



Nuansa
Fajar
Cemerlang



Optimal



IKAPI
IKATAN PEKERJIT INDONESIA

Buku Ajar **ILMU GIZI**

Lilia Faridatul Fauziah • Rahmawati • Rizki Widyan Aisya
Siti Chodijah • Arlen Defitri Nazar • Chaerunnimah
Nunung Sri Mulyani • Purbowati



BUKU AJAR ILMU GIZI

Penulis:

Lilia Faridatul Fauziah, S.Tr.Keb., M.Gz

Dr. Rahmawati, SKM., M.Kes.

Rizki Widyan Aisya, S.Gz., M.Gz.

Siti Chodijah, S.Gz.

Arlen Defitri Nazar, S.ST, M.Biomed.

Chaerunnimah, SKM, M.Kes.

Nunung Sri Mulyani, S.Gz, M. Biomed.

Purbowati, S.Gz., M.Gizi.



**Nuansa
Fajar
Cemerlang**

BUKU AJAR ILMU GIZI

Penulis: Lilia Faridatul Fauziah, S.Tr.Keb., M.Gz.

Dr. Rahmawati, SKM., M.Kes.

Rizki Widyan Aisya, S.Gz., M.Gz.

Siti Chodijah, S.Gz.

Arlen Defitri Nazar, S.ST, M.Biomed.

Chaerunnimah, SKM, M.Kes.

Nunung Sri Mulyani, S.Gz, M. Biomed.

Purbowati, S.Gz., M.Gizi.

Desain Sampul: Ivan Zumarano

Penata Letak: Achmad Faisal

ISBN: 978-634-7097-33-0

Cetakan Pertama: Januari, 2025

Hak Cipta 2025

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

Copyright © 2025

by Penerbit PT Nuansa Fajar Cemerlang Jakarta

All Right Reserved

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

website: www.nuansafajarcemerlang.com

instagram: @bimbel.optimal



PENERBIT:

PT Nuansa Fajar Cemerlang

Grand Slipi Tower, Lantai 5 Unit F

Jl. S. Parman Kav 22-24, Palmerah

Jakarta Barat, 11480

Anggota IKAPI (624/DKI/2022)

Perpustakaan Nasional RI : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

JUDUL DAN PENANGGUNG JAWAB	Ilmu gizi : buku ajar / penulis, Lilia Faridatul Fauziah, S.Tr.Keb., M.Gz., Dr. Rahmawati, SKM., M.Kes., Rizki Widyan Aisya, S.Gz., M.Gz., Siti Chodijah, S.Gz., Arlen Defitri Nazar, S.ST., M.Biomed. [dan 3 lainnya]
EDISI	Cetakan pertama, Januari 2025
PUBLIKASI	Jakarta Barat : PT Nuansa Fajar Cemerlang, 2025
DISTRIBUTOR	PT Nuansa Fajar Cemerlang
DESKRIPSI FISIK	viii, 174 halaman : ilustrasi ; 30 cm
IDENTIFIKASI	ISBN 978-634-7097-33-0
SUBJEK	Gizi
KLASIFIKASI	612.3 [23]
PERPUSNAS ID	https://isbn.perpusnas.go.id/bo-penerbit/penerbit/isbn/data/view-kdt/1071540

Prakata

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya **“Buku Ajar Ilmu Gizi”** ini dapat disusun dengan baik. Buku ini disusun sebagai upaya untuk menyediakan materi yang komprehensif, praktis, dan terkini bagi mahasiswa, tenaga kesehatan, serta masyarakat umum yang ingin memahami dasar-dasar ilmu gizi.

Materi dalam buku ini mencakup berbagai topik penting, seperti Angka Kecukupan Gizi (AKG), golongan pangan, serat pangan, makronutrien seperti lemak dan protein, serta mikronutrien berupa vitamin larut air dan vitamin larut lemak. Selain itu, buku ini juga memberikan panduan dalam menghitung kebutuhan energi dan zat gizi, yang merupakan langkah penting dalam mendukung perencanaan pola makan yang sehat dan seimbang.

Kami berharap bahwa pembahasan mengenai konsep dasar hingga perhitungan kebutuhan zat gizi ini dapat membantu pembaca memahami pentingnya gizi dalam kehidupan sehari-hari, serta aplikasinya dalam mendukung kesehatan individu maupun masyarakat secara keseluruhan.

Kami menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami dengan senang hati menerima kritik dan saran untuk penyempurnaan buku ini. Semoga buku ini dapat membantu meningkatkan kesadaran dan pemahaman akan pentingnya gizi dalam mendukung kesehatan dan kualitas hidup yang lebih baik.

Daftar Isi

Prakata	iii
Daftar Isi.....	iv
BAB 1 AKG: Pengertian, Fungsi, Karakteristik, Cara Penggunaan, Kecukupan Gizi, DRI (RDA, AI, UL, EAR).....	1
A. Pengertian, Fungsi, Karakteristik, Cara Penggunaan, Kecukupan Gizi, <i>Dietary Reference Intakes</i> (DRI)	3
B. Komponen Dietary Reference Intakes (DRI).....	6
C. <i>Recommended Dietary Allowance</i> (RDA).....	7
D. <i>Adequate Intake</i> (AI).....	8
E. <i>Tolerable Upper Intake Level</i> (UL)	8
F. <i>Estimated Average Requirement</i> (EAR).....	9
G. Latihan	10
H. Rangkuman Materi.....	11
I. Glosarium.....	11
J. Daftar Pustaka.....	12
BAB 2 Golongan Pangan	13
A. Pangan.....	15
B. Fungsi, Jenis dan Golongan Pangan	16
C. Nilai Gizi	22
D. BDD	23
E. Sumber Bahan Makanan dan Nilai Gizi	24
F. Latihan	25
G. Rangkuman Materi.....	27
H. Glosarium.....	28
I. Daftar Pustaka.....	28
BAB 3 Serat Pangan	29
A. Konsep Dasar Serat Pangan.....	34
B. Definisi Serat Pangan	36
C. Karakteristik Serat Pangan.....	36
D. Struktur dan Klasifikasi Serat Pangan.....	38
E. Sumber Serat.....	42
E. Fungsi dan Manfaat Serat (Larut dan Tidak Larut)	43

F. Metabolisme Serat (Larut dan Tidak Larut) Di Dalam Tubuh	55
G. Kebutuhan Serat dan Kaitannya dengan Penyakit	62
H. Latihan	68
I. Rangkuman Materi.....	71
J. Glosarium.....	72
K. Daftar Pustaka.....	73
BAB 4 Lemak.....	77
A. Pengertian Lemak.....	78
B. Penggolongan dan Struktur Kimia pada Lemak.....	79
C. Sumber Lemak	85
D. Proses Pencernaan dan Absorpsi Lemak.....	85
E. Metabolisme Lemak.....	87
F. Fungsi Lemak.....	89
G. Latihan	91
H. Rangkuman Materi.....	93
I. Glosarium.....	94
J. Daftar Pustaka.....	95
BAB 5 Protein	97
A. Klasifikasi dan Struktur Protein Serta Asam Amino.....	99
B. Fungsi Protein	103
C. Pencernaan Protein.....	105
D. Metabolisme Protein	106
E. Kebutuhan Protein	107
F. Bahan Makanan Sumber Protein	108
G. Mutu Protein.....	109
H. Latihan	110
I. Rangkuman Materi.....	110
J. Glosarium.....	111
K. Daftar Pustaka.....	113
BAB 6 Vitamin Larut Air	115
A. Sifat-Sifat Umum Vitamin Larut Air dibandingkan dengan Vitamin Larut Lemak.....	117
B. Fungsi dan Peran Vitamin Larut Air dalam Tubuh.....	118
1. Vitamin B1 (Thiamin).....	118
2. Vitamin B2 (Riboflavin).....	120

3. Vitamin B3 (Niasin)	122
4. Vitamin B5 (Asam Pantotenat)	124
5. Vitamin B6 (Piridoksin)	126
6. Vitamin B7 (Biotin)	128
7. Vitamin B9 (Asam Folat)	130
8. Vitamin B12 (Kobalamin)	132
9. Vitamin C (Asam Askorbat)	134
10. Memastikan Asupan Vitamin Larut Air yang Cukup	136
C. Pencernaan, Metabolisme, Transportasi, dan absorpsi Vitamin Larut Air (Vitamin B Kompleks Dan Vitamin C) di Dalam Tubuh	136
1. Pencernaan	136
2. Absorpsi	137
3. Transportasi	137
4. Metabolisme	137
5. Ekskresi	138
D. Cara Kerja Vitamin Larut Air dengan Zat Gizi Lain	138
E. Faktor yang Mempercepat Penyerapan Vitamin Larut Air	138
F. Faktor yang Menghambat Penyerapan Vitamin Larut Air	139
G. Perkembangan Terbaru tentang Vitamin Larut Air	139
H. Latihan	140
I. Rangkuman Materi	142
J. Glosarium	143
K. Daftar Pustaka	144
BAB 7 Vitamin Larut Lemak	145
A. Vitamin A	146
B. Vitamin D	147
C. Vitamin E	148
D. Vitamin K	148
E. Latihan	149
F. Kunci Jawaban	151
G. Rangkuman Materi	151
H. Daftar Pustaka	151
BAB 8 Perhitungan Kebutuhan Energi dan Zat Gizi	153
A. Kebutuhan Energi	155
B. Beberapa Rumus Perhitungan Kebutuhan Energi	157
C. Kebutuhan Zat Gizi Makro	158

D. Kebutuhan Zat Gizi Mikro.....	160
E. Latihan	160
F. Rangkuman Materi.....	161
G. Glosarium.....	162
H. Daftar Pustaka.....	162
Profil Penulis.....	163

BAB 1

AKG: Pengertian, Fungsi, Karakteristik, Cara Penggunaan, Kecukupan Gizi, DRI (RDA, AI, UL, EAR)

Pendahuluan

Setiap manusia memerlukan asupan zat gizi untuk kelangsungan hidupnya, asupan zat gizi tersebut diperoleh dari konsumsi makanan atau minuman. Asupan zat gizi yang diperoleh dari makanan digunakan untuk tumbuh, bereproduksi, dan memelihara kesehatan yang baik. Untuk mewujudkan masyarakat Indonesia yang sehat diperlukan asupan gizi yang cukup sesuai dengan angka kecukupan gizi yang dianjurkan (PERMEN KES RI, 2019)

Angka kecukupan gizi (AKG) Indonesia disusun pertama kali tahun 1958 oleh Lembaga Makanan Rakyat menggunakan pendekatan lintas sektor yang bertujuan menjadi acuan untuk perencanaan makanan dan menilai tingkat konsumsi makanan individu/masyarakat. AKG yang dibuat pada saat itu didasarkan pada *Recommended Dietary Allowances* (RDA) yang dikeluarkan FAO/WHO. AKG ini ditinjau kembali tahun 1968.

Pada tahun 1973 penyusunan AKG dikoordinasikan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), dalam forum Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi dengan tetap mengacu pada AKG yang dikeluarkan FAO/WHO. Selanjutnya setiap 5 tahun sekali AKG dievaluasi sesuai dengan kemajuan Ilmu Gizi, perubahan kependudukan dan sosial ekonomi.

Untuk pertama kali AKG hasil Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi V pada tahun 1993 disahkan oleh Menteri Kesehatan dengan SK No 332/MENKES/ SK/IV/1994 tanggal 16 April 1994.

Istilah yang dipakai bagi angka kecukupan gizi berbeda-beda antar negara. Indonesia menggunakan istilah Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang dianjurkan sebagai terjemahan dari RDA (*Recommended Dietary Allowance*). Filipina menggunakan istilah *Recommended Energy and Nutrient Intakes* (RENI). Amerika Serikat mulai tahun 1997 (IOM, 1997) menggunakan istilah *Dietary Reference Intake* (DRI). DRI terdiri dari empat angka, yaitu 1) kebutuhan gizi rata-rata (*Estimated Average Requirement*, EAR), 2)

Konsumsi gizi yang dianjurkan (*Recommended Dietary Allowance*, RDA), 3) Kecukupan asupan gizi (*Adequate Intake*, AI) dan 4) Batas maksimum yang diperbolehkan (*Tolerable Upper Intake Level*, UL). Penggunaan masing-masing istilah tersebut berbeda tergantung konteks penerapannya.

Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran

Tujuan Instruksional:

Dapat memahami pengertian, fungsi, karakteristik, cara penggunaan, kecukupan gizi, DRI (RDA, AI, UL, EAR).

