar 6.3 Patofisiologi Akibat kelebihan konsumsi lemak

Kenaikan trigliserida dalam plasma (*hipertrigliseridemia*) juga dikaitkan dengan terjadinya penyakit jantung koroner. Kadar trigliserida plasma banyak dipengaruhi oleh kandungan karbohidrat



makanan dan kegemukan. Lemak di dalam hidangan memberikan kecenderungan meningkatkan kadar kolesterol darah, terutama lemak hewani yang mengandung asam lemak jenuh rantai panjang. Kolesterol yang tinggi bertalian dengan peningkatan prevalensi penyakit hipertensi. Pada orang yang menderita obesitas (kegemukan) terdapat kadar kolesterol darah yang tinggi

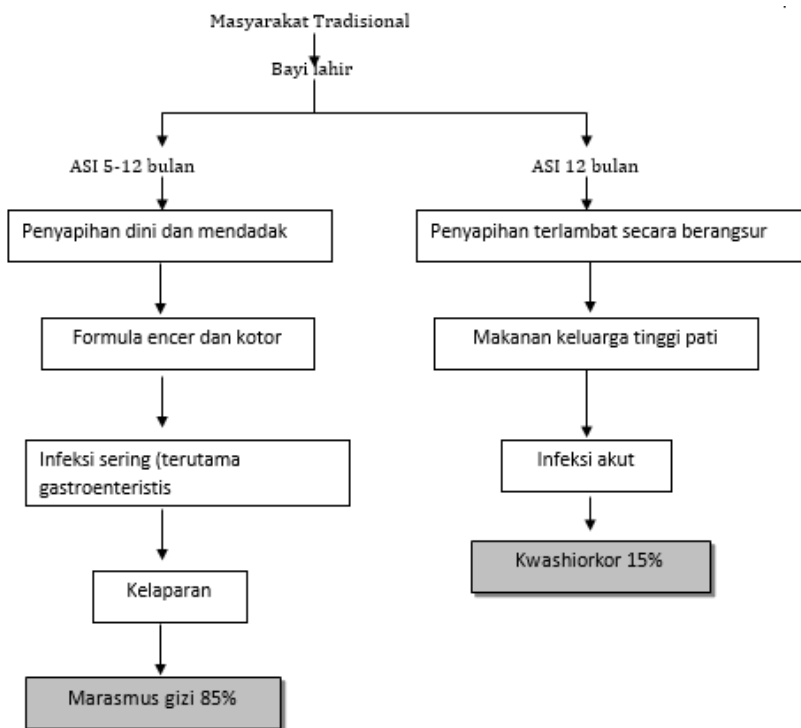
Kadar kolesterol darah yang meningkat berpengaruh tidak baik untuk jantung dan pembuluh darah. Faktor makanan yang paling berpengaruh terhadap kadar kolesterol darah, dalam hal ini LDL adalah lemak total, lemak jenuh dan energi total.

Asam lemak omega-3 diduga dapat mencegah kanker, menghambat kecepatan perkembangannya serta menurunkan pertumbuhan, ukuran dan jumlah sel kanker. Bayi yang diberi makanan tanpa lemak akan menunjukkan gejala *ekzema dermatitis* yang dapat dicegah atau disembuhkan dengan pemberian asam linoleat ke dalam makanan. Kekurangan asam lemak omega-3 menimbulkan gangguan saraf dan penglihatan. Disamping itu kekurangan asam lemak esensial menghambat pertumbuhan pada bayi dan anak-anak, kegagalan reproduksi serta gangguan pada kulit, ginjal dan hati.

Dalam kaitan lemak sebagai pelarut vitamin, defisiensi lemak atau gangguan absorpsi lemak dapat memberikan gejala-gejala defisiensi vitamin yang larut lemak, misalnya vitamin A dan Vitamin K. Pada hewan percobaan defisiensi lemak menimbulkan defisiensi PUFA yang memberikan gejala-gejala kelainan kulit dan rambut.

C. Kelebihan dan Kekurangan Protein

Protein merupakan zat gizi yang paling banyak terdapat dalam tubuh. Protein merupakan bagian dari semua sel-sel hidup. Seperlima dari berat tubuh orang dewasa merupakan protein. Hampir setengah jumlah protein terdapat di otot, seperlima terdapat di tulang atau tulang rawan, sepersepuluh terdapat di kulit, sisanya terdapat dalam jaringan lain dan cairan tubuh. Semua enzim merupakan protein. Banyak hormon juga protein atau turunan protein. Hanya urin dan empedu dalam kondisi normal tidak mengandung protein. Protein terdapat dalam bentuk serabut (fibrous), globular dan konjugasi. Diagram alur patogenesis marasmus dan kwashiorkor disajikan pada gambar 6.4.



Gambar 6.4 Patogenesis marasmus dan kwashiorkor

Kekurangan protein banyak terdapat pada masyarakat sosial ekonomi rendah. Kekurangan protein murni pada stadium berat menyebabkan *kwashiorkor* pada anak-anak di bawah 5 tahun (BALITA). Kekurangan protein sering ditemukan bersamaan dengan kekurangan energi yang menyebabkan kondisi yang dinamakan *marasmus*. *Kwashiorkor* lebih banyak terdapat pada usia dua hingga tiga tahun yang sering terjadi pada anak yang terlambat menyapih sehingga komposisi gizi makanan tidak seimbang terutama dalam hal protein. *Kwashiorkor* dapat terjadi pada konsumsi energi yang cukup atau lebih. Gejalanya adalah pertumbuhan terhambat, otot-otot berkurang dan melemah, edema, muka bulat seperti bulan (*moonface*) dan gangguan psikomotor. Edema terutama pada perut, kaki dan tangan merupakan ciri khas *kwashiorkor* dan kehadirannya erat berkaitan dengan albumin dalam serum. Anak apatis, tidak ada nafsu makan, tidak gembira dan suka merengek. Kulit mengalami depigmentasi, menjadi lurus, kusam, halus, dan mudah rontok (rambut jagung). Hati membesar dan berlemak, sering disertai anemia dan xeroftalmia. *Kwashiorkor* pada orang dewasa jarang ditemukan..



Marasmus pada umumnya merupakan penyakit pada bayi (dua belas bulan pertama), karena terlambat diberi makanan tambahan. Penyakit ini dapat terjadi karena penyapihan mendadak, formula pengganti ASI terlalu encer dan tidak higienis atau sering kena infeksi terutama gastroenteritis. Marasmus berpengaruh jangka panjang terhadap mental dan fisik yang sukar diperbaiki. Marasmus adalah penyakit kelaparan dan terdapat banyak di antara kelompok sosial ekonomi rendah di sebagian besar negara sedang berkembang dan lebih banyak daripada kwashiorkor. Gejalanya adalah pertumbuhan terhambat, lemak di bawah kulit berkurang serta otot-otot berkurang dan melemah. Berat badan lebih banyak terpengaruh daripada ukuran kerangka, seperti panjang, lingkaran kepala dan lingkaran dada. Berkurangnya otot dan lemak dapat diketahui dari pengukuran lingkaran lengan, lipatan kulit daerah bisep, trisep, skapula, dan umbilikal. Anak apatis dan terlihat seperti sudah tua. Tidak ada edema, kadang-kadang terjadi perubahan pada kulit, rambut dan pembesaran hati. Anak sering kelihatan waspada dan lapar. Sering terjadi gastroenteritis yang diikuti oleh dehidrasi, infeksi saluran pernafasan, tuberkulosis, cacingan berat dan penyakit kronis lainnya. Marasmus sering disertai defisiensi vitamin terutama vitamin D dan vitamin A.