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan pengertian, fungsi, karakteristik, cara penggunaan, kecukupan gizi, *Dietary Reference Intakes* (DRI)
2. Mampu menjelaskan komponen *Dietary Reference Intakes* (DRI)
3. Mampu menjelaskan pengertian *Recommended Dietary Allowance* (RDA)
4. Mampu menjelaskan pengertian *Adequate Intake* (AI)
5. Mampu menjelaskan pengertian *Tolerable Upper Intake Level* (UL)
6. Mampu menjelaskan pengertian *Estimated Average Requirement* (EAR)

Uraian Materi

A. Pengertian, Fungsi, Karakteristik, Cara Penggunaan, Kecukupan Gizi, *Dietary Reference Intakes (DRI)*

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. (PERMEN KES RI, 2019)

Untuk mengetahui kebutuhan gizi seseorang, maka sesuai dengan amanat Undang-undang Kesehatan (UU36/2009) bahwa Menteri Kesehatan perlu menetapkan Angka Kecukupan Gizi (AKG) bagi Bangsa Indonesia. AKG merupakan suatu kecukupan rata-rata zat gizi setiap hari bagi semua orang menurut golongan umur, jenis kelamin, ukuran tubuh, aktivitas tubuh untuk mencapai derajat kesehatan yang optimal. AKG bila diterapkan dalam kehidupan sehari-hari akan memenuhi kebutuhan sekitar 97-98% populasi sehat

Sesuai dengan Pasal 5 Peraturan Menteri Kesehatan No 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia, AKG dapat digunakan sebagai acuan untuk : (PERMEN KES RI, 2019)

1. menghitung kecukupan gizi penduduk di daerah;
2. menyusun pedoman konsumsi pangan;
3. menilai konsumsi pangan pada penduduk dengan karakteristik tertentu;
4. menghitung kebutuhan pangan bergizi pada penyelenggaraan makanan institusi;
5. menghitung kebutuhan pangan bergizi pada situasi darurat;
6. menetapkan Acuan Label Gizi (ALG);
7. mengembangkan indeks mutu konsumsi pangan;
8. mengembangkan produk pangan olahan;
9. menentukan garis kemiskinan;
10. menentukan besaran biaya minimal untuk pangan bergizi dalam program jaminan sosial pangan;
11. menentukan upah minimum; dan
12. kebutuhan lainnya.

AKG mempunyai banyak fungsi diantaranya adalah pertama sebagai acuan dalam menilai kecukupan gizi; kedua sebagai acuan dalam menyusun makanan sehari-hari termasuk perencanaan makanan di institusi; ketiga sebagai acuan perhitungan dalam perencanaan penyediaan pangan tingkat regional maupun nasional; keempat sebagai acuan pendidikan gizi serta sebagai acuan label pangan

yang mencantumkan informasi nilai gizi. Untuk melakukan evaluasi, perencanaan konsumsi dan ketersediaan pangan dalam rangka pemenuhan kebutuhan penduduk rata-rata secara makro nasional dan berbagai kebutuhan lainnya, dalam AKG ditetapkan estimasi rata-rata angka kecukupan energi dan rata-rata angka kecukupan protein bagi masyarakat Indonesia. Rata-rata angka kecukupan energi bagi masyarakat Indonesia sebesar 2100 (dua ribu seratus) kilo kalori per orang per hari pada tingkat konsumsi. Rata-rata angka kecukupan protein bagi masyarakat Indonesia sebesar 57 gram per orang per hari pada tingkat konsumsi (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019b).

AKG digunakan untuk mengetahui hubungan tingkat kecukupan gizi dengan status gizi anak, penelitian Wulandari mendapatkan hasil bahwa tingkat kecukupan gizi (energi, protein, kalsium) berdasarkan AKG dan tingkat pengetahuan ibu pada balita non-stunting lebih baik daripada balita stunting usia 24-59 bulan di wilayah kerja Puskesmas Tambak Wedi Surabaya. (Wulandari & Muniroh, 2020).

Penelitian Gurnita menggunakan AKG untuk menilai tingkat kecukupan gizi anak dimana rata asupan energi, protein, karbohidrat dan lemak ini kemudian dihitung dalam rumus Angka Kecukupan Gizi (AKG) untuk mendapatkan tingkat kecukupan gizi yang terdiri atas tingkat kecukupan energi, protein, karbohidrat dan lemak. Rumus perhitungannya adalah $AKG = K/KC \times 100\%$, dimana AKG = Angka kecukupan gizi, K = Konsumsi, KC=Konsumsi yang dianjurkan sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.75 tahun 2013. (Gurnida et al., 2020)

AKG juga bisa digunakan dalam Perencanaan Diet yaitu AKG menjadi panduan ilmiah untuk menentukan jumlah nutrisi yang dibutuhkan oleh individu setiap hari berdasarkan usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas, serta kondisi kesehatan atau fisiologis. Dalam konteks perencanaan diet, AKG membantu merancang pola makan yang seimbang dan sesuai dengan kebutuhan tubuh, sehingga dapat mencegah kekurangan atau kelebihan gizi yang berdampak buruk pada kesehatan.

Pada dasarnya kebutuhan zat gizi setiap individu berbeda tergantung pada jenis kelamin, umur, aktivitas, kondisi kesehatan/ penyakit. Laki-laki dan perempuan mempunyai kebutuhan gizi yang berbeda, demikian pula bayi, anak-anak, orang dewasa juga mempunyai kebutuhan yang berbeda pula. Orang dengan aktivitas yang banyak akan mempunyai kebutuhan gizi yang lebih besar dibandingkan dengan yang beraktivitas sedikit. Wanita hamil, orang dengan penyakit tertentu pun akan mempunyai kebutuhan gizi yang khusus untuk mempertahankan kesehatannya. (Pipit Mulyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, 2020).

AKG juga menjadi rujukan dalam penentuan Kebijakan Publik dan Program Kesehatan. Salahsatunya adalah program gizi untuk remaja. Meskipun menyumbang jumlah populasi remaja hampir 18% terhadap lebih dari 260 juta penduduk di negara ini, belum ada seperangkat kebijakan yang khusus menargetkan gizi untuk para remaja ini yang akan membentuk masa depan Indonesia. Kementerian Kesehatan telah melakukan program yang menargetkan kesehatan remaja secara lebih luas, namun sebagian besar dari program tersebut berfokus pada masalah kesehatan reproduksi. Pencegahan anemia di kalangan remaja putri dalam bentuk suplementasi zat besi dan asam folat mingguan atau yang disebut dengan Tablet Tambah Darah (TTD) diluncurkan sebagai program nasional sejak 2016, namun program ini baru berkembang dengan cakupan dan kepatuhan yang masih rendah.

Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, Rencana Aksi Nasional Kesehatan Anak Sekolah dan Remaja 2017-2019 diluncurkan oleh Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan Indonesia pada tahun 2017. Kebijakan ini menggabungkan rencana untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan remaja tentang masalah-masalah seperti kesehatan reproduksi, zat adiktif, cedera, kesehatan mental, kebersihan pribadi, penyakit tidak menular dan gizi. Dalam mendukung pendekatan holistik ini, UNICEF Indonesia merancang program gizi remaja multi-sektoral responsive gender yang komprehensif yang menargetkan remaja di sekolah sebagai tahap pertama, dengan rencana untuk memperluas program untuk remaja putus sekolah pada tahap selanjutnya. Program ini dirancang selaras dengan kebijakan dan program nasional UKS/M (Usaha Kesehatan Sekolah/Madrasah) untuk peningkatan gizi dan kesehatan remaja di sekolah. Intervensi program difokuskan pada pencegahan anemia, mempromosikan makan sehat dan meningkatkan aktivitas fisik. Program ini dikenal sebagai Aksi Bergizi, yang berarti 'tindakan bergizi.'

Tinjauan lanskap menganalisis undang-undang, kebijakan, strategi, dan pedoman terkait gizi remaja. Temuan kajian mengindikasikan sedikit kebijakan nasional yang menargetkan peningkatan gizi remaja. Ada dua kebijakan gizi spesifik yang

didesain untuk memperbaiki gizi remaja di Indonesia, dimana satu kebijakan berfokus pada pemberian TTD untuk remaja putri dan satu lagi mengenai pencegahan kegemukan dan obesitas pada anak usia sekolah (termasuk tetapi tidak terbatas pada remaja). Sebagian besar program yang menargetkan remaja memiliki cakupan terbatas atau berfokus pada intervensi yang berdiri sendiri seperti distribusi tablet TTD tanpa koordinasi multi-sektor yang memadai. (UNICEF, 2021)

AKG sebagai Alat Edukasi Masyarakat. Penjualan makanan dan minuman kemasan yang meningkat mengakibatkan perlunya masyarakat untuk memahami anjuran pembatasan konsumsi seperti gula, garam, dan lemak dengan cara mampu membaca label kemasan pada produk makanan dan minuman kemasan (Palupi et al., 2017). Hal ini telah tercantum pada salah satu dari sepuluh pesan pedoman gizi seimbang, yaitu "Biasakan membaca label pangan pada kemasan" (Pedoman Gizi Seimbang, 2014) (PERMEN KES RI, 2014). Tujuan utama pelabelan gizi adalah membantu konsumen dalam mengetahui apakah kekurangan ataupun kelebihan asupan zat gizi yang dapat mengakibatkan masalah gizi dan menentukan pilihan bahan makanan yang akan dikonsumsi sehingga aman bagi kesehatan. Setiap perusahaan makanan kemasan memiliki kewajiban untuk mencantumkan label pangan pada kemasan berupa kandungan kalori, lemak, protein, gula, dan natrium (Dewi et al., 2023)

B. Komponen Dietary Reference Intakes (DRI)

Istilah yang dipakai bagi angka kecukupan gizi berbeda-beda antar negara. Indonesia menggunakan istilah Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang dianjurkan sebagai terjemahan dari RDA (*Recommended Dietary Allowance*). Filipina menggunakan istilah *Recommended Energy and Nutrient Intakes* (RENI). Di Amerika Serikat mulai tahun 1997 (IOM, 1997) menggunakan istilah *Dietary Reference Intake* (DRI). DRI terdiri dari empat angka, yaitu

1. kebutuhan gizi rata-rata (*Estimated Average Requirement, EAR*),
2. Konsumsi gizi yang dianjurkan (*Recommended Dietary Allowance, RDA*),
3. Kecukupan asupan gizi (*Adequate Intake, AI*) dan
4. Batas maksimum yang diperbolehkan (*Tolerable Upper Intake Level, UL*).

Penggunaan masing-masing istilah tersebut berbeda tergantung konteks penerapannya. *Dietary Reference Intakes* (DRI) adalah istilah yang dibuat oleh sekelompok badan yang bertugas merancang dan memberikan aturan nutrisi yang dibutuhkan bagi orang untuk menjadi sehat. *Recommended Dietary Allowance* (RDA), salah satu jenis DRI, adalah standar rata-rata per hari nutrisi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan cukup nutrisi harian bagi individu yang sehat (97-98%).

Konsep DRI menawarkan pendekatan baru yang memperluas *Dietary Reference Intakes* (di luar tujuan kecukupan gizi dan pencegahan penyakit defisiensi dengan memasukkan masalah kesehatan masyarakat penyakit kronis dan konsumsi berlebihan. Konsep ini: Menerapkan model berdasarkan probabilitas dan risiko untuk mendapatkan panel nilai referensi; Menetapkan tingkat asupan atas yang aman untuk mengurangi risiko kesehatan yang merugikan dampak yang

berhubungan dengan konsumsi berlebihan suatu zat gizi; Dan Mempertimbangkan potensi peran nutrisi atau zat makanan lainnya dalam mengurangi risiko penyakit kronis. Sebagian besar nilai DRI pertama didasarkan pada indikator biologis berhubungan dengan kurangnya asupan nutrisi. Dalam beberapa dekade terakhir, kekhawatiran mengenai penyakit defisiensi nutrisi pada kelompok masyarakat telah digantikan dengan kekhawatiran mengenai peran pola makan terhadap risiko penyakit kronis. Pertambahan berat badan terjadi ketika asupan energi melebihi pengeluaran energi. Seperti ketidakseimbangan asupan energi jangka panjang merupakan salah satu jenis ketidakseimbangan pola makan yang berhubungan dengan risiko penyakit kronis. Sebagai tanggapannya, seiring dengan peninjauan kembali nutrisi DRI, penurunan nilai DRI telah berevolusi untuk mencakup pertimbangan pengurangan risiko penyakit kronis.

C. *Recommended Dietary Allowance (RDA)*

Recommended Dietary Allowance (RDA) adalah tingkat asupan gizi harian yang dianjurkan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi sebagian besar individu sehat dalam kelompok usia, jenis kelamin, dan kondisi fisiologis tertentu. RDA digunakan sebagai pedoman untuk merencanakan dan menilai asupan gizi yang memadai dalam makanan sehari-hari.

Recommended Dietary Allowance (RDA) di Indonesia lebih dikenal dengan Angka Kecukupan Gizi (AKG). AKG merujuk pada 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. Jenis zat gizi yang dianjurkan dalam AKG meliputi energi, protein, vitamin (A, D, E, K, B dan C) serta mineral (kalsium, fosfor, besi, zinc, yodium, dan selensium).