Protein secara berlebihan tidak menguntungkan tubuh. Makanan yang tinggi protein biasanya energi tinggi lemak sehingga dapat menyebabkan obesitas. Kelebihan asam amino membebankan ginjal dan hati yang harus memetabolisme dan mengeluarkan kelebihan nitrogen. Kelebihan protein akan menimbulkan asidosis, dehidrasi, diare, kenaikan amoniak darah, kenaikan ureum darah, dan demam. Batas yang dianjurkan untuk konsumsi protein adalah dua kali Angka Kecukupan Gizi (AKG) untuk protein.

D. Kelebihan dan Kekurangan Vitamin

Vitamin adalah zat-zat organik kompleks yang diperlukan tubuh dalam jumlah sangat kecil, dan pada umumnya tidak dapat dibentuk oleh tubuh tetapi penting untuk melakukan fungsi metabolik. Oleh karena itu, harus didapatkan dari makanan. Vitamin termasuk kelompok zat pengatur pertumbuhan dan pemeliharaan kehidupan. Tiap vitamin mempunyai tugas spesifik di dalam tubuh. Karena vitamin adalah zat organik maka vitamin dapat rusak karena penyimpanan dan pengolahan. Manusia dan hewan memerlukan hampir semua vitamin dari makanan karena tubuh tidak dapat membuat sendiri.



Vitamin berperan dalam beberapa tahap reaksi metabolisme energi, pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh, pada umumnya sebagai koenzim atau sebagai bagian dari enzim. Secara umum fungsi vitamin adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bagian dari suatu enzim atau co-enzim (pembantu enzim) yang mengatur berbagai proses metabolisme.
2. Mempertahankan fungsi berbagai jaringan
3. Mempengaruhi pertumbuhan dan pembentukan sel baru
4. Membantu pembuatan zat tertentu dalam tubuh.

Vitamin dibagi dalam dua kelas besar, yaitu vitamin yang larut dalam lemak (Vitamin A, D, E dan K) dan vitamin yang larut dalam air (vitamin C, vitamin B-kompleks yang terdiri dari vitamin B1, B2, B6, B12 dan beberapa vitamin lainnya).

Pada dasarnya sesuatu yang dimakan berlebihan merupakan pemborosan. Dalam batas tertentu kelebihan vitamin berpengaruh negatif bagi kesehatan. Kadangkala pengaruh kelebihan vitamin sama dengan pengaruh kekurangannya.

Kekurangan dan Kelebihan Vitamin Larut lemak

Vitamin A

Kelebihan konsumsi vitamin A menyebabkan urin berwarna kuning. Disamping itu, kulit, muka dan tapak tangan kelihatan kuning. Kelebihan vitamin A menurunkan efisiensi penggunaan vitamin E. Gejala keracunan terjadi bila mengkonsumsi vitamin A dalam jumlah berlebihan. Batas ambang konsumsi keracunan adalah sekitar 15.000 µg retinol (50.000 SI) dan 6.000 µg retinol (dalam bentuk retinol, 13-cis retinoic acid atau retinylester) masing-masing untuk orang dewasa dan anak-anak, termasuk bayi. Pengaruh negatif keracunan vitamin A antara lain cepat lelah, berkurang nafsu makan, sakit kepala, muntah, kerontokan rambut, kulit kering, nyeri tulang dan pembesaran hati.

Vitamin D

Kelebihan vitamin D juga berpengaruh negatif pada kesehatan dan menimbulkan keracunan, khususnya bagi anak-anak. Konsumsi 45 µg (1800 SI) cholecalciferol per hari menunjukkan gejala hipervitaminosis D pada anak-anak. Gejala awal kelebihan vitamin D tidak spesifik yaitu sakit kepala, berkurang nafsu makan dan muntah-muntah. Kelebihan vitamin D menyebabkan kadar kalsium pada darah dan urin meningkat. Pengerasan otot, pembuluh dan ginjal yang pada gilirannya dapat menyebabkan gangguan ginjal dan hipertensi.

Vitamin E

Kelebihan konsumsi vitamin E dapat mengganggu fungsi vitamin D dan K, menurunkan kerja kelenjar tiroid. Dalam jangka panjang, konsumsi mega dosis suplemen vitamin E dan A sintetis diduga kuat akan menurunkan imunitas tubuh dan memicu pertumbuhan sel-sel tumor.

Vitamin K

Sampai saat ini belum ada bukti-bukti yang konklusif tentang dampak negatif kelebihan vitamin K. Para ahli tidak memperkenankan konsumsi suplemen vitamin K sintetis lebih dari 500 µg per hari. Ibu-ibu hamil yang mengkonsumsi suplemen vitamin K sintetis berlebihan cenderung melahirkan bayi yang mengalami gangguan hati.

Ada tiga tahap gejala defisiensi vitamin A yaitu sebagai berikut :

- 1). Gejala buta senja, tidak tahan terhadap cahaya
- 2). Gejala tanda-tanda xerophthalmia, terdapatnya lendir-lendir pada sebelah atau kedua mata
- 3). Jika gejala kedua dibiarkan, maka menyusul tahap ketiga yang dinamakan juga keratomalacia, cornea atau selaput mata yang biasanya bening menjadi keruh serta berlendir. Penyakit mata yang setaraf ini tidak dapat diobati lagi, sehingga mengakibatkan kebutaan untuk selama-lamanya.

Efek kekurangan vitamin A mempunyai pengaruh besar terhadap metabolisme protein secara universal dan menampakkan diri dalam berbagai jenis gejala klinis. Ringkasan defisiensi vitamin larut lemak disajikan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Ringkasan defisiensi Vitamin Larut Lemak

No.	Jenis Vitamin	Defisiensi
1.	Vitamin A	Buta senja, xerophthalmia, pertumbuhan terhambat, kulit terganggu
2.	Vitamin D	Rakhitis pada anak
3.	Vitamin E	Anemia karena vitamin E belum banyak dikenali
4.	Vitamin K	Hipotrombinemia dengan akibat masa pembekuan panjang. Perdarahan yang tidak dapat diatasi pada bayi baru lahir

Kekurangan dan Kelebihan Vitamin Larut Air

Sebagian besar vitamin larut air merupakan komponen sistem enzim yang banyak erlibat dalam membantu metabolisme



energi. Vitamin larut air biasanya tidak disimpan di dalam tubuh dan dikeluarkan melalui urin dalam jumlah kecil. Oleh sebab itu vitamin larut air perlu dikonsumsi tiap hari untuk mencegah kekurangan yang dapat mengganggu fungsi tubuh normal.

Vitamin larut air dikelompokkan menjadi vitamin C dan vitamin B-kompleks. Vitamin B-kompleks terdiri atas sepuluh faktor yang saling berkaitan fungsinya di dalam tubuh dan terdapat di dalam bahan makanan yang hampir sama. Fungsinya terkait dalam proses metabolisme sel hidup, baik pada tumbuh-tumbuhan maupun hewan sebagai koenzim atau kofaktor.

Vitamin C dapat larut dalam air dan tidak dapat larut di dalam minyak dan zat-zat pelarut lemak, tetapi merupakan kelas tersendiri, tidak satu kelompok dengan vitamin B-kompleks. Vitamin B-kompleks biasanya terdapat bersama-sama di dalam bahan makanan tertentu yang sama, ialah sayuran dan biji-bijian. Di dalam pil yang disebut B-kompleks terdapat 11 jenis vitamin : thiamin, riboflavin, niacin, piridoksin, biotin, PABA, inositol, asam pantothenat, asam folat, kolin dan vitamin B12. Sebagian besar anggota-anggota vitamin B-kompleks diketahui berfungsi di dalam ko-enzim.

Karena sifatnya yang larut dalam air, risiko kelebihan vitamin-vitamin ini dalam tubuh relatif kecil. Para ahli memperkirakan kemungkinan dampaknya pada gangguan fungsi ginjal bila vitamin larut dalam air ini dikonsumsi secara berlebihan. Konsumsi vitamin-vitamin ini dalam jumlah berlebihan secara terus menerus memacu kerja ginjal melakukan filterisasi urin. Oleh karena itu dalam jangka panjang akan melemahkan atau memperpendek usia ginjal. Gangguan pada ginjal dalam jangka panjang dapat pula memicu munculnya diabetes.

Vitamin C. Meskipun ada beberapa studi yang membuktikan bahwa konsumsi vitamin C sampai 20 kali kebutuhan dapat mempercepat penyembuhan infeksi tenggorokan, flu dan penurunan kolesterol, tetapi belum diketahui pasti berapa batas ambang yang dianggap tidak aman. Beberapa studi juga mengungkapkan dampak negatif kelebihan vitamin C dengan dosis satu gram atau lebih yaitu gangguan gastrointestinal seperti diare, mual, dan kram perut. Meningkatnya peristaltik, mengakibatkan efek osmotik langsung pada usus dipercaya menjadi penyebab berbagai gangguan tersebut. Kadang-kadang gangguan tersebut dicirikan oleh sensitisasi yang dikaitkan dengan urticaria, edema, dan skin rashes. Kelebihan vitamin C dalam jangka panjang diduga kuat memicu pembentukan batu ginjal. Dugaan ini didasarkan pada studi tingginya kandungan

asam urat pada urin orang yang mengkonsumsi vitamin C lebih dari 400 mg per hari. Kelebihan vitamin C juga akan berakibat pada peningkatan penyerapan berbagai mineral, termasuk mineral yang menjadi racun bagi tubuh seperti merkuri.

Vitamin B kompleks. Seperti halnya vitamin C, kelebihan vitamin B akan dikeluarkan melalui urin, yang dalam jangka panjang dapat mengganggu fungsi ginjal. Disamping itu karena umumnya vitamin B kompleks berperan dalam metabolisme dan produksi energi, kelebihan berbagai vitamin B kompleks akan meningkatkan kerja organ dan sistem metabolisme tubuh yang terlibat dalam proses produksi energi dan cenderung meningkatkan glukosa darah dan radikal bebas. Gangguan metabolisme, keseimbangan glukosa darah dan glikogen dalam jangka panjang diperkirakan akan memicu diabetes dan gangguan hormonal lainnya. Kelebihan **niacin (vitamin B3)** dapat menyebabkan peningkatan penggunaan glikogen otot, kulit panas dan gatal, gangguan denyut jantung, gangguan ginjal dan diabetes. Kelebihan **piridoksin (vitamin B6)** sampai ratusan miligram dapat mengganggu kerja sistem saraf, seperti pada ujung jari tangan dan kaki. Ahli gizi klinis menyarankan konsumsi piridoksin tidak lebih dari 25 mg per hari.

Folat. Kelebihan folat dapat menimbulkan gangguan pada kerja usus dan konsumsi lebih dari 400 µg per hari menimbulkan defisiensi vitamin B12 (cyanacobalamin). Konsumsi asam pantotenat yang berlebihan dapat menimbulkan diare. Konsumsi biotin yang tinggi menyebabkan kemandulan pada binatang percobaan. Pengaruh kelebihan vitamin larut air disajikan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Pengaruh kelebihan vitamin larut air

Vitamin	Efek Keracunan	Batas aman/hari
Vitamin B6	Gangguan syaraf inderawi	2-7 g 50-500mg
Asam Nikotinik	Perubahan fungsi dan struktur hati, metabolisme karbohidrat dan asam urat	3-6 g
Asam folat	Menutupi defisiensi B12	-
Vitamin C	Diare, pengikatan produksi asam oksalat dan batu ginjal	-
Vitamin B1	Sakit kepala, lemah, gangguan kulit	50 mg/kg; 3 g

Kelebihan vitamin berakibat toksik bagi tubuh dan menimbulkan gangguan kesehatan. Selain kelebihan defisiensi vitamin juga berakibat terhadap gangguan kesehatan pula. Tabel 6.4 memperlihatkan ringkasan defisiensi beberap vitamin larut air.

Tabel 6.4 Ringkasan defisiensi Vitamin Larut Air

No.	Jenis Vitamin	Defisiensi
1.	Vitamin C	Ringan: pendarahan. Berat: gigi rontok, luka pada gusi, luka sukar sembuh, tulangmudah patah, skorbut
2.	Thiamin	Mempengaruhi sistem saraf perifer, saluran usus, sistem kardiovaskuler, anoreksia, beri-beri termasuk polineuritis, payah jantung dan oedema
3.	Riboflavin	Keilosis, dermatitis, seboroika pada muka, lidah magenta, gangguan fungsional dan organik pada mata
4.	Vitamin B6 (Piridoksin)	Anemia hipokrom makrositer, lesi susunan saraf pusat ditandai oleh serangan epileptiform dan perubahan ensefalografik, terutama pada bayi
5.	Niasin	Pellagra dengan perubahan usus, kulit dan neurologik
6.	Asam pantotenat	Gejala-gejala usus, kulit, anemia, gangguan fungsi korteks adrenal
7.	Asam folat	Anemia makrositer, glositis, lesi usus, diare, dan malabsorpsi usus
8.	Vitamin B12	Anemia makrositer atau anemia pernisiiosa dengan perubahan degeneratif pada mukosa lambung, lesi khas pada sistem saraf

Kelebihan dan kekurangan Mineral

Kira-kira 6% tubuh manusia dewasa terbuat dari mineral. Mineral yang dibutuhkan oleh manusia diperoleh dari tanah. Tanaman sumber pangan menyerap mineral yang diperlukan dan menyimpannya dalam struktur tanaman. Hewan sebagai konsumen tingkat pertama menggunakan dan menyimpan mineral dalam tubuhnya. Sebagai konsumen tingkat akhir, manusia memperoleh mineral dari pangan nabati dan hewani. Mineral merupakan bahan anorganik dan bersifat esensial. Jika mineral tidak habis digunakan oleh manusia maka akan dikeluarkan oleh tubuh dan dikembalikan pada tanah.