Tabel angka kecukupan gizi terbagi menjadi:

- I. Angka Kecukupan Energi, Protein, Lemak, Karbohidrat, Serat, dan Air yang Dianjurkan (Per Orang Per Hari)
- II. Angka Kecukupan Vitamin yang Dianjurkan (Per Orang Per Hari)
- III. Angka Kecukupan Mineral yang Dianjurkan (per orang per hari)

Berikut contoh penggunaan Angka Kecukupan Gizi untuk Menyusun Pedoman Konsumsi Pangan Konsumsi pangan penduduk Indonesia diarahkan untuk mengacu pada Pedoman Umum Gizi Seimbang. Prinsip dan tata cara penggunaan AKG untuk menyusun pedoman konsumsi pangan:

1. Menggunakan AKG per kelompok umur sesuai pengelompokan umur pada pedoman gizi seimbang.

2. Menerjemahkan jumlah energi dan zat gizi menggunakan Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) menjadi kuantitas pangan dalam satuan gram pangan untuk setiap kelompok pangan (makanan pokok, lauk pauk, sayur, buah dan air).
3. Menerjemahkan kuantitas gram masing-masing kelompok pangan menjadi satuan porsi atau ukuran-ukuran Rumah Tangga (URT).
4. Prinsip ini bisa dilakukan untuk setiap kelompok umur, dengan pembagian porsi sebagaimana contoh menu “isi piringku” pada Pedoman Umum Gizi Seimbang.

D. Adequate Intake (AI)

Adequate Intake (AI) adalah tingkat asupan gizi yang disarankan, yang didasarkan pada perkiraan atau pengamatan asupan nutrisi oleh kelompok orang yang sehat. AI digunakan ketika tidak ada cukup bukti ilmiah untuk menetapkan **Recommended Dietary Allowance (RDA)**. Dengan kata lain, AI adalah nilai yang digunakan sebagai pedoman sementara jika data ilmiah yang mendukung penentuan RDA belum memadai.

Perbedaan AI dengan RDA:

- a. **Data Pendukung:** RDA didasarkan pada data ilmiah yang kuat, sedangkan AI didasarkan pada bukti yang lebih terbatas.
- b. **Kepastian:** AI tidak seakurat RDA dalam menggambarkan tingkat asupan nutrisi yang benar-benar dibutuhkan oleh sebagian besar populasi. Namun, AI tetap digunakan sebagai pedoman terbaik yang tersedia dalam situasi di mana penelitian lebih lanjut masih diperlukan.

E. Tolerable Upper Intake Level (UL)

Tolerable Upper Intake Level (UL) adalah jumlah asupan harian tertinggi dari suatu nutrisi yang diperkirakan tidak menimbulkan efek samping berbahaya bagi sebagian besar orang dalam populasi. UL membantu mencegah konsumsi berlebih yang dapat menyebabkan risiko kesehatan, terutama bagi nutrisi yang bisa menimbulkan dampak negatif jika dikonsumsi dalam jumlah tinggi.

Karakteristik Utama Tolerable Upper Intake Level (UL):

1. **Asupan Maksimum yang Aman:** UL mencerminkan tingkat konsumsi tertinggi yang masih dianggap aman bagi kebanyakan individu. Melebihi batas UL untuk waktu yang lama dapat meningkatkan risiko efek samping atau toksisitas, tergantung pada nutrisi yang dikonsumsi.

2. **Populasi yang Beragam:** UL berbeda-beda untuk setiap kelompok umur, jenis kelamin, dan kondisi fisiologis, seperti kehamilan dan menyusui. Ini karena kebutuhan dan batas aman untuk asupan nutrisi dapat berbeda antar kelompok.
3. **Efek Jangka Panjang:** Nilai UL biasanya didasarkan pada risiko jangka panjang. Konsumsi jangka pendek yang melebihi UL mungkin tidak langsung menimbulkan dampak berbahaya, tetapi konsumsi yang berkelanjutan dalam jumlah yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko efek samping.
4. **Tidak Berlaku untuk Semua Nutrisi:** UL hanya ditetapkan untuk nutrisi yang memiliki potensi dampak buruk jika dikonsumsi berlebihan. Tidak semua nutrisi memiliki UL, terutama jika tidak ada bukti yang cukup bahwa asupan tinggi dari nutrisi tersebut bisa menyebabkan bahaya (contohnya sebagian besar protein dan karbohidrat).

Penting untuk memahami bahwa UL bukanlah jumlah nutrisi yang dianjurkan untuk dikonsumsi setiap hari, tetapi batas aman maksimum. Jumlah ideal yang dianjurkan untuk konsumsi harian adalah **Recommended Dietary Allowance (RDA)** atau **Adequate Intake (AI)**, tergantung pada ketersediaan data.

F. Estimated Average Requirement (EAR)

Estimated Average Requirement (EAR) adalah tingkat asupan gizi harian yang diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan 50% individu sehat dalam kelompok usia, jenis kelamin, dan kondisi fisiologis tertentu. EAR digunakan sebagai dasar dalam perencanaan gizi dan untuk menilai kecukupan asupan gizi suatu populasi, bukan individu. Ini merupakan komponen dari **Dietary Reference Intakes (DRI)** bersama dengan **Recommended Dietary Allowance (RDA)**, **Adequate Intake (AI)**, dan **Tolerable Upper Intake Level (UL)**.

Perbedaan EAR dengan RDA dan AI:

1. EAR dengan RDA: Sementara RDA ditujukan untuk mencakup 97-98% populasi, EAR hanya dirancang untuk memenuhi kebutuhan 50% individu dalam suatu kelompok. Dengan kata lain, RDA adalah jumlah yang dianjurkan untuk sebagian besar orang, sedangkan EAR adalah estimasi kebutuhan rata-rata.
2. EAR dengan AI : AI digunakan jika tidak ada cukup data ilmiah untuk menetapkan EAR. Sementara EAR didasarkan pada bukti yang lebih kuat, AI hanya merupakan perkiraan asupan yang memadai berdasarkan pengamatan.

Manfaat EAR yaitu:

1. **Menyusun Rekomendasi Gizi:** EAR memberikan dasar untuk menyusun panduan gizi nasional dan internasional, membantu memastikan bahwa kebijakan tersebut memenuhi kebutuhan sebagian besar populasi.

2. **Alat Evaluasi:** Dalam penelitian atau survei gizi, EAR digunakan untuk menentukan apakah individu atau kelompok mendapatkan cukup nutrisi. Jika asupan rata-rata lebih rendah dari EAR, maka risiko defisiensi nutrisi meningkat.

Secara keseluruhan, ***Estimated Average Requirement (EAR)*** adalah acuan penting dalam nutrisi untuk merencanakan, menilai, dan meneliti kebutuhan gizi populasi.

G. Latihan

1. Tingkat asupan gizi yang disarankan, yang didasarkan pada perkiraan atau pengamatan asupan nutrisi oleh kelompok orang yang sehat merupakan pengertian dari
 - a. AKG/Angka Kecukupan Gizi
 - b. DRI/*Dietary Reference Intakes*
 - c. RDA/ *Recommended Dietary Allowance*
 - d. AI/ *Adequate Intake*
 - e. UL/*Tolerable Upper Intake Level*
2. Tingkat asupan gizi harian yang dianjurkan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi sebagian besar individu sehat dalam kelompok usia, jenis kelamin, dan kondisi fisiologis tertentu merupakan pengertian dari
 - a. AKG/Angka Kecukupan Gizi
 - b. DRI/*Dietary Reference Intakes*
 - c. RDA/ *Recommended Dietary Allowance*
 - d. AI/ *Adequate Intake*
 - e. UL/*Tolerable Upper Intake Level*
3. 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. Merupakan pengertian dari:
 - a. AKG/Angka Kecukupan Gizi
 - b. DRI/*Dietary Reference Intakes*
 - c. RDA/ *Recommended Dietary Allowance*
 - d. AI/ *Adequate Intake*
 - e. UL/*Tolerable Upper Intake Level*

Kunci Jawaban:

1. D
2. C
3. A

H. Rangkuman Materi

Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang dianjurkan juga diterjemahkan menjadi RDA (*Recommended Dietary Allowance*). Amerika Serikat mulai tahun 1997 (IOM, 1997) menggunakan istilah *Dietary Reference Intake* (DRI). DRI terdiri dari empat angka, yaitu 1) kebutuhan gizi rata-rata (*Estimated Average Requirement*, EAR), 2) Konsumsi gizi yang dianjurkan (*Recommended Dietary Allowance*, RDA), 3) Kecukupan asupan gizi (*Adequate Intake*, AI) dan 4) Batas maksimum yang diperbolehkan (*Tolerable Upper Intake Level*, UL). Penggunaan masing-masing istilah tersebut berbeda tergantung konteks penerapannya.

I. Glosarium

AKG	: Angka Kecukupan Gizi
DRI	: <i>Dietary Reference Intakes</i>
RDA	: <i>Recommended Dietary Allowance</i>
AI	: <i>Adequate Intake</i>
UL	: <i>Tolerable Upper Intake Level</i>
EAR	: <i>Estimated Average Requirement</i>

J. Daftar Pustaka

- Dewi, N. T., Yunita, L., Sukanty, N. M. W., & Ariani, F. (2023). Edukasi Label Informasi Nilai Gizi Sebagai Upaya Peningkatan Pengetahuan dan Kemampuan Membaca Label Gizi Siswa di SMAN 5 Mataram. *Jurnal Mandala Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 246–252. <https://doi.org/10.35311/jmpm.v4i1.225>
- Gurnida, D. A., Nur'aeny, N., Hakim, D. D. L., Susilaningsih, F. S., Herawati, D. M. D., & Rosita, I. (2020). <p>Korelasi antara tingkat kecukupan gizi dengan indeks massa tubuh siswa sekolah dasar kelas 4, 5, dan 6</p><p>Correlation between nutritional adequacy levels with body mass index of elementary school students grades 4, 5, and 6</p>. *Padjadjaran Journal of Dental Researchers and Students*, 4(1), 43. <https://doi.org/10.24198/pjdrs.v4i1.25763>
- PERMEN KES RI. (2014). *PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 41 TAHUN 2014 TENTANG PEDOMAN GIZI SEIMBANG*. 1–203.
- PERMEN KES RI. (2019). *PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 28 TAHUN 2019 TENTANG ANGKA KECUKUPAN GIZI YANG DIANJURKAN UNTUK MASYARAKAT INDONESIA*.
- Pipit Mulyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, T. (2020). MODUL PELATIHAN PROSES ASUHAN GIZI TERSTANDAR (PAGT). In *Journal GEEJ* (Vol. 7, Issue 2).
- UNICEF. (2021). Program Gizi Remaja Aksi Bergizi: Dari Kabupaten Percontohan Menuju Perluasan Nasional. *Unicef*, 1–12. [https://www.unicef.org/indonesia/media/9246/file/Program Gizi Remaja Aksi Bergizi dari Kabupaten Percontohan menuju Perluasan Program.pdf](https://www.unicef.org/indonesia/media/9246/file/Program%20Gizi%20Remaja%20Aksi%20Bergizi%20dari%20Kabupaten%20Percontohan%20menuju%20Perluasan%20Program.pdf)
- Wulandari, R. C., & Muniroh, L. (2020). Hubungan Tingkat Kecukupan Gizi, Tingkat Pengetahuan Ibu, dan Tinggi Badan Orangtua dengan Stunting di Wilayah Kerja Puskesmas Tambak Wedi Surabaya. *Amerta Nutrition*, 4(2), 95. <https://doi.org/10.20473/amnt.v4i2.2020.95-102>

BAB 2

Golongan Pangan

Pendahuluan

Buku ini menjelaskan tentang Golongan Pangan yang berkaitan dengan makanan gizi seimbang. Gizi seimbang merupakan sekumpulan dari beberapa bahan pangan dalam proporsi dan jumlah sehingga dapat mencukupi kebutuhan gizi. Seseorang yang selalu memenuhi asupan makan dengan gizi seimbang dapat menjaga dan memperbaiki sel-sel yang ada dalam tubuh, terutama pada masa pertumbuhan dan perkembangan. Buku ini memuat pokok pembahasan tentang pengertian pangan, fungsi, jenis & golongan pangan, nilai gizi, Bagian Yang Dapat Dimakan (BDD), dan sumber rujukan bahan makanan dan nilai gizi. Tujuan pembahasan buku ini diharapkan mahasiswa mampu mengetahui fungsi, jenis, bagian yang dapat dimakan dan golongan pangan serta nilai gizi pada bahan makanan.

Tujuan Buku

Buku ini dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi secara ekstensif tentang golongan pangan, dari pengertian sampai pembagian golongan pangan dan nilai gizi pada bahan pangan, dengan adanya buku ini diharapkan pembaca bisa mendapatkan informasi dan pengetahuan yang ada di dalam buku ini.

Sasaran Pembaca

Mahasiswa gizi yang dapat memberikan mereka pengetahuan dasar dan lanjut tentang penggolongan bahan makan dan nilai gizi serta bekal untuk menempuh ke mata kuliah yang bersyarat pada semester selanjutnya seperti Gizi Dalam Daur Kehidupan (GDDK) dan Dietetika.

Metode Pembelajaran

Buku ini disusun dengan berbagai macam metode pembelajaran untuk memudahkan pembaca untuk memahami dan menerapkan tentang pengertian, fungsi dan jenis golongan pangan, serta nilai gizi, BDD, dan daftar bahan makanan penukar secara efektif. Metode yang digunakan dalam pembelajaran ini adalah:

1. Penjelasan teoritis

Setiap bab akan diawali dengan penjelasan teoritis yang akan menjelaskan dasar pengetahuan tentang konsep golongan pangan, nilai gizi, BDD dan daftar bahan makanan penukar

2. Panduan langkah-demi-langkah

Panduan ini tersusun dengan ilustrasi dan arahan yang terurai secara rinci untuk membantu pembaca dalam memahami materi yang ada.