Secara umum fungsi mineral dalam tubuh sebagai berikut :

1. memelihara keseimbangan asam tubuh dengan jalan penggunaan mineral pembentuk asam (klorin, fosfor, belerang) dan mineral pembentuk basa (kapur, besi, magnesium, kalium, natrium)
2. mengkatalisasi reaksi yang bertalian dengan pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein serta pembentukan lemak dan protein tubuh.

- 
3. sebagai hormon (Iodium terlibat dalam hormon tiroksin; Co dalam vitamin B12; Ca dan P untuk pembentukan tulang dan gigi) dan enzim tubuh (Fe terlibat dalam aktivitas enzim katalase dan sitokrom).
 4. membantu memelihara keseimbangan air tubuh (klorin, kalium, natrium)
 5. menolong dalam pengiriman isyarat ke seluruh tubuh (Kalsium, kalium, natrium)
 6. sebagai bagian cairan usus (kalsium, magnesium, kalium dan natrium)
 7. berperan dalam pertumbuhan dan pemeliharaan tulang, gigi dan jaringan tubuh lainnya (kalsium, fosfor, fluorin)

Mineral yang dibutuhkan manusia diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro merupakan mineral yang jumlahnya relatif tinggi ($>0,05\%$ dari berat badan) di dalam jaringan tubuh. Mineral mikro disebut sebagai unsur renik (*trace element*) terdapat $<0,05\%$ dari berat badan. Unsur-unsur mineral makro adalah kalsium, fosfor, kalium, sulfur, natrium, klor, magnesium. Unsur-unsur mineral mikro adalah besi, seng, selenium, mangan, tembaga, iodium, molibdenum, kobalt, khromium, silikon, vanadium, nikel, arsen dan fluor. Setiap jenis mineral makro mempunyai fungsi, dan sumber pangan seperti terdapat pada Tabel 16.

Seperti umumnya kelebihan vitamin, kelebihan mineral pada umumnya juga berpengaruh negatif bagi kesehatan.

Kalsium (Ca). Konsumsi Ca yang berlebihan dapat menyebabkan sulit buang air besar (konstipasi) dan mengganggu penyerapan mineral seperti zat besi, seng dan tembaga. Kelebihan Ca dalam jangka panjang akan meningkatkan risiko terkena *hypercalcemia*, pembentukan batu ginjal dan gangguan fungsi ginjal. Oleh karena itu konsumsi suplemen kalsium jauh diatas kebutuhan sebaiknya dihindari.

Fosfor. Penggunaan fosfor oleh tubuh salah satunya ditentukan oleh rasio antara kalsium dan fosfor, yang idealnya bagi remaja dan orang dewasa adalah 1 : 1. kelebihan fosfor terjadi bila rasio kalsium fosfor lebih kecil dari $\frac{1}{2}$ atau 1 : 2. Kelebihan fosfor dapat mengganggu penyerapan mineral seperti tembaga dan seng serta dapat pula memicu timbulnya *hypocalcemia*.

Magnesium. Kelebihan magnesium dalam jangka panjang sama dampaknya dengan kekurangan magnesium yaitu gangguan fungsi

saraf (*neurological disturbances*). Gejala awal kelebihan magnesium adalah mual, muntah, penurunan tekanan darah, perubahan elektro kardiografik dan kelambanan refleks.

Selain kelebihan mineral makro berpengaruh terhadap kesehatan, kekurangan (defisiensi) mineral makro juga berpengaruh terhadap gangguan kesehatan. Defisiensi mineral makro disajikan pada Tabel 6.6.

Tabel 6.5 Defisiensi Mineral Makro

No.	Jenis Mineral	Defisiensi
1.	Kalsium	Mineralisasi tulang dan gigi terganggu, tulang mudah patah, pertumbuhan terhenti, rakhitis pada anak-anak, osteoporosis pada orang dewasa.
2.	Fosfor	Mineralisasi tulang terganggu, pertumbuhan terhambat, rakhitis, osteomalasia.
3.	Kalium	Jarang terjadi akibat kekurangan makanan. Mual, muntah, diare
4.	Natrium	Mual, diare, kejang otot, dehidrasi
5.	Khlor	Jarang terjadi
6.	Sulfur	Jarang terjadi
7.	Magnesium	Defisiensi karena makanan tidak ditemukan. Defisiensi pada alkoholisme dengan sirosis dan penyakit ginjal yang berat.

Mineral mikro terdapat dalam jumlah sangat kecil di dalam tubuh, namun mempunyai peranan esensial untuk kehidupan, kesehatan dan reproduksi. Kandungan mineral mikro bahan makanan sangat bergantung pada konsentrasi mineral mikro tanah asal bahan makanan tersebut

Yodium. Konsumsi yodium di atas 2000 µg per hari dianggap berlebihan dan akan berdampak negatif pada kesehatan manusia. Konsumsi sebanyak ini bisa terjadi karena mengkonsumsi rumput laut, suplemen atau pangan yang difortifikasi yodium secara berlebihan. Kelebihan yodium dapat menghambat pelepasan iodium dari tiroid. Kelebihan pada tingkat selanjutnya akan menimbulkan gondok seperti halnya kekurangan yodium.

Zat besi (Fe). Kelebihan zat besi dapat menurunkan penyerapan dan penggunaan seng dan tembaga serta peningkatan penggunaan vitamin antioksidan. Kelebihan zat besi juga dapat menyebabkan agangguan fungsi hati, jantung bahkan meninggal dunia. Gejalanya adalah rasa nek, muntah, diare, denyut jantung meningkat, sakit kepala, mengigau.



Seng. Konsumsi seng secara berlebihan (sepuluh kali anjuran) dapat terjadi karena konsumsi suplemen seng dan makanan yang terkena polusi (udara, alat masak dan kaleng). Kelebihan seng akan menurunkan penyerapan zat besi dan tembaga, mual, diare, pusing, melemahnya peran saraf yang mengkoordinasi sistem kerja anggota badan, demam, kelelahan yang sangat, anemia, gangguan reproduksi, dan gangguan pada fungsi hati dan imunitas tubuh. Kelebihan sampai 10 kali AKG mempengaruhi metabolisme kolesterol, mengubah nilai lipoprotein, dan tampaknya dapat mempercepat timbulnya aterosklerosis.

Tembaga. Kelebihan tembaga secara kronis menyebabkan penumpukan tembaga di dalam hati yang dapat menyebabkan nekrosis hati atau serosis hati. Kelebihan Cu dapat terjadi karena mengkonsumsi suplemen tembaga atau menggunakan alat memasak terbuat dari tembaga, terutama bila digunakan untuk memasak cairan yang bersifat asam. Konsumsi sebanyak 10-15 mg per hari dapat menimbulkan muntah-muntah dan diare. Berbagai tahap pendarahan intravaskular dapat terjadi, begitupun nekrosis sel hati dan gagal ginjal. Konsumsi dosis tinggi menyebabkan kematian.

Mangan. Keracunan karena kelebihan mangan dapat terjadi bila lingkungan terkontaminasi oleh mangan, biasanya dalam jangka waktu lama, menunjukkan gejala-gejala kelainan otak disertai penampilan dan tingkah laku abnormal, yang menyerupai penyakit Parkinson.

Fluor. Kelebihan fluor dapat menyebabkan keracunan. Hal ini baru terjadi pada dosis sangat tinggi atau setelah bertahun-tahun menggunakan suplemen fluor sebanyak 20-80 mg sehari. Gejalanya adalah fluorosis (perubahan warna gigi menjadi kekuningan), mual, diare, sakit di daerah dada, gatal dan muntah.

Selenium. Pengaruh negatif selenium bagi kesehatan ditemukan pada orang yang mengkonsumsi di atas 850 µg per hari yang ditandai oleh mual, muntah dan diare. Bila konsumsi di atas 5000 mg akan terjadi perubahan pada kuku dan rambut yang pada akhirnya terjadi kerontokan rambut. Kekurangan/defisiensi mineral mikro disajikan pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Defisiensi Mineral Mikro

No.	Jenis Mineral	Defisiensi
1.	Besi	Anemia defisiensi besi, gangguan fungsional tubuh, baik mental maupun fisik, pucat, rasa lemah, letih, pusing, kurang nafsu makan, menurunnya angka kebugaran tubuh, menurunnya kemampuan kerja, menurunnya kekebalan tubuh dan gangguan penyembuhan luka, kemampuan mengatur suhu tubuh menurun. Pada anak-anak menimbulkan apatis, mudah tersinggung, menurunnya kemampuan untuk berkonsentrasi dan belajar
2.	Mangan	Jarang terjadi
3.	Tembaga	Bayi gagal tumbuh kembang, edema dengan serum albumin rendah, gangguan fungsi kekebalan, Menghambat pembentukan hemoglobin, anemia dengan perubahan pada metabolisme besi dan perubahan pada jaringan tulang, perubahan pada kerangka tubuh yang dapat menyebabkan patah tulang dan osteoporosis, hernia dan pelebaran pembuluh darah karena kegagalan pengikatan-silang kolagen dan elastin, depigmentasi rambut dan kulit
4.	Seng	Pertumbuhan terhambat, gangguan kematangan seksual dan daya kekebalan tubuh menurun. Gangguan fungsi pencernaan karena gangguan fungsi pankreas, gangguan pembentukan kilomikron, dan kerusakan permukaan saluran cerna. Gangguan metabolisme vitamin A, gangguan kelenjar tiroid dan laju metabolisme, gangguan nafsu makan, penurunan ketajaman indra rasa serta memperlambat penyembuhan luka
5.	Yodium	Gangguan Akibat kekurangan Yodium (GAKI) berupa gangguan fisik dan mental, gondok, kretin (IQ = 20), malas dan lamban, kelenjar tiroid membesar. Pada ibu hamil dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan janin. Pada anak-anak menyebabkan kemampuan belajar rendah, dll.
6.	Selenium	Aktivitas enzim glutatone peroksidase terhambat, kekebalan tubuh menurun
7.	Fluor	Karies dentis. Membantu mencegah osteoporosis

Sumber : Almtsier (2001)

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott RD, Ando F, Masaki KH. (2003) Dietary magnesium intake and the future risk of coronary heart disease (The Honolulu Heart Program). *Am J Cardiol.* 92:665–69
- Al-Delaimy WK, Rimm EB, Willett WC. (2004). Magnesium intake and risk of coronary heart disease among men. *J Am Coll Nutr.* 23:63–70.
- Almatsier, S. (2003) *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Almatsier, S. (2009) *'Ilmu gizi dasar'*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Almatsier, S. 2003. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Edisi ke-3. Penerbit : PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Atmarita et al. (2016) *'Asupan Gula, Garam, Dan Lemak Di Indonesia'*, *Gizi Indonesia*, 39(1), pp. 1–14. Available at: <http://ejournal.persagi.org/go>.
- Azhar, M. (2016) *Biomolekul Sel: Karbohidrat, Protein dan Enzim*. 1st edn. Edited by Y. Ahda. Padang: UNP Press.
- Barbagallo M, Dominguez LJ, Galioto A. (2003). Role of magnesium in insulin action, diabetes, and cardio-metabolic syndrome X. *Mol Aspects Med.* 24:39–52.
- Bender, D. . (2002) *Introduction to nutrition and metabolism*. 3rd. New York: Taylor & Francis.
- Bergwitz C, Juppner H. (2010). Regulation of phosphate homeostasis by PTH, vitamin D, and FGF23. *Ann Rev Nutr.* 61:91–104.
- Bo S, Pisu E. (2008). Role of dietary magnesium in cardiovascular disease prevention, insulin sensitivity and diabetes. *Curr Opin Lipidol.* 19:50–56.
- Bolly, et al (2018) *Asam amino, peptida dan protein*. Yogyakarta: Innosain.
- Brennan, D. W. (2020a) *'Top Foods High in Leucine'*, WebMD.
- Brennan, D. W. (2020b) *'Top Foods High in Tryptophan'*, WebMD.
- Budiyanto, M. A. K. (2002). *Dasar-Dasar Ilmu Gizi Edisi Ke-2*. Malang: Penerbit Universitas Muhamadiyah Malang.

- 
- Carr, A. C. and Maggini, S. (2017) "Vitamin C and immune function," *Nutrients*, 9(11), pp. 1–25. doi: 10.3390/nu9111211.
- Chapman, M. S. (2012) "Vitamin A: History, Current Uses, and Controversies," *YSDER*, 31(1), pp. 11–16. doi: 10.1016/j.sder.2011.11.009.
- Coudray C, Demigne C, Rayssiguier Y. (2003). Effects of dietary fibers on magnesium absorption in animals and humans. *J Nutr.* 133:1–4.
- Damongilala, L. (2021) *Kandungan Gizi Pangan Ikani*. Bandung: CV. Patra Media Grafindo.
- DiNicolantonio, J. J., Bhutani, J. and O’Keefe, J. H. (2015) "The health benefits of Vitamin K," *Open Heart*, 2(1), pp. 1–7. doi: 10.1136/openhrt-2015-000300.
- Ellam TJ, Chico TJA. (2012). Phosphate: the new cholesterol? The role of the phosphate axis in non-uremic vascular disease. *Atherosclerosis* 220:310-18.
- Fairudz, A. and Nisa, K. (2015) 'Pengaruh Serat Pangan terhadap Kadar Kolesterol Penderita Overweight', *Majority*, 4(8), pp. 121–125.
- Fattal-Valevski, A. (2011) "Thiamine (vitamin B 1)," *Complementary Health Practice Review*, 16(1), pp. 12–20. doi: 10.1177/1533210110392941.
- Fitri, A. . and Fitriana, Y. A. . (2020) 'Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat', *Sainteks*, 17(1), pp. 45–52.
- Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. (1997). *Dietary Reference Intakes*. Washington, DC: National Academy Press. pp. 146–89.
- Ganong, W.F. (2001). *Review of Medicaling Physiology* 20th. New York: Mc Graw Hill Comp.
- Gilbert, C. (2013) "What is vitamin A and why do we need it?," *Community Eye Health*, 26(84), p. 65.
- Górska-Warsewicz, et al (2018) 'Food Products as Sources of Protein and Amino Acids—The Case of Poland', *nutrients*, 10(12).
- Groff, J. . and Gropper, S. S. (2000) *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. USA: Wadsworth.
- Gropper, S. S. and Smith, J. L. (2013) *AdvAnced nutrition And HumAn metAbolism Sixth Edition*, *Advanced Nutrion in Human*.