3. Contoh kasus

Memudahkan pembaca untuk menganalisis dan memahami penerapan pada materi yang dipelajari

4. Latihan dan uji pemahaman

Buku ini menyediakan latihan untuk mengembangkan pemahaman yang ada pada materi yang dipelajari.

5. Referensi tambahan dan glosarium

Sumber-sumber yang bisa didapatkan oleh pembaca untuk bisa mengembangkan pemahaman pengetahuan yang lebih mendalam dari materi yang ada.

Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran

Tujuan Instruksional:

Menjelaskan, memahami dan menguasai konsep dasar dari golongan pangan, baik dari segi pengertian, fungsi, jenis, serta BDD dan daftar bahan makanan penukar.

Capaian Pembelajaran:

Mampu menjelaskan tentang konsep dasar golongan pangan dari segi pengertian, fungsi, dan jenis golongan pangan. Selain itu juga mampu menjelaskan nilai gizi serta BDD pada makanan serta menerapkan dan mengaplikasikan perhitungan dalam mencari BDD pada bahan makan. Menerapkan dan mengaplikasikan daftar bahan makanan untuk membuat perencanaan menu seseorang.

Uraian Materi

A. Pangan

Pangan mencakup pengertian yang sangat luas, berasal dari pangan pokok yang penting bagi kehidupan manusia yang sehat dan produktif (keseimbangan kalori, karbohidrat, protein, lemak, vitamin, serat, dan zat esensial lain) pangan juga berkaitan dengan hubungan kepentingan sosial dan budaya seperti untuk kebugaran, kesenangan, kecantikan dan sebagainya. Definisi pangan bukan hanya berarti pangan pokok dan beras, melainkan pangan yang terkait dengan berbagai hal lain. Pangan juga merupakan zat yang diperoleh dari air dan sumber hayati yang dikonsumsi manusia setiap hari dan merupakan kebutuhan pokok terpenting manusia.

Dalam UU Pangan yang baru yaitu UU No. 18 Tahun 2012 (Setneg, 2012) pengertian tentang pangan, lebih diperluas terutama ruang lingkup jenis pangannya. Dalam UU Pangan tersebut, pangan diartikan dengan segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati, produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, bahan baku pangan, termasuk bahan tambahan pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyimpanan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan dan minuman.

Pada UU tentang pangan terbaru, yaitu UU No. 18 Tahun 2012, menjelaskan bahwa pangan pokok adalah pangan yang diperuntukkan sebagai makanan utama sehari-hari sesuai dengan potensi sumber daya dan kearifan lokal. FAO (2010) mendefinisikan pangan pokok sebagai pangan yang dikonsumsi secara rutin pada kuantitas tertentu yang menjadi bagian dominan dalam pola makan dan merupakan sumber asupan energi dan gizi utama yang dibutuhkan. Pangan pokok memang tidak dapat memenuhi seluruh kebutuhan nutrisi karena tubuh membutuhkan variasi pangan lain.

Pengertian pangan menurut Encyclopaedia Britannica (2013) menjelaskan pada kandungan bahan pangan yang memberikan manfaat didalam tubuh misalnya memperbaiki kerusakan dan menjaga kelancaran fungsi vital, serta sebagai sumber energi dan pertumbuhan.

B. Fungsi, Jenis dan Golongan Pangan

1. Fungsi Pangan

Makanan dan minuman merupakan hal yang diperlukan oleh tubuh manusia untuk mempertahankan hidup yang lebih baik dan bermakna sehingga manusia dapat memiliki tubuh yang sehat. Tubuh yang sehat bisa diperoleh dengan kebiasaan konsumsi dari bahan makanan yang baik dan benar. Fungsi bahan pangan yang utama adalah sebagai berikut:

- a. *Primary Function* (Fungsi Primer) yaitu untuk mencukupi kebutuhan zat gizi dalam tubuh, yang sesuai dengan kegiatan fisik, berat badan, jenis kelamin, dan umur sesuai dengan dasar Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang sudah dianjurkan sehingga bisa mencapai tingkat kesehatan dan kebugaran yang optimal.
- b. *Secondary Function* (Fungsi Sekunder) yaitu apabila bahan pangan tersebut mempunyai cita rasa dan penampakan dari segi organoleptik yang dapat memenuhi daya terima konsumen baik dari penampilan, bentuk, selera dan cita rasa karena sebagian masyarakat masih belum bisa mempertimbangkan dalam memilih bahan pangan baik yang bergizi maupun yang tidak, begitu juga keamanan bahan pangan yang dikonsumsi.
- c. *Tertiary Function* (Fungsi tertier) yaitu bahan pangan tidak hanya dipilih dari penampilan dan cita rasa yang menarik serta kandungan gizi yang baik akan tetapi juga harus mempunyai fisiologis tertentu bagi tubuh, karena masyarakat semakin sadar bahwa kesehatan itu penting bagi tubuh dan kesehatan berkaitan dengan makanan yang dikonsumsi.

2. Jenis Pangan

Jenis pangan yang dikonsumsi sebenarnya ditentukan oleh beberapa faktor salah satunya pada jenis tanaman yang digunakan untuk penghasil bahan pangan pokok yang biasa ditanam oleh daerah tersebut dan sesuai dengan budaya setempat. Berdasarkan cara perolehannya menurut Saparianto (2006) pangan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

- a. Pangan yang belum mengalami pengolahan yang bisa menjadi bahan baku pengolahan pangan dan bisa juga dikonsumsi secara langsung biasanya sering disebut pangan segar atau dalam bentuk alaminya seperti buah dan sayuran.
- b. Pangan olahan yang sudah siap saji dimana merupakan hasil dari pangan olahan industri rumah tangga atau makanan dan minuman dari hasil pengolahan dengan cara metode tertentu dengan adanya bahan tambahan atau tidak adanya bahan tambahan sehingga mengubah bentuk alami

bahan pangan hal tersebut dinamakan pangan olahan seperti manisan buah, kue, makanan kaleng dan lain-lain.

- c. Pangan olahan yang ditujukan kepada kelompok tertentu dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dan memelihara Kesehatan dinamakan dengan pangan olahan tertentu, misalnya seperti pangan fungsional susu rendah lemak yang digunakan untuk orang menjalankan diet rendah lemak, dan ekstrak tanaman mahkota dewa yang digunakan untuk pasien diabetes mellitus.

Menurut Kemenkes (2017) berdasarkan komposisi bahan makanan pembentuk dibedakan menjadi makanan *single food* (makanan tunggal) dan *mixed food* (makanan campuran). *Single food* yang biasanya sering dijumpai dalam bentuk bahan makanan segar atau mentah dan hanya terdiri dari satu jenis bahan makanan, karena *single food* menggunakan pengolahan pemasakan sederhana yang tidak memiliki bahan makanan campuran lainnya (garam atau minyak) misalnya buncis rebus, dan singkong rebus. *Mixed food* merupakan makanan campuran yang memiliki beberapa kesulitan karena adanya penambahan bahan makanan lain serta harus memastikan berapa banyak bahan makanan yang harus ditambahkan walaupun dengan jumlah yang sedikit.

3. Pengolongan pangan

Penggolongan bahan pangan pada buku ini merujuk pada daftar Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) atau Daftar Komposisi bahan Makanan (DKBM), Daftar Bahan Makanan Penukar (DBMP) dan Daftar Kandungan Zat Gizi Bahan Makanan (DKGM) dilakukan oleh Harmonisasi ASEAN berdasarkan fungsi pangan, karakteristik, bagian, jenis bahan pangan.

a. TKPI atau DKBM

TKPI atau DKBM merupakan kumpulan komposisi dari berbagai jenis pangan baik produk olahan maupun bahan mentah yang ada di Indonesia yang disusun untuk mempermudah pengguna dalam menemukan data komposisi zat gizi makanan. Hal yang perlu diperhatikan dalam TKPI adalah komposisi zat gizi yang disajikan adalah 100 gram bahan yang dapat dimakan. Apabila kita tidak mengetahui BDD pada bahan makanan makan akan susah dalam melakukan perhitungan nilai zat gizi, karena pada bahan makanan tidak semua bisa dikonsumsi atau dimakan. Jumlah komponen zat gizi yang tercantum pada TKPI terdapat 21 jenis zat gizi seperti energi, protein, lemak karbohidrat, vitamin dan mineral. Apabila pada tabel TKPI tertulis angka "0" maka kandungan zat gizi pada bahan makanan tersebut tidak nilainya dan tidak

ada datanya atau tidak dianalisis. Pengelompokan bahan pangan menurut TKPI dikelompokkan menjadi 13 golongan yaitu:

- 1) Golongan Sereal dan hasil olahannya
- 2) Umbi dan hasil olahannya
- 3) Sayur dan hasil olahannya
- 4) Buah dan hasil olahannya
- 5) Daging, unggas dan hasil olahannya
- 6) Ikan kerrang, udang, dan hasil olahannya
- 7) Telur dan hasil olahannya
- 8) Susu dan hasil olahannya
- 9) Lemak dan minyak
- 10) Gula, sirup dan konfeksionen
- 11) Bumbu
- 12) Minuman

b. DBMP

DBMP adalah daftar yang disusun dengan rujukan data yang berasal dari TKPI dengan memuat daftar nama dan jumlah bahan makanan dalam satuan metrik (gram, liter, dan milliliter) yang setara dengan ukuran rumah tangga (sendok makan, sendok teh, gelas, ikat dan dan potong). Pengelompokan bahan pangan menurut DBMP dibagi menjadi 8 golongan bahan makanan yaitu:

- 1) Golongan I sumber karbohidrat
- 2) Golongan II sumber protein hewani
- 3) Golongan III sumber protein nabati
- 4) Golongan IV sayuran
- 5) Golongan V buah dan gula
- 6) Golongan VI susu
- 7) Golongan VII minyak atau lemak
- 8) Golongan VIII makanan tanpa kalori

Contoh bahan pangan yang terdapat pada DBMP berdasarkan golongan dan kandungan energi serta zat gizi dalam 1 satuan penukar:

- 1) Sumber karbohidrat dengan kebutuhan energi 175 kalori; protein 4 g; dan karbohidrat 40 g.

Nasi beras giling	: 100 g setara dengan $\frac{3}{4}$ gls
Roti putih	: 70 g setara dengan 3 iris
Singkong	: 120 g setara dengan 1 $\frac{1}{2}$ gls

2) Sumber protein hewani

- a) Sumber protein hewani rendah lemak mengandung kebutuhan energi 50 kalori; protein 7 g; dan lemak 2 g

Daging aya tanpa kulit	: 40 g setara dengan 1 ptg sedang
Daging asap	: 20 g setara dengan 1 lembar
Ikan kakap	: 35 g setara dengan 1/3 ekor bsr
Ikan lele	: 40 g setara dengan 1/2 ekor sdg
Putih telur ayam	: 65 g setara dengan 2 1/2 btr
Udang segar	: 35 g setara dengan 5 ekor sdg

- b) Sumber protein hewani lemak sedang mengandung kebutuhan energi 75 kalori; protein 7 g; lemak 5 g

Daging sapi	: 35 g setara dengan 1 ptg sdg
Daging kambing	: 40 g setara dengan 1 ptg sdg
Bakso	: 170 g setara dengan 10 bj sdg
Hati ayam	: 30 g setara dengan 1 bh sdg
Telur ayam	: 55 g setara dengan 1 btr

- c) Sumber protein hewani tinggi lemak mengandung kebutuhan energi 150 kalor; protein 7 g; lemak 13 g.