- Hosseini-Nezhad, A. and Holick, M. F. (2013) "Vitamin D for health: A global perspective," *Mayo Clinic Proceedings*, 88(7), pp. 720–755. doi: 10.1016/j.mayocp.2013.05.011.
- Humpries, DL., Scoot, EM., Vermund, SH. (ed). 2021. *Nutrition and Infectious Diseases. Shifting the Clinical Paradigm/* Humana Press. Yogyakarta.
- Hunt CD, Johnson LK. (2006). Magnesium requirements: new estimations for men and women by cross-sectional statistical analyses of metabolic magnesium balance data. *Am J Clin Nutr*. 84:843-52
- Iswari, R.S., Susanti, R and Yuniastuti, A. (2020). *Biokimia*. Semarang: FMIPA UNNES.
- Jacob, M., Agrawal, N. and Paul, D. (2017) "International Journal of Biomedical Research Study of additive effect of Dexmedetomidine added to epidural Ropivacaine for orthopedic lower limb procedures QR Code *Correspondence Info," *International Journal of Biomedical Research*, 8(12), p. 8. doi: 10.7439/ijbr.
- Julianto, T. (2015) *BIOKIMIA: Biomolekul dalam Perspektif Al Quran*. 1st edn. Yogyakarta: Deepublish.
- Keane, J. T. et al. (2018) "Vitamin D and the liver—correlation or cause?," *Nutrients*, 10(4), pp. 1–19. doi: 10.3390/nu10040496.
- Kemenkes. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Kesehatan Republik Indones (2019) *Peraturan Menteri Kesehatan 28/2019*, Kementerian Kesehatan RI.
- Kubala, J. H. (2018) 'Essential Amino Acids: Definition, Benefits and Food Sources', *Helathline*.
- Kurniasari, R. (2014) 'Hubungan Asupan Karbohidrat, Lemak dan Serat dengan Kadar Glukosa dan Trigliserida Darah pada Pasien DM Type 2 Rawat Inap RSUD Haji Adam Malik.', *Wahana Inovasi*, 3(1), pp. 163–167.
- Kusfriyadi, M. K. . (2017) *Gizi dan Makanan*. In *Pakar Gizi Indonesia. Ilmu Gizi: Teori dan Aplikasinya*. Jakarta: EGC. Lao CK, Li X, Zhao N, Gou M, & Zhou.
- Lasmi, L. (2017) *Biokimia*. Pontianak: Politeknik Negeri Pontianak.

- 
- Lehninger, A. I. (2010) Principle of Biochemistry. New York: Worth Publishers Inc.
- Mann, J. and Truswell, S. (2012) Essentials of Human Nutrition. Fourth. Edited by J. Mann and S. Truswell. New York: Oxford University Press.
- Marks, D. B., Marks, A. and Smith, C. M. (2000) Biokimia Kedokteran Dasar. Sebuah pendekatan Klinis. Alih Bahasa Brahm U. Pendit. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran.
- Marriott, BP., Birt, DE., Stallings, VA., Yates, SS. (ed). 2020. Present Knowledge in Nutrtrion. Clinical and Applied Topics in Nutrition (11th Edition) ILSI. Elsevier. Academic Press. UK
- Martoharsono, S. (2013) Biokimia 2. 2nd edn. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mazur A, Maier JAM, Rock E. (2007). Magnesium and the inflammatory response: potential physiopathological implications. Arch Biochem Biophys. 458:48–56.
- Milne DB, Nielsen FH. (2000). The interaction between dietary fructose and magnesium adversely affects macromineral homeostasis. J Am Coll Nutr. 19:31–37.
- Murray, R.K., D.K. Granner, P. A. and Meyes, V. W. R. (2000) Biochemistry Harper 25 th Ed. New York: John Wiley & Sons.
- Niki, E. and Traber, M. G. (2012) “A history of vitamin e,” Annals of Nutrition and Metabolism, 61(3), pp. 207–212. doi: 10.1159/000343106.
- Pandit, I. G. S. (2012) Biokimia Hasil Perairan. Denpasar: Warmadewa University Press.
- Patel, VB. (ed). 2020. Molecular Nutrtrion, vitamin. Elsevier. Academic Press. UK
- Peraturan Menteri Kesehatan RI (2019) PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 28 TAHUN 2019 tentang ANGKA KECUKUPAN GIZI YANG DIANJURKAN UNTUK MASYARAKAT INDONESIA.
- Perdana, S. M., Hardinsyah, H. and Damayanthi, E. (2014) ‘Alternatif Indeks Gizi Seimbang Untuk Penilaian Mutu Gizi Konsumsi Pangan Pria Dewasa Indonesia’, Jurnal Gizi dan Pangan, 8(3), p. 167. doi: 10.25182/jgp.2013.8.3.167-176.

- 
- Permenkes RI (2019) Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia, Permenkes. Indonesia.
- Poedjiadi dan Supriyanti (2012) Dasar-dasar Biokimia. Jakarta: UI-Press.
- Puspitaningrum, I. (2014) 'Indeks Glikemik dan Analisis Makronutrien Umbi Kumpul (Xanthosoma violaceum Schoot) sebagai Anti Diabetes Mellitus Type 2', Media Farmasi Indonesia, 9(1), pp. 639-648.
- Quamme GA. (2010). Molecular identification of ancient and modern mammalian magnesium transporters. *Am J Physiol Cell Physiol.* 298:C407-29.
- Rahayu, A., Fahrini, Y. and Setiawan, M. I. (2019) Dasar-Dasar Gizi. Edited by L. Anggraini. Yogyakarta: CV Mine.
- RI, Kemenkes. (2014) Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 Tentang Pedoman Gizi Seimbang. Jakarta: Kementrian Kesehatan RI.
- Rodwell, et al (2018) Harper's Illustrated Biochemistry. 31st edn. New York: McGraw-Hill Education.
- Roop, J. (2018) "Hypervitaminosis -An Emerging Pathological Condition Hypervitaminosis - An Emerging Pathological," *International Journal of Health Sciences & Research*, 8(10), pp. 280-288.
- Rosanoff A, Seelig MS. 2004. Comparison of mechanism and functional effects of magnesium and statin pharmaceuticals. *J Am Coll Nutr.* 23:S501-05
- Rude R, Gruber H, Norton H, et al. (2004). Bone loss induced by dietary magnesium reduction to 10% of the nutrient requirement in rats is associated with increased release of substance P and tumor necrosis factor alpha. *J Nutr.* 134:79-85.
- Segawa H, Kaneko I, Yamanaka S, et al. (2004). Intestinal Na-Pi cotransporter adaption to dietary Pi content in vitamin D receptor null mice. *Am J Physiol Renal Physiol.* 287; F39-47.
- Sizer, F. S. and Whitney, E. (2020) Nutrition: Concept and Controversies 15 Ed. USA: Cengage Learning. Available at: <https://www.cengage.com/c/nutrition-concepts->