Bebek	: 45 g setara dengan 1 ptg sdg
Belut	: 45 g setara dengan 3 ekor kcl
Corned beef	: 45 g setara dengan 3 sdm
Daging ayam dengan kulit	: 40 g setara dengan 1 ptg sdg
Sosis	: 50 g setara dengan 1/2 ptg
Kuning telur ayam	: 45 gr setara dengan 4 btr

3) Sumber protein nabati mengandung tidak memiliki kandungan energi tetapi mengandung protein 5 g; lemak 3 g; dan karbohidrat 7g

Kacang hijau	: 20 g setara dengan 2 sdm
Kacang kedelai	: 25 g setara dengan 2 1/2 sdm
Kacang merah	: 20 g setara dengan 2 sdm
Kacang mete	: 15 g setara dengan 1 1/2 sdm
Kacang tanah	: 15 g setara dengan 2 sdm
Tahu	: 110 g setara dengan 1 bj bsr
Tempe	: 50 g setara dengan 2 ptg sdg
Oncom	: 40 g setara dengan 2 ptg kcl

- 4) Sayuran merupakan bahan pangan yang banyak mengandung vitamin dan mineral, terutama zat besi, zat kapur, fosfor, vitamin C, dan karoten. Satu penukar sayur dalam DBMP adalah 100 g sayuran

campur kurang lebih 1 gelas setelah dimasakan dan ditiriskan. Sayur pada daftar bahan penukar dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

- a) Sayuran A, merupakan sayuran yang memiliki kandungan kalori paling sedikit sehingga bisa bebas dikonsumsi. Sayur yang termasuk dalam golongan sayur tersebut adalah Balingo, Gambas, Jamur kuping segar, ketimun, labu air, selada air, tomat, lobak, lettuce, dan selada.
 - b) Sayuran B, merupakan sayuran yang memiliki kandungan dalam satuan penukar 100 g terdapat energi 25 kalori; protein 1 g. Sayuran yang termasuk dalam golongan sayur tersebut adalah cabe hujau besar, caisim, jagung muda, kol, brokoli, bayam, bit, buncis, cabe merah besar, daun bawang, tauge kacang hijau, kacang panjang, kapri muda, kecipir, kucai, labu siam, labu waluh, pare, rebung, wortel, daun bawang, daun kecipir, daun kemangi daun lobak, daun pakis, daun bluntas, daun lompong talas dan sawi.
 - c) Sayuran C, merupakan sayuran yang memiliki kandungan dalam satuan penukar 100 g terdapat energi 50 kalori; protein 3 g; dan karbohidrat 10 g. Sayuran yang termasuk dalam golongan sayur tersebut adalah daun tales, bayam merah, daun katuk, daun mlinjo, daun papaya, daun singkong, daun labu siam, mangkogan, daun tales, kacang kapri, kluwih mlinjo, Nangka muda dan taoge kacang kedele.
- 5) Buah-buahan dan gula merupakan bahan pangan yang banyak mengandung sumber vitamin B1, B6, dan vitamin C serta karoten dan juga merupakan sumber mineral. Penukar bahan makan untuk mengetahui berat bersih dari buah maka dilakukan dengan cara menimbang tanpa kulit dan biji. Pada buah memiliki satu satuan penukar mengandung energi 50 kalori dan karbohidrat 12 g.
- | | |
|-------------|---------------------------------|
| Anggur | : 165 g setara dengan 20 bh sdg |
| Apel merah | : 85 g setara dengan 1 bh kcl |
| Duku | : 80 g setara dengan 16 bh sdg |
| Jeruk manis | : 110 g setara dengan 2 bh sdg |
| Kedondong | : 120 g setara dengan 2 bh sdg |
| Rambutan | : 75 g setara dengan 8 bh |
| Gula | : 13 g setara dengan 1 sdm |
| Madu | : 15 g setara dengan 1 sdm |
- 6) Susu merupakan bahan pangan yang mengandung sumber protein, lemak, karbohidrat, dan vitamin terutama Niacin dan vitamin A serta

mineral zat kapur dan fosfor. Berdasarkan kandungan lemak, susu dibagi menjadi 3 macam yaitu:

- a) Susu tanpa lemak, bahan pangan yang mengandung energi 75 kalori; protein 7 g; dan karbohidrat 10 g.

Susu skim cair : 200 g setara dengan 1 gls
Tepung susu skim : 20 g setara dengan 4 sdm
Yoghurt non-fat : 120 g setara dengan 2/3 gls

- b) Susu lemak sedang, bahan pangan yang memiliki satu satuan penukar energi 125 kalori; protein 7 g; lemak 6 g; dan karbohidrat 10 g.

Keju : 35 g setara dengan 1 ptg kcl
Susu kambing : 165 g setara dengan $\frac{3}{4}$ gls
Susu kental tidak manis : 100 g setara dengan $\frac{1}{2}$ gls
Susu sapi : 200 g setara dengan 1 gls
Tepung susu asam : 35 g setara dengan 7sdm
Yoghurt susu penuh : 200 g setara dengan 1 glg

- c) Susu tinggi lemak, bahan pangan yang memiliki satu satuan penukar energi 150 kalori; protein 7 g; lemak 10 g; dan karbohidrat 10 g.

Susu kerbau : 100g setara dengan $\frac{1}{2}$ gls
Tepung susu penuh : 30 gr setara dengan 6 sdm

- 7) Minyak atau lemak, merupakan bahan pangan yang seluruhnya mengandung lemak. Bahan pangan minyak memiliki satu satuan penukar yang mengandung energi 50 kalori dan lemak 5 g. Golongan bahan pangan minyak atau lemak ini berdasarkan kandungan asam lemak dibagi menjadi 2 kelompok yaitu:

- a) Lemak tak jenuh

Alpukat : 60 g setara dengan $\frac{1}{2}$ bh bsr
Kacang almond : 25 g setara dengan 7 bj
Margarin jagung : 5 g setara dengan $\frac{1}{4}$ sdt
Minyak jagung : 5 g setara dengan 1 sdt
Minyak kacang kedele : 5 g setara dengan 1 sdt
Minyak zaitun : 5 g setara dengan 1 sdt

- b) Lemak jenuh

Mentega : 15 g setara dengan 1 sdm
Santan peras dengan air : 40 g setara dengan $\frac{1}{3}$ gls
Kelapa : 15 g setara dengan 1 ptg kcl
Keju krim : 15 g setara dengan 1 ptg kcl

Minyak kelapa : 5 g setara dengan 1 sdt

Minyak kelapa sawit : 5 g setara dengan 1 sdt

8) Makanan tanpa kalori, bahan pangan yang mempunyai kandungan energi kurang 20 kalori dan karbohidrat 5g pada satu satuan penukar. Bahan makanan tanpa kalori yang masuk dalam kategori bahan penukar ukuran rumah tangga sebaiknya dikonsumsi maksimal 3 penukar dalam sehari, dan konsumsi makanan tersebut dengan cara bertahap, karena apabila dikonsumsi sekaligus bisa meningkatkan kadar gula darah. Bahan makanan yang tidak masuk dalam kategori bahan penukar ukuran rumah tangga bebas untuk dikonsumsi. Bahan makanan yang masuk dalam kategori golongan makanan tanpa kalori adalah agar-agar, cuka, teh, jam, permen tanpa gula, kecap, dan jam (selai).

c. DKGM

DKGM merupakan kumpulan dari berbagai macam jenis kandungan zat gizi baik bahan olahan atau mentah, tetapi sebagian besar DKGM tersusun dalam bentuk bahan makanan mentah. DKGM memuat daftar kandungan zat gizi yang mencakup kebutuhan energi, zat gizi makro (protein, lemak dan karbohidrat) dan zat gizi mikro (vitamin dan mineral). DKGM berdasarkan penggunaannya dibagi menjadi 9 golongan yaitu sereal, umbi dan hasil olahannya; kacang-kacangan, biji-bijian dan hasil olahannya; daging dan hasil olahannya; telur dan hasil olahannya; ikan, kerang, udang dan hasil olahannya; sayuran dan hasil olahannya; buah-buahan; susu dan hasil olahannya; lemak dan minyak.

C. Nilai Gizi

Nilai gizi yang terdapat pada tabel komposisi bahan makan harus sesuai dengan kaidah-kaidah yang berlaku dan lengkap. Nilai gizi dilihat dari hasil estimasi nilai gizi yang berasal dari sumber publikasi baik yang belum dipublikasikan maupun yang sudah dipublikasikan, selain itu juga bisa didapatkan dari hasil *direct methods* (hasil analisis laboratorium secara langsung). Nilai gizi pangan berawal dari berbagai macam literatur, terkadang sukar untuk membedakan antara yang satu dengan yang lain. Menurut tabel komposisi pangan (2017) literatur nilai gizi yang terdapat pada komposisi bahan makan bermula dari:

1. Nilai gizi yang didapatkan oleh analisis laboratorium, metode analisis zat gizi yang dipakai adalah air (metode gravimetri dan pengeringan dalam oven); protein (kjeldahl); lemak (soxhlet); karbohidrat (perhitungan); serat pangan (enzimatik dan gravimetrik); abu (pemijaran); mineral (kalium, fosfor, besi, natrium, kalium,

tembaga, dan seng menggunakan metode AAS); Retinol dan B-karoten (HPLC); tiamin dan niasin (spektrofotometri); riboflavin (mikrobiologi); dan Vitamin C (titrasi).

2. Nilai gizi yang diperoleh dari hasil estimasi perhitungan, dengan Langkah pertama menyamakan jenis bahan pangan yang sama atau serupa terlebih dahulu dengan melihat literatur atau rujukan dari sumber lain, kemudian yang kedua menghitung nilai gizi berdasarkan berat kering.
3. Nilai gizi yang diperoleh dari table komposisi bahan pangan atau database gizi yang diperlukan untuk syarat rujukan sebagai *borrowed values* yang disesuaikan pada kadar air dan kandungan lemak pada bahan pangan.
4. Nilai gizi yang berasal dari regulasi, dimana nilai gizi diasumsikan memiliki kadar tertentu atau nol misalnya daging merupakan bahan pangan yang tidak memiliki kandungan serat maka bisa diasumsikan nilai serat pada daging adalah nol tanpa adanya pengecekan laboratorium untuk nilai serat.

D. BDD

BDD merupakan bahan pangan bisa dimakan Dimana sudah terpisah dengan bagian yang tidak bisa dimakan atau dikonsumsi seperti tulang, biji, sisik, kulit dan serat-serat yang terdapat pada bahan pangan yang tidak bisa dimakan. Daftar BDD pada bahan pangan sangat dibutuhkan untuk mempermudah dalam proses perhitungan kadar zat gizi makanan. Tabel komposisi bahan pangan jika memiliki BDD 100 % maka bahan makanan tersebut dapat dikonsumsi semua. Penggunaan persen BDD digunakan apabila melakukan pengumpulan data dengan memperkirakan berat makan secara langsung dari rumah tangga atau membeli maka perlu adanya perhitungan BDD apabila makanan tersebut masih ada bagian yang tidak dapat dimakan.

Langkah-langkah menghitung BDD yaitu dengan cara:

1. Menimbang berat bahan makanan secara utuh terlebih dahulu
2. Memisahkan terlebih dahulu bagian bahan yang tidak bisa dimakan
3. Membandingkan berat bahan yang bisa dikonsumsi dengan berat bahan utuh dalam satuan persen (%) dengan perhitungan rumus:

$$\text{BDD} = \text{Faktor Konversi BDD} \times \text{Berat Mentah (Berat kotor)}$$

Contoh Perhitungan:

1. Anak laki-laki tuan X suka mengonsumsi buah pepaya setiap hari untuk makan selingan, dalam sekali makan menghabiskan buah pepaya sebanyak 150 g hitunglah BDD buah pepaya yang bisa dimakan oleh anak tersebut.

Jawab:

Diketahui:

Berat kotor buah papaya 150 g

Lihat BDD buah papaya pada TKPI: 75%

BDD papaya: $(75/100) \times 150$: 112.5 g

2. Ibu N hari ini belanja kepasar untuk membeli ikan mas dipasar 1 ekor ikan mas memiliki berat 200 g. hitunglah BDD pada ikan emas yang akan dimasak untuk sarapan oleh ibu N

Jawab:

Diketahui:

Berat kotor ikan mas 1 ekor 200 g

Lihat BDD ikan mas pada TKPI 80%

BDD ikan mas: $(80/100) \times 200$: 160 g

E. Sumber Bahan Makanan dan Nilai Gizi

Sumber dalam bahan makanan pada penulisan TKPI mempunyai table kolom tersendiri yang mencatumkan sumber rujukan bahan pangan beserta nilai gizi. Sumber rujukan yang digunakan untuk imputasi nilai gizi berdasarkan kemenkes (2017) adalah:

1. Artikel ilmiah yang merupakan jurnal yang terindeks scopus atau terakreditasi karena untuk menetapkan kualitas tulisan komposisi pangan yang terbaik dan layak dikutip.
2. Laporan ilmiah (skripsi/thesis/disertasi) yang berhubungan dengan analisis komposisi pangan yang lengkap sehingga bisa dijadikan quality index.
3. Table komposisi makanan negara lain, diprioritaskan untuk negara yang mempunyai musim, dan keadaan tanah yang sama sehingga bisa mempengaruhi komponen zat gizi pada bahan makanan. Menurut pertemuan Harmonisasi *food composition* se-ASEAN (2015) tabel komposisi bahan makanan yang terbaik adalah ASEAN, 2012; Malaysia, 2011; Thailand, 2015; Vietnam 2007; Indonesia 2009; dan Pilipina 1997.

F. Latihan

Petunjuk Jawaban Latihan

Mahasiswa disarankan untuk mempelajari kembali materi tentang golongan supaya bisa mengerjakan soal dibawah ini.

Test

1. Bahan pangan tersebut mempunyai cita rasa dan penampakan dari segi organoleptik
 - a. *Combination Function*
 - b. *Secondary Function*
 - c. *Primary Function*
 - d. *Tertiary Function*
 - e. *Quarter Function*
2. Pengolahan pemasakan sederhana yang tidak memiliki bahan makanan campuran lainnya
 - a. *Single food*
 - b. Pangan olahan siap saji
 - c. Pangan olahan untuk kelompok tertentu
 - d. *mixed food*
 - e. Pangan musiman
3. Satu penukar bahan makanan yang mengandung 175 kalori dan 4 g protein dan 40 g karbohidrat adalah
 - a. Sumber susu
 - b. Sumber minyak
 - c. Sumber sayuran
 - d. Sumber karbohidrat
 - e. Sumber makanan tanpa kalori
4. Dalam prinsip isi piringku porsi sayuran 1/3 bagian dari piring sama dengan porsi nasi, berapa gram setiap 1 penukar sayuran jenis B?
 - a. 50 gram
 - b. 75 gram
 - c. 100 gram
 - d. 150 gram
 - e. 200 gram
5. Seorang perempuan memiliki kebiasaan konsumsi makan instan pagi ini, membuat sarapan bihun goreng 80 gr hitung berat bersih dari bihun goreng?
 - a. 100
 - b. 150
 - c. 80

- d. 75
 - e. 50
6. Ibu bekerja sebagai koki di sebuah restoran, menu utama restoran hari ini adalah olahan dari ikan gurame. Ibu mendapatkan tugas untuk memasak gurme goreng filet. Hitung berat bersih yang dapat dimakan pada ikan gurame?
- a. 400
 - b. 250
 - c. 80
 - d. 75
 - e. 50
7. Menyamakan jenis bahan pangan yang sama atau serupa terlebih dahulu dengan melihat literatur atau rujukan dari sumber lain adalah nilai gizi
- a. Berasal dari regulasi
 - b. Analisis laboratorium
 - c. Jenis bahan pangan
 - d. Tabel komposisi bahan
 - e. Hasil estimasi perhitungan
8. Kecap dan kopi merupakan jenis bahan pangan yang masuk pada golongan
- a. Sumber minyak
 - b. Sumber sayuran
 - c. Sumber karbohidrat
 - d. Sumber protein nabati minyak
 - e. Sumber makanan tanpa kalori
9. Bahan pangan tidak hanya dipilih dari penampilan dan cita rasa yang menarik serta kandungan gizi yang baik akan tetapi juga harus mempunyai fisiologis
- a. *Combination Function*
 - b. *Secondary Function*
 - c. *Primary Function*
 - d. *Tertiary Function*
 - e. *Quarter Function*
10. Satu penukar bahan makan sumber protein nabati memiliki kebutuhan energi 75 kalori, protien 5g, lemak 3g, dan karbohidrat 7g. Berapa gram tahu pada setiap 1 penukar protein
- a. 100 gram
 - b. 110 gram
 - c. 75 gram
 - d. 50 gram
 - e. 25 gram

Kunci Jawaban Test

1. B
2. A
3. D
4. C
5. C
6. A
7. E
8. E
9. D
10. B

G. Rangkuman Materi

Pangan merupakan pangan pokok yang penting bagi kehidupan manusia yang sehat dan produktif (keseimbangan kalori, karbohidrat, protein, lemak, vitamin, serat, dan zat esensial lain) pangan juga berkaitan dengan hubungan kepentingan sosial dan budaya seperti untuk kebugaran, kesenangan, kecantikan dan sebagainya. Fungsi bahan pangan yang utama adalah sebagai *Primary Function* (Fungsi Primer), *Secondary Function* (Fungsi Sekunder), dan *Tertiary Function* (Fungsi tertier). Berdasarkan komposisi bahan makanan pembentuk dibedakan menjadi makanan *single food* (makanan tunggal) dan *mixed food* (makanan campuran).

Penggolongan bahan pangan pada buku ini merujuk pada daftar Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) atau Daftar Komposisi bahan Makanan (DKBM), Daftar Bahan Makanan Penukar (DBMP) dan Daftar Kandungan Zat Gizi Bahan Makanan (DKGM) dilakukan oleh Harmonisasi ASEAN berdasarkan fungsi pangan, karakteristik, bagian, jenis bahan pangan.

Nilai gizi yang terdapat pada tabel komposisi bahan makan harus sesuai dengan kaidah-kaidah yang berlaku dan lengkap. Nilai gizi dilihat dari hasil estimasi nilai gizi yang berasal dari sumber publikasi baik yang belum dipublikasikan maupun yang sudah dipublikasikan, selain itu juga bisa didapatkan dari hasil *direct methods* (hasil analisis laboratorium secara langsung).

BDD merupakan bahan pangan bisa dimakan Dimana sudah terpisah dengan bagian yang tidak bisa dimakan atau dikonsumsi seperti tulang, biji, sisik, kulit dan serat-serat yang terdapat pada bahan pangan yang tidak bisa dimakan. Daftar BDD pada bahan pangan sangat dibutuhkan untuk mempermudah dalam proses perhitungan kadar zat gizi makanan. Sumber dalam bahan makanan pada penulisan TKPI mempunyai table kolom tersendiri yang yang mencatumkan sumber rujukan

bahan pangan beserta nilai gizi yang diambil dari artikel ilmiah, laporan ilmiah (skripsi/thesis/disertasi), tabel komposisi makanan negara lain

H. Glosarium

1. AAS : *Atomic Absorption Spectrophotometer*
2. BDD : Berat yang Dapat Dimakan
3. DBMP : Daftar Bahan Makanan Penukar
4. DKBM : Daftar Komposisi bahan Makanan
5. DKGM : Daftar Kandungan Zat Gizi Bahan Makanan
6. FAO : *Food and Agriculture Organization*
7. HPLC : *High Performance Liquid Chromatography*
8. TKPI : Tabel Komposisi Pangan Indonesia

I. Daftar Pustaka

- Damayanathi, Evy., Amalia, Leily. (2016). Buku Pegangan Ilmu Gizi Dasar. IPB Press; Bogor.
- Dwi A, Arie., Kurnia E, Rossa., Dzariyani L, Rizky., Hayudanti, Dewinta. (2021). Ilmu Gizi Dasar Buku Pembelajaran. CV. Sarnu Untung; Purwodadi..
- Encyclopaedia Britannica. (2013). The Definition of food <http://global.britannica.com/search?query=food>
- Fauzi, Moehammad., Kastaman, Roni., Pujiyanto,. (2019). Pemetaan Ketahanan Pangan Pada Badan Koordinasi Wilayah I Jawa Barat. Jurnal Industri Pertanian, 01(01),01-10. <http://jurnal.unpad.ac.id/justin>
- FAO. (2010). Agriculture and Consumer Protection. "Dimensions of Need - Staple Foods: What Do People Eat?. Diunduh tanggal 20 September 2024 dari <http://www.fao.org/>
- Kementerian kesehatan RI. (2018). Tabel Komposisi Pangan Indonesia. Kementerian kesehatan RI; Jakarta.
- Kementerian kesehatan RI. (2017). Pedoman Melengkapi Nilai Gizi Bahan Makanan Pada Tabel Komposisi Pangan Indonesia (Imputed and Borrowed Values). Kementerian kesehatan RI; Jakarta.
- Rahmi, Yosfi., Sari K, Titis. (2020). Ilmu Bahan Makan. UB Press; Malang.
- Widyaningsih, Tri D., Wijayanti, Novita., Nugrahini, Nur IP. (2017). Pangan Fungsional: Aspek Kesehatan, Evaluasi, dan Regulasi. UB Press; Malang.

BAB 3

Serat Pangan

Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, serat pangan telah menjadi topik penting dalam ilmu gizi, karena perannya yang sangat besar dalam menjaga kesehatan dan mencegah berbagai penyakit kronis seperti diabetes, penyakit jantung, dan gangguan pencernaan. Buku ajar, Ilmu Gizi: *Serat Pangan* disusun untuk menjawab kebutuhan informasi mengenai serat pangan secara mendalam dan ilmiah bagi mahasiswa gizi, tenaga kesehatan, serta individu yang ingin memahami pentingnya serat dalam pola makan sehat.

Penulis adalah tenaga profesional di bidang gizi dan kesehatan yang memiliki pengalaman akademik dan praktik dalam kajian ilmu gizi, khususnya dalam aspek serat pangan. Latar belakang akademis serta penelitian yang dilakukan oleh penulis dalam ilmu gizi membuat buku ini relevan dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Kredensial ini memberi dasar yang kuat bagi pembaca untuk mempercayai konten yang disajikan serta memahami implikasi dari serat pangan terhadap kesehatan.

Buku ini dirancang dengan tujuan untuk memberikan pemahaman menyeluruh tentang apa itu serat pangan, karakteristik, struktur dan klasifikasi serat, sumber-sumber serat yang dianjurkan, fungsi dan manfaat serat, mekanisme kerjanya di dalam tubuh, dan kebutuhan serat, hingga kaitannya terhadap kesehatan manusia. Kami berharap, setelah mempelajari buku ini, pembaca tidak hanya menguasai konsep dan fakta terkait serat pangan, tetapi juga mampu menerapkan pengetahuan ini dalam kehidupan sehari-hari untuk meningkatkan kesehatan diri sendiri dan orang di sekitar mereka.

Sasaran utama pembaca buku ini adalah mahasiswa jurusan gizi, profesional kesehatan, dan masyarakat umum yang memiliki minat dalam bidang ilmu gizi. Buku ini juga dapat digunakan sebagai referensi oleh pengajar dalam menyusun bahan ajar di kelas atau program pendidikan kesehatan lainnya.

Buku ini disusun dalam beberapa bab yang secara sistematis mengupas topik serat pangan mulai dari definisi dasar, jenis-jenis serat, peran fisiologis, sumber makanan, metabolisme di dalam tubuh, hingga dampaknya terhadap kesehatan. Dalam tiap bab, pembaca akan menemukan penjelasan teoritis yang diperkaya dengan

contoh dan ilustrasi gambar yang membuat materi lebih mudah dipahami. Untuk meningkatkan pemahaman, dilengkapi dengan soal latihan, dan contoh sebagai sumber daya tambahan bagi mereka yang ingin mendalami materi lebih jauh.

Pendekatan pembelajaran dalam buku ini berpusat pada metode interaktif dan aplikatif. Setiap materi didukung dengan ilustrasi, latihan soal, serta penugasan reflektif untuk memudahkan pembaca dalam menginternalisasi konsep dan menjadikannya bagian dari pemahaman yang berkelanjutan. Kami juga menyertakan panduan penggunaan agar pembaca dapat membaca dan belajar secara efektif: disarankan agar pembaca menyelesaikan setiap bab secara berurutan, mengerjakan latihan-latihan, serta mencatat poin-poin penting untuk meningkatkan daya ingat dan pemahaman.

Dengan mengikuti petunjuk dan mengerjakan latihan dalam buku ini, kami berharap para pembaca dapat menguasai dan memanfaatkan ilmu tentang serat pangan untuk mendukung kesehatan mereka, serta meningkatkan kompetensi dalam ilmu gizi secara menyeluruh. Selamat membaca dan belajar!

Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran

Tujuan Instruksional:

Buku ajar ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang serat pangan, sehingga pembelajar diharapkan dapat mencapai beberapa tujuan instruksional utama yang mencakup aspek pengetahuan, analisis, penerapan, dan evaluasi sebagai berikut:

1. Memahami Konsep dan Jenis Serat Pangan

- Pembelajar dapat mengidentifikasi dan menjelaskan berbagai jenis serat pangan, karakteristiknya, serta sumber makanan yang mengandung serat larut dan tidak larut.
- Pembelajar memahami mekanisme kerja serat dalam tubuh, mulai dari proses pencernaan hingga dampaknya terhadap sistem metabolisme dan kesehatan secara keseluruhan.

2. Menguasai Fungsi Fisiologis dan Manfaat Kesehatan Serat Pangan

- Pembelajar dapat menguraikan peran serat dalam menjaga kesehatan tubuh, khususnya dalam mencegah penyakit seperti diabetes, penyakit kardiovaskular, obesitas, imunitas dan gangguan pencernaan.
- Pembelajar mampu menjelaskan bagaimana serat pangan berfungsi dalam sistem tubuh dan mengapa konsumsi serat yang cukup penting dalam pola makan sehat.

3. Menganalisis Dampak Kekurangan dan Kelebihan Serat Pangan

- Pembelajar dapat menganalisis potensi risiko kesehatan yang mungkin timbul akibat kekurangan atau kelebihan asupan serat dalam diet sehari-hari.

- Pembelajar mampu mengevaluasi dampak jangka pendek dan jangka panjang dari pola konsumsi serat yang tidak seimbang.
- 4. Menerapkan Pengetahuan tentang Serat Pangan dalam Kehidupan Sehari-hari
 - Pembelajar dapat merancang pola makan yang memenuhi kebutuhan serat harian berdasarkan usia, jenis kelamin, dan kebutuhan individu.
 - Pembelajar dapat merekomendasikan sumber serat pangan yang bervariasi dan menjelaskan cara memasukkannya ke dalam pola makan yang seimbang.
- 5. Menilai dan Mengevaluasi Sumber Informasi dan Produk terkait Serat Pangan
 - Pembelajar dapat menilai keakuratan informasi terkait produk serat pangan yang beredar di pasaran.
 - Pembelajar mampu mengevaluasi keabsahan dan keandalan berbagai sumber informasi yang berhubungan dengan manfaat serat pangan.
- 6. Mengembangkan Kemampuan untuk Mengedukasi Orang Lain tentang Pentingnya Serat Pangan
 - Pembelajar dapat menyampaikan informasi tentang manfaat serat pangan kepada keluarga, rekan kerja, atau masyarakat umum dalam bahasa yang mudah dipahami.
 - Pembelajar mampu mengembangkan materi edukasi dan presentasi yang efektif untuk mempromosikan konsumsi serat yang cukup di berbagai kelompok usia dan populasi.