- and controversies-15e-sizer/9781337906371PF/. Soheilipour F, Salehiniya H, Farajpour Kh M, Pishgharoud.
- Sizer, F. S. and Whitney, E. N. (2014) 'Nutrition Concepts & Controversies 13 Edition', Wadsworth Cengage Learning.
- Sizer, F.S., Whitney, E.N. 2018. Nutrition, Concepts and Controversies. Cengage. USA
- Song Y, Manson J, Buring J, Liu S. (2004). Dietary magnesium intake in relation to plasma insulin and risk of type 2 diabetes in women. *Diab Care*. 27:59–65.
- Spoelstra-De Man, A. M. E., Elbers, P. W. G. and Oudemans-Van Straaten, H. M. (2018) "Vitamin C: Should we supplement?," *Current Opinion in Critical Care*, 24(4), pp. 248–255. doi: 10.1097/MCC.0000000000000510.
- Tinsley, G. H. (2018a) 'Methionine: Functions, Food Sources and Side Effects', Healthline.
- Tinsley, G. H. (2018b) 'Phenylalanine: Benefits, Side Effects and Food Sources', Healthline.
- Tripathi, K. M. (2017) *Geriatric Nutrition for Better Ageing Geriatric Nutrition: Need for Better Ageing*.
- Tumiwa, M., Kapantow, N. and Punuh, M. (2020) "Gambaran Asupan Vitamin Larut Lemak Mahasiswa Semester Iv Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Pada Saat Pembatasan Sosial Pandemi Covid-19," *Kesmas*, 9(6), pp. 101–106. Available at: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/kesmas/article/view/30939>.
- Vormann J. (2003). Magnesium: nutrition and metabolism. *Mol Aspects Med*. 24:27–37.
- Washudi dan Hariyanto (2016) *BIOMEDIK DASAR (Anatomi, Fisiologi, Biokimia, Fisika, Biologi)*. Jakarta: Pusdik SDM Kesehatan.
- Watson, K. H. (2019) '40 Sources of Lysine to Add to Your Plate', Healthline.
- WHO (2007) *Protein And Amino Acid Requirements in Human Nutrition*. Geneva, Switzerland.
- WHO.(2018). 'HealthyDiet', <https://www.who.int/publications/m/item/healthy-dietfactsheet394>.

- 
- WHO (2019) 'WHO calls on countries to reduce sugars intake among adults and children. Genewa.', Obesity-&-physical-activity. Available at: <http://apps.who.int/adolescent/second>.
- WHO (2020) 'Healthy Diet', <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>.
- Winarno, F. G. (1992) Kimia Pangan Dan Gizi. 6th edn. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. (2004) Kimia Pangan Dan Gizi. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- World Health Organization (WHO) (2018) 'Healthy diets: Fact sheet', World Health Organisation, FACT SHEET(394), pp. 1–6. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/en/>.
- Yuniastuti A. 2008. Gizi dan Kesehatan. PT Graha Ilmu
- Zagon, I. S. and McLaughlin, P. J. (2017) MULTIPLE SCLEROSIS Perspectives in Treatment and Pathogenesis Cover. Brisbane, Australia: Codon Publications. doi: DOI: <http://dx.doi.org/10.15586/codon.multiplesclerosis.2017> Edited.

PROFIL PENULIS

Prof. Retno Sri Iswari, S. U., lahir di Purwodadi pada 07 Februari 1952. Penulis merupakan dosen jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Gelar Sarjana diperoleh dari Pendidikan Biologi IKIP Semarang (Lulus Tahun 1978), gelar Magister diperoleh dari Jurusan Kedokteran Dasar (Konsentrasi Biokimia) Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (Lulus Tahun 1987), gelar Doktor diperoleh dari program Doktor Ilmu Kedokteran Universitas Diponegoro (Lulus tahun 2014). Penulis memiliki kepakaran di bidang biokimia dan aktif dalam Pusat Kajian Produk Obat dan non obat berbahan alam. Publikasi Ilmiah yang ditulis diterbitkan baik dalam jurnal nasional maupun internasional, salah satunya berjudul *Tomato Extract as an Immunomodulator in Mice (Mus musculus) Infected with Plasmodium berghei* (Pakistan journal of Nutrition, 2016. Selain aktif menulis jurnal, Prof. Dr. Retno Sri Iswari, S.U juga aktif dalam mengikuti seminar, diantaranya yaitu *The Effect on Parsea Americana Mill Juice on Serum Homocysteina and Plasma Malondialdehyde Levels in Strepzotocin (STZ)-Induced Sprague Dawley Rats* (2015).

Firlia Ayu Arini, S.KM., M.K.M., meraih gelar S1 sarjana kesehatan masyarakat (S.KM) peminatan gizi masyarakat di Universitas Airlangga tahun 2006 dan melanjutkan pendidikan S2 di Program Pascasarjana Universitas Indonesia di Bidang Gizi Kesehatan Masyarakat, program studi Ilmu Kesehatan Masyarakat. Penulis menyelesaikan program S2 di FKM UI pada tahun 2010. Tahun 2011, penulis bergabung menjadi staf pengajar di UPN “ Veteran” Jakarta dan beberapa hasil penelitian serta pengabdian masyarakatnya bersama tim telah dipublikasikan di beberapa jurnal nasional terakreditasi dan jurnal nasional terindeks SINTA DIKTI, diantaranya pada Jurnal Gizi dan Pangan, Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, dan Jurnal Kedokteran dan Kesehatan FKK UMJ. Penulis juga aktif mengikuti seminar nasional dan internasional dengan publikasi poster, antara lain pada *Asian Pacific Congress of Clinical Nutrition* tahun 2013 di Tokyo, Jepang dan *Asian Congress of Nutrition* 2019 di Bali. Mata Kuliah yang diampu penulis adalah ilmu gizi dasar, penilaian status gizi, gizi dalam daur kehidupan dan surveilans gizi. Pada beberapa kesempatan, penulis menjadi narasumber untuk rubrik gizi di majalah JOY, atmago.com, riaulive.id, jendela-alam.com dan gaya.tempo.co. Saat ini penulis aktif sebagai anggota organisasi



profesi PERGIZI PANGAN dan IAKMI, dengan beberapa pengalaman dalam kegiatan nasional profesi yaitu sebagai validator SIRKESNAS 2016, fasilitator dalam Pekan Sarapan Nasional 2016, dan sebagai penanggung jawab teknis dan pendamping teknis pada Studi Status Gizi Indonesia 2020 – 2021.