Dengan mencapai tujuan-tujuan instruksional ini, pembelajar diharapkan mampu mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan tentang serat pangan untuk mendukung kesehatan pribadi dan masyarakat, serta mampu memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kesadaran akan pentingnya pola makan sehat di kalangan masyarakat luas.

Capaian Pembelajaran:

Berikut adalah capaian pembelajaran spesifik yang diharapkan dari setiap bab dalam buku ajar ini. Capaian ini dirancang agar pembelajar dapat menguasai keterampilan dan pemahaman terperinci terkait serat pangan setelah mempelajari tiap topik.

Sub Bab 1: Definisi Serat Pangan

- Pembelajar dapat mendefinisikan serat pangan dan peran dasarnya dalam diet manusia.
- Pembelajar dapat mengidentifikasi sejarah penggunaan serat pangan dalam berbagai kebudayaan dan perkembangannya dalam ilmu gizi modern.
- Pembelajar mampu menjelaskan tujuan dan manfaat umum dari konsumsi serat pangan dalam konteks kesehatan masyarakat.

Sub Bab 2: Karakteristik Serat Pangan

- Pembelajaran dapat membedakan karakteristik serat pangan secara fungsional dan fisikokimia.
- Pembelajaran dapat mengidentifikasi serat pangan dari segi kelarutan, viskositas dan kemampuan fermentasi serta menjelaskan karakteristiknya yang membedakan.
- Pembelajaran mampu menganalisis bagaimana masing-masing jenis serat berinteraksi dengan tubuh dan berperan dalam kesehatan.

Sub Bab 3: Struktur dan Klasifikasi Serat

- Pembelajaran dapat membedakan Struktur dari masing-masing serat dan klasifikasi serat yang di dasarkan dengan kelarutan serat
- Pembelajaran mampu menganalisis bagaimana masing-masing jenis serat berinteraksi dengan tubuh dan berperan dalam kesehatan.

Sub Bab 4: Sumber Serat Pangan

- Pembelajaran dapat mengidentifikasi berbagai bahan makanan yang kaya akan serat, baik dari serat larut dan tidak larut.
- Pembelajaran dapat menyusun rencana makan harian yang mencukupi kebutuhan serat sesuai dengan standar gizi.

Sub Bab 5: Fungsi dan Manfaat Kesehatan Serat Pangan

- Pembelajaran mampu menjelaskan berbagai manfaat serat pangan dalam mencegah penyakit kardiovaskular, diabetes, obesitas, kanker, imunitas dan gangguan pencernaan.
- Pembelajaran dapat menghubungkan antara pola konsumsi serat yang cukup dengan peningkatan kualitas kesehatan jangka panjang.
- Pembelajaran dapat menilai berbagai studi ilmiah terkait manfaat kesehatan dari konsumsi serat yang memadai.

Sub Bab 6: Metabolisme Serat Pangan di dalam Tubuh

- Pembelajaran dapat menguraikan proses pencernaan dan penyerapan serat dalam sistem pencernaan manusia.
- Pembelajaran mampu menjelaskan mekanisme serat dalam mengatur metabolisme glukosa, lipid serta mengontrol rasa lapar dan kenyang dalam tubuh.

Sub Bab 7: Kebutuhan Serat Harian

- Pembelajaran dapat menjelaskan kebutuhan serat pangan harian berdasarkan usia, jenis kelamin, dan kondisi Kesehatan (hamil dan menyusui).
- Pembelajaran dapat menyesuaikan rekomendasi serat untuk kelompok usia khusus, seperti anak-anak, remaja, dewasa, dan lansia.
- Pembelajaran dapat memberikan rekomendasi konsumsi serat yang memadai untuk pasien dengan kondisi khusus, misalnya diabetes atau kanker kolo.

Sub Bab 8: Kaitan Serat Pangan dalam Pencegahan Penyakit

- Pembelajar dapat menjelaskan bagaimana konsumsi serat pangan membantu dalam pencegahan penyakit degeneratif.
- Pembelajar mampu mengevaluasi data epidemiologi yang mendukung hubungan antara serat pangan dan pencegahan penyakit tertentu.
- Pembelajar dapat memberikan saran dan rekomendasi kepada klien atau pasien terkait konsumsi serat untuk pencegahan penyakit.

Melalui pencapaian pembelajaran ini, pembelajar diharapkan mampu memahami dan mengaplikasikan ilmu tentang serat pangan secara menyeluruh dan praktis untuk mendukung kesehatan diri sendiri dan masyarakat, serta berkontribusi dalam pendidikan dan promosi kesehatan.

Uraian Materi

A. Konsep Dasar Serat Pangan

1. Definisi Serat Pangan: Serat pangan adalah kumpulan zat yang bervariasi dengan efek biologis yang berbeda-beda. Dalam konteks makanan, serat atau serat pangan adalah jenis karbohidrat yang biasanya ditemukan dalam tumbuhan dan bisa dikonsumsi. Sifatnya yang tidak dapat dicerna sepenuhnya serta tidak diserap di usus kecil manusia, namun dapat mengalami fermentasi sebagian atau sepenuhnya di usus besar. Serat pangan menjadi komponen nutrisi penting yang bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan secara keseluruhan.

2. Klasifikasi Serat Pangan:

- **Serat Larut:** Serat yang larut dalam air dan membentuk gel saat melalui usus, seperti pektin, beta-glukan, dan gum. Jenis serat ini dapat meningkatkan pertumbuhan mikrobioma usus dan produksi asam lemak rantai pendek (SCFA), yang menjaga integritas usus besar integritas kolon sehingga membantu mengontrol gula darah dan kolesterol.
- **Serat Tidak Larut:** Serat yang tidak larut dalam air dan berfungsi menambah massa pada feses, seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Ini penting untuk mencegah sembelit.

3. Sumber Serat Pangan dalam Kebutuhan Sehari-hari

Sumber Makanan Tinggi Serat:

- **Buah-buahan:** Apel, pisang, buah pir, alpukat, dan beri-berian.
- **Sayuran:** Wortel, brokoli, bayam, kale, dan kacang panjang.
- **Biji-Bijian Utuh:** Oat, gandum, barley, chia dan quinoa.
- **Kacang-kacangan dan Polong-polongan:** Kacang merah, kacang hitam, kacang polong, dan lentil.

4. Fungsi dan Manfaat Serat Pangan

Manfaat Terhadap Kesehatan Jantung:

- Serat pangan, terutama serat larut, memiliki peran dalam menurunkan kolesterol jahat (LDL) yang merupakan faktor risiko utama penyakit jantung. Studi menunjukkan bahwa konsumsi serat yang cukup membantu menjaga tekanan darah tetap normal dan meningkatkan kesehatan jantung.

Mengurangi Risiko Diabetes Tipe 2:

- Konsumsi serat dapat membantu mengontrol kadar gula darah dengan memperlambat penyerapan glukosa ke dalam aliran darah. Hal ini mengurangi risiko terjadinya lonjakan gula darah dan menurunkan risiko diabetes tipe 2.

Manajemen Berat Badan:

- Serat memberikan rasa kenyang yang lebih lama, membantu mengontrol nafsu makan, dan mengurangi keinginan untuk makan berlebihan. Ini bermanfaat dalam manajemen berat badan dan pencegahan obesitas.

5. Mekanisme Kerja Serat dalam Tubuh:

- **Penyerapan Nutrisi:** Serat pangan dapat memperlambat penyerapan gula, membantu mengontrol kadar glukosa darah, dan mengurangi risiko diabetes tipe 2.
- **Pengendalian Kolesterol:** Serat larut mengikat asam empedu di usus, yang membantu mengurangi kadar kolesterol darah.
- **Meningkatkan Kesehatan Saluran Pencernaan:** Serat tidak larut mempercepat waktu transit makanan dalam usus dan menambah massa pada feses, mencegah sembelit dan gangguan pencernaan.
- **Peran dalam Keseimbangan Mikrobiota Usus:** Beberapa jenis serat, seperti inulin dan oligosakarida, berperan sebagai prebiotik yang mendukung pertumbuhan bakteri baik di usus.

6. Pedoman dan Rekomendasi Konsumsi Serat**Kebutuhan Harian Serat Pangan:**

- Berdasarkan pedoman gizi, kebutuhan serat harian untuk orang dewasa sekitar 25-30 gram, yang dapat bervariasi berdasarkan usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan individu.

7. Kaitan Serat Pangan dalam Pencegahan Penyakit

- Serat pangan telah lama dikenal sebagai komponen penting dalam pola makan sehat yang memiliki peran dalam pencegahan berbagai penyakit. Secara umum, serat pangan membantu meningkatkan kesehatan pencernaan, mengendalikan kadar kolesterol, menjaga berat badan, dan mengontrol kadar gula darah.

Dengan pemahaman yang jelas dan komprehensif tentang definisi, klasifikasi, sumber, manfaat, serta aplikasi serat pangan untuk kesehatan, pembaca diharapkan dapat memahami dan menerapkan pola makan yang kaya serat dalam kehidupan sehari-hari. Setiap bagian dalam materi ini disusun dengan informasi yang detail namun mudah dipahami, sehingga pembaca dapat memperoleh gambaran yang utuh mengenai peran penting serat pangan bagi kesehatan tubuh.

B. Definisi Serat Pangan

Serat adalah karbohidrat dan molekul yang tidak dapat dipecah oleh enzim pencernaan. Serat memiliki manfaat kesehatan pada saluran pencernaan dengan berfungsi sebagai probiotik dan mengurangi risiko gangguan usus serta mendukung fungsi kekebalan tubuh dan kesehatan jantung. Dalam beberapa tahun terakhir, produsen makanan telah memperkuat makanan dengan serat seperti maltodekstrin resisten dan inulin untuk mendukung pencapaian tujuan asupan serat (Medeiros & Wildman, 2019)

Serat merupakan kumpulan zat yang bervariasi dengan efek biologis yang berbeda-beda. Dalam konteks makanan, serat atau serat pangan adalah jenis karbohidrat yang biasanya ditemukan dalam tumbuhan dan bisa dikonsumsi. Sifatnya yang tidak dapat dicerna sepenuhnya serta tidak diserap di usus kecil manusia, namun dapat mengalami fermentasi sebagian atau sepenuhnya di usus besar. Serat pangan menjadi komponen nutrisi penting yang bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan secara keseluruhan (O'Grady et al., 2019).

Serat makanan pada dasarnya sebagai karbohidrat dengan tiga atau lebih unit monomer, yang tidak dihidrolisis oleh enzim endogen usus kecil manusia, termasuk polisakarida nonpati alami dan oligosakarida yang ditemukan dalam makanan (misalnya, selulosa, hemiselulosa, gusi, dan lendir), diisolasi dari bahan baku makanan (misalnya, oligosakarida resisten, dekstrin, maltodekstrin dan pati, inulin, pektin, beta-glukan, psyllium, dan oligofruktan), dan bentuk sintetis (mis, metil selulosa) (Dreher, 2018).

The American Association of Cereal Chemists pada tahun 2001 (AACC, 2001), mendefinisikan serat makanan serat sebagai -bagian tanaman yang dapat dimakan atau karbohidrat analog yang tahan terhadap pencernaan dan penyerapan di usus kecil dengan fermentasi lengkap atau sebagian di usus besar. Serat makanan termasuk polisakarida, oligosakarida, lignin, dan zat-zat tanaman lain (Hong et al., 2012).

C. Karakteristik Serat Pangan

Karakteristik fungsional serat menurut (Gill et al., 2021) :

1. Ketersediaan Hayati Mikronutrien, serat makanan dapat mempengaruhi ketersediaan hayati zat gizi. Contohnya sereal yang mengandung serat makanan (seperti gandum) merupakan sumber penting zat besi *non-heme*.
2. Waktu Transit Usus, serat yang tidak larut dan tidak terfermentasi dengan baik memiliki efek yang lebih besar dalam mengurangi waktu transit usus pada individu sehat dan pada tingkat yang lebih rendah pada penderita sembelit, dibandingkan serat yang dapat difermentasi di usus besar.

3. Pembentukan Tinja, agar serat makanan dapat memberikan efek pada keluaran feses (yaitu frekuensi, konsistensi, dan berat), serat harus memiliki karakteristik fisik tertentu. Serat larut air dan serat tidak larut air dapat berkontribusi terhadap perbaikan konsistensi feses. Serat larut air yang tahan terhadap fermentasi dan membentuk zat viskoelastik di saluran pencernaan, berkontribusi melunakkan feses yang keras dan meningkatkan massa feses, sehingga lebih mudah dikeluarkan, selain itu juga membantu mengatasi diare dengan mengencangkan feses yang encer dan memperlambat waktu transit. Sedangkan serat tidak larut air dapat berkontribusi terhadap perbaikan konsistensi feses dan berat feses melalui stimulasi mekanis pada mukosa usus.
4. Spesifisitas Mikroba (*Prebiotic*), secara selektif merangsang aktivitas atau pertumbuhan bakteri yang dapat meningkatkan kesehatan di usus besar terutama *Lactobacillus* dan *Bifidobakteri*.