Lovi Sandra, M. Sc. Lahir di Situbondo, 22 Mei 1984. Telah menyelesaikan studi S-1 di Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang tahun 2007 dan S-2 Ilmu Kimia UGM tahun 2013. Tahun 2008 – 2019 aktif mengajar mata pelajaran matematika dan kimia di SMA Ibrahimy Pondok Pesantren Salafiyah Syafi'iyah Sukorejo (P2S3) Situbondo. Mulai tahun 2015 hingga sekarang aktif mengajar di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan dan Tadris Matematika P2S3.

Desi Purwaningsih, S.Pd., M.Si, lahir di Kabupaten Kebumen Jawa Tengah pada 17 Desember 1989. Menamatkan pendidikan sarjana di Universitas Sebelas Maret Surakarta program studi Pendidikan Biologi. Kemudian melanjutkan study di Institut Pertanian Bogor, untuk mendapatkan gelar Magister di bidang Biokimia. Setelah selesai studi jenjang magister penulis mengabdikan diri menjadi pengajar, salah satunya di Universitas Setia Budi Surakarta pada Fakultas Farmasi, selain itu penulis juga sempat mengajar di Universitas Khusuma Husada pada Prodi S1 Gizi, dan Poltekes Surakarta pada Prodi DIV Keperawatan. Selain aktif mengajar penulis juga aktif di beberapa organisasi seperti: Persatuan Biokimia Indonesia (PBI), Ikatan Ilmuan Indonesia International (I4), dan Persatuan Mikrobiologi Indonesia (PERMI). Email penulis: desipurwaningsih@setiabudi.ac.id

Ari Yuniastuti. Dosen S1 di Jurusan Biologi dan S2 Kesehatan Masyarakat, Universitas Negeri Semarang. Mata kuliah yang diampu antara lain Gizi dan Kesehatan, Gizi dan Kesehatan lanjut, Metabolisme Gizi Makro, Biokimia dan Biokimia Nutrisi. Buku hasil karya yang telah diterbitkan adalah Gizi dan Kesehatan, Nutrisi Mikromineral dan Kesehatan, Monograf Probiotik (Dalam Perspektif Kesehatan), dan Dasar Molekuler Glutathione dan Perannya Sebagai Antioksidan, Bookchapter Metabolit Sekunder. Artikel yang telah dipublikasikan melalui jurnal Ilmiah antara lain : Association of - 129C/T Promoter GCLC Polymorphism with Glutathione Plasma Level in Pulmonary Tuberculosis Patients, Glutathione and F2 Isoprostane Level in the Blood of the Patient of Pulmonary



Tuberculosis at Makassar, South Sulawesi, Indonesia, Polymorphism of Glutamate-Cysteine Ligase Subunit Catalytic (GCLC) Gene in Pulmonary Tuberculosis Patients, The role of gene polymorphisms of glutamate-cysteine ligase catalytic (GCLC) enzyme against antioxidants and oxidative stress sattsu of individual wh had cotacted infectious tuberculosis, Dosen Berprestasi Universitas Negeri Semarang tahun 2017, Sertificate In Recognition of Valuable contribution, effort and helped dari pemerintah Embassy of Lybia tahun 2017. Penulis juga aktif meneliti bidang-bidang gizi, antara lain Analisis Sekuen Gen Antioksidan Glutation Sebagai Deteksi Kerentanan Pasien Tuberkulosis Terhadap Stres Oksidatif akibat infeksi Mycobacterium tuberculosis, Pengembangan Pangan Fungsional Berbasis Umbi-umbian Sebagai Sumber Antioksidan Dalam Upaya Meningkatkan Derajat Kesehatan Masyarakat Melalui Pendekatan Nutrigenomik, Pengembangan Produksi Inulin dan FOS berbasis Gembili (*Dioscorea esculenta*) sebagai antikanker dan antidiabetik. Paten tentang Metode ekstrak inulin tergelatinasi

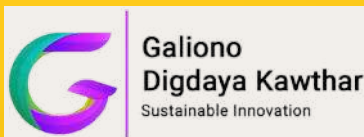
Dr. Sugiati, SP, MKM menyelesaikan pendidikan S1 di jurusan Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (tahun 1993). Pendidikan S2 (lulus tahun 2010) dan S3 (lulus tahun 2019) ditempuh di Departemen Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia. Saat ini penulis adalah dosen di Program Studi Gizi, Fakultas Kedokteran dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Jakarta (UMJ). Sebelum mengawali karir sebagai dosen, penulis bekerja di Helen Keller International (HKI) sebuah lembaga nirlaba yang bergerak di bidang penelitian kesehatan dan pendidikan bagi anak berkebutuhan khusus. Hasil penelitian yang berkerjasama dengan teman sejawat di HKI maupun UMJ diterbitkan dalam jurnal maupun prosiding yaitu: [Estimating the prevalence of anaemia: a comparison of three methods](#), Kajian Perilaku Breastfeeding Father sebagai Peran Ideal dalam Pemberian ASI Eksklusif, Knowledge and Practice of the Use of Borax in Meatball seller at the Campus A Univerasity of Muhammadiyah Jakarta, Faktor Dominan Obesitas pada Siswa Sekolah Menengah Atas di Tangerang Selatan, [Hubungan Konsumsi Sayuran dengan Tekanan Darah Pada Remaja di Tangerang Selatan. Do fast food consumption and physical activities associate with blood pressure of senior high school students in South Tangerang, Indonesia?](#), Body Mass Index and Abdominal Circumference towards Hypertension in Adolescent in A Senior High School of South Tangerang, Indonesia, [Obesitas, Pola Diet, dan Aktifitas Fisik dalam Penanganan Diabetes Melitus pada](#)



Masa Pandemi Covid-19 Pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan di antaranya: (1) Penyuluhan dan Pelatihan Pembuatan Makanan Jajanan Sehat pada Ibu, (2) *Health Promoting* Pondok Pesantren (Pondok Pesantren Yang Mempromosikan Kesehatan) (3) Peningkatan Pengetahuan Tentang Kegemukan dan Obesitas pada Pengasuh Pondok Pesantren Igbs Darul Marhamah Desa Jatisari Kecamatan Cileungsi Kabupaten Bogor Jawa Barat.

BIOKIMIA GIZI

Buku ini berisikan tentang kebutuhan harian, kekurangan dan kelebihan dari nutrisi yang diperlukan oleh tubuh. Seperti halnya makhluk hidup yang lain, manusia bertahan hidup karena adanya perpindahan energi berkelanjutan keluar masuk tubuhnya. Makanan menyediakan energi yang dibutuhkan termasuk juga nutrisi esensial yang tidak bisa dibuat dalam tubuh makhluk hidup. Nutrisi yang cukup harus mencakup beberapa komponen utama, yaitu karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Buku yang disusun oleh penulis ini memiliki kelebihan dibandingkan buku-buku lain yang sejenis karena selain mengupas tentang kebutuhan harian, buku ini juga mengulas tentang proses metabolisme yang terjadi pada komponen-komponen utama.



Jl. Mampang Prapatan Raya No 73A Lt. 3
Kelurahan Tegal Parang,
Kecamatan Mampang Prapatan
Jakarta Selatan, 12790
Email: kedaiaikademik@gmail.com

ISBN 978-623-99062-3-8