Karakteristik fisikokimia serat menurut (Gill et al., 2021) :

1. Kelarutan Serat (*Fibre Solubility*), mengacu pada sejauh mana serat makanan dapat larut dalam air. Tidak seperti serat tidak larut yang tetap berada sebagai partikel terpisah, serat larut memiliki afinitas yang tinggi terhadap air. Dalam kasus-kasus di mana kandungan serat makanan perlu dibagi menjadi fraksi serat larut dan tidak larut. Contoh polimer karbohidrat yang strukturnya memengaruhi kelarutannya adalah pati (amilosa dan amilopektin) dan selulosa. Yang pertama terdiri dari monomer α -glukosa dan yang kedua β -glukosa. Struktur sekunder yang saling berikatan menyebabkan pati menjadi larut (sebagian besar dicerna di usus kecil) dan selulosa menjadi tidak larut (dan karena itu diklasifikasikan sebagai serat makanan).
2. Viskositas Serat (*Fibre Viscosity*), tingkat hambatan untuk mengalir. Hal ini umumnya dikaitkan dengan serat makanan yang dapat larut (seperti gum, pektin, β -glukan, dan psyllium) dan berhubungan dengan kemampuan serat, ketika terhidrasi, untuk mengental dengan cara yang bergantung pada konsentrasi. Beberapa bentuk serat, seperti pektin, memiliki kapasitas untuk membentuk jaringan gel. Dalam saluran pencernaan, proses ini dapat dimulai di mulut dan berlanjut ke seluruh saluran pencernaan. Ada beberapa karakteristik fisikokimia yang berkontribusi terhadap potensi viskositas serat, termasuk panjang dan struktur polimer serta muatannya. Faktor-faktor ini mempengaruhi 'jenis' gel yang terbentuk dan konsentrasi kritis yang diperlukan untuk pembentukan gel viskoelastik. Contohnya termasuk polimer netral β -glukan, psyllium, dan guar galaktomanan, di mana secara umum semakin panjang polimer (yaitu, semakin

tinggi berat molekulnya), semakin besar keterikatan yang terjadi sehingga semakin rendah konsentrasi yang diperlukan untuk meningkatkan viskositas.

3. Kemampuan Fermentasi Serat (*Fibre Fermentability*), contoh serat yang dapat difermentasi termasuk fruktan tipe inulin, galakto-oligosakarida, dan pati resisten, Semua serat tumbuhan alami memiliki tingkat fermentabilitas tertentu, bahkan selulosa dan lignin (kemampuan fermentasi rendah), hanya serat seperti metil-selulosa yang sama sekali tidak dapat difermentasi.

Tabel 3.1 Karakteristik Fisikokimia Dari Serat Makanan

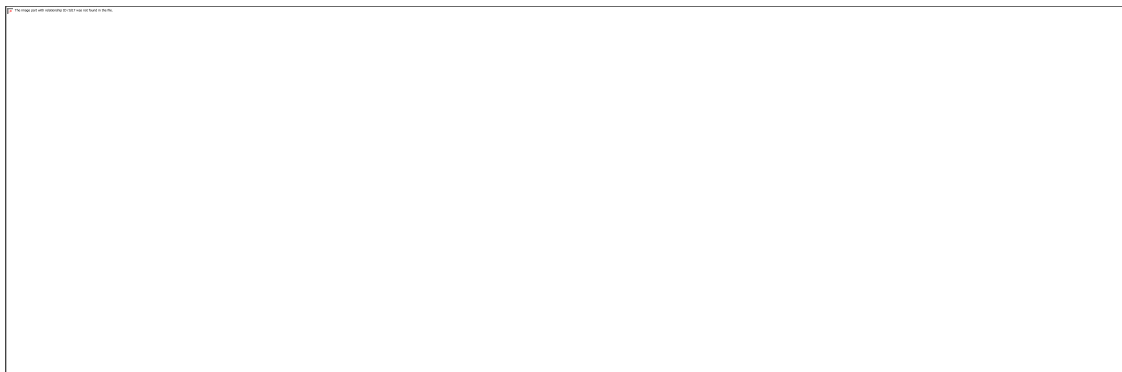
Tipe Serat	Karakteristik Fisikokimia		
	Solubility	Viscosity	Fermentability
Selulosa	Insoluble	Non-Viscous	Low
Lignin	Insoluble	Non-Viscous	Low
Arabinoxylans	Low to medium	Medium	High
β -Glucans	Low to medium	Medium to high	High
Pectins	High	Medium to high	High
Inulin	Medium to high	Low to high	High
Galacto- oligosaccharides	High	Low	High

Sumber : (Gill et al., 2021)

D. Struktur dan Klasifikasi Serat Pangan

Struktur serat pangan dalam Gropper et al 2018, *Advanced Nutrition and Human Metabolism*, 7th Edition.

1. Selulosa



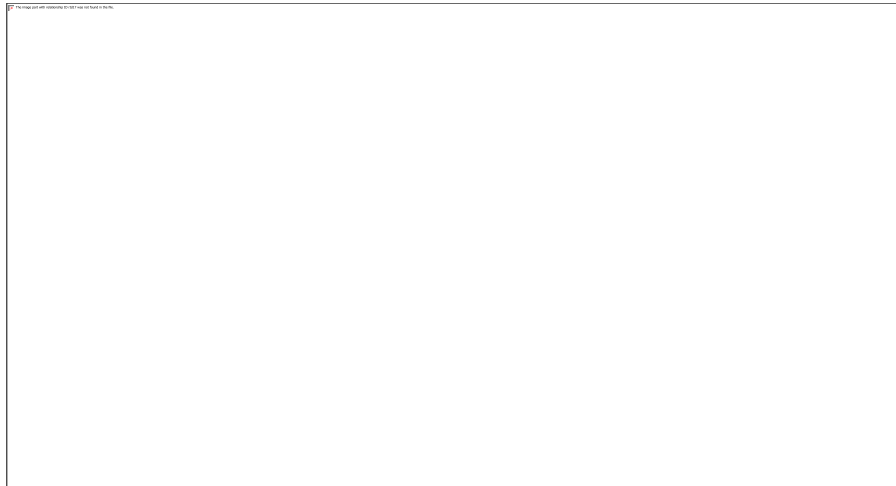
Gambar 3.1 Selulosa

Sumber: Gropper S. Sareen et al., 2018

Polimer linier yang panjang (zat dengan berat molekul tinggi yang terdiri dari rantai yang berulang) yang terdiri dari hingga 10.000 unit glukosa yang saling berikatan. Ikatan hidrogen antara residu gula dalam rantai selulosa yang berdekatan dan berjalan paralel memberikan struktur tiga dimensi pada selulosa. Sebagai molekul besar, linier, dan bermuatan netral, selulosa tidak larut dalam air, meskipun dapat dimodifikasi secara kimiawi (misalnya, karboksimetil selulosa,

metilselulosa, dan hidroksipropil metilselulosa) untuk digunakan sebagai bahan tambahan makanan dan bentuk yang dimodifikasi ini mungkin lebih mudah larut dalam air dan lebih mudah difermentasi oleh bakteri usus besar (Gropper S. Sareen et al., 2018).

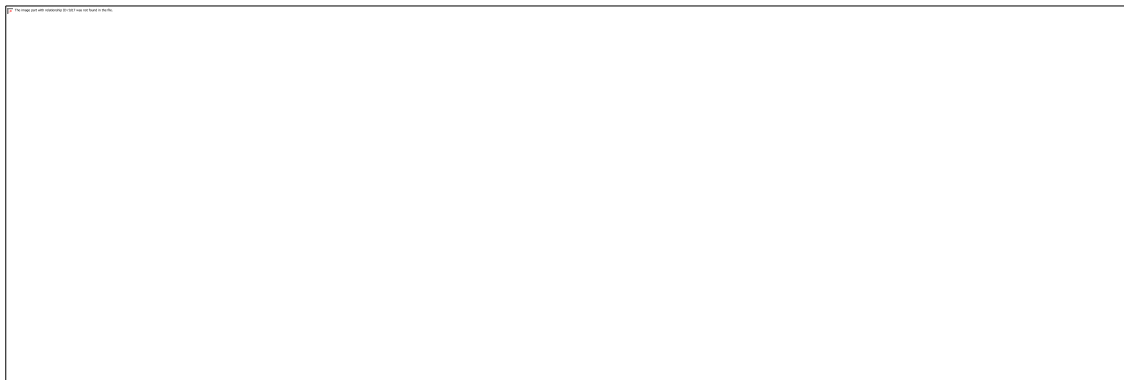
2. Hemiselulosa



Gambar 3.2 Hemiselulosa
Sumber: Gropper S. Sareen et al., 2018

Hemiselulosa, serat makanan lainnya, terdiri dari kelompok polisakarida yang heterogen. Polisakarida ini bervariasi di antara tanaman dan di dalam tanaman tergantung pada lokasinya. Salah satu contoh struktur hemiselulosa adalah unit D-xilopiranosida yang terhubung dengan β (1-4) dengan cabang-cabang asam uronat 4-O-metil D-glukopiranosida yang dihubungkan dengan ikatan (1-2) atau dengan cabang-cabang unit L-arabinofuranosil yang dihubungkan dengan ikatan (1-3) (Gropper S. Sareen et al., 2018)

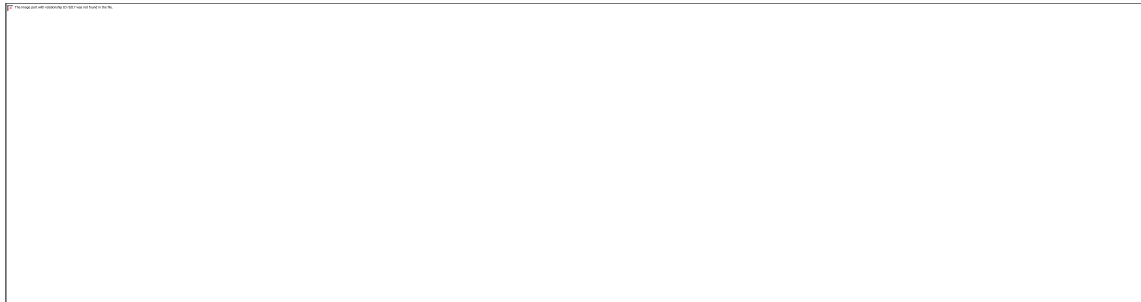
3. Pektin



Gambar 3.3 Pektin
Sumber: Gropper S. Sareen et al., 2018

Pektin, serat makanan dan fungsional, merupakan keluarga lain dari polisakarida heterogen yang ditemukan di dinding sel tanaman, daerah antar sel tanaman, dan di kulit luar serta kulit buah dan sayuran. Rantai pentosa (xilosa dan arabinosa) dan heksosa (galaktosa, rhamnosa, dan fukosa) melekat pada tulang punggung pektin (Gropper S. Sareen et al., 2018)

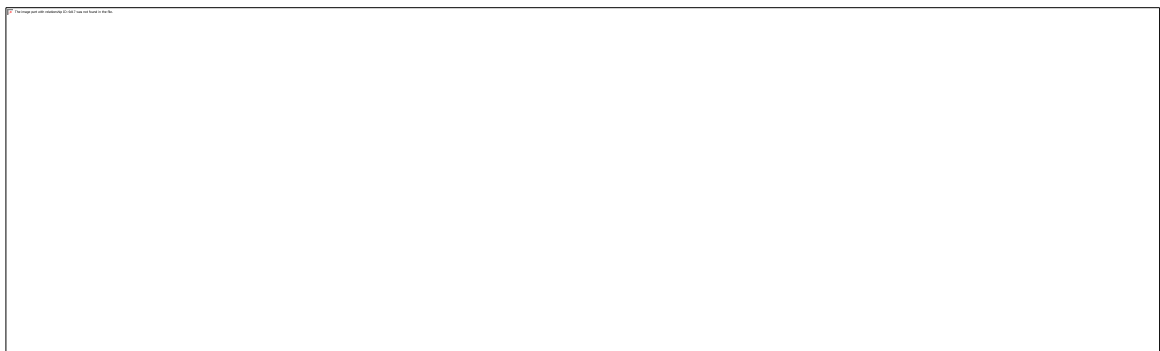
4. Phenol dalam Lignin



Gambar 3.4 Phenol dalam Lignin
Sumber: Gropper S. Sareen et al., 2018

Lignin adalah polimer yang sangat bercabang dari unit-unit fenol (dibandingkan gula) dengan ikatan intramolekul yang kuat. Fenol utama yang menyusun lignin termasuk trans-koniferil, trans-sinapil, dan trans-p-koumaril. Lignin tidak larut dalam air, memiliki daya ikat hidrofobik, dan umumnya tidak difermentasi oleh bakteri kolon (Gropper S. Sareen et al., 2018)

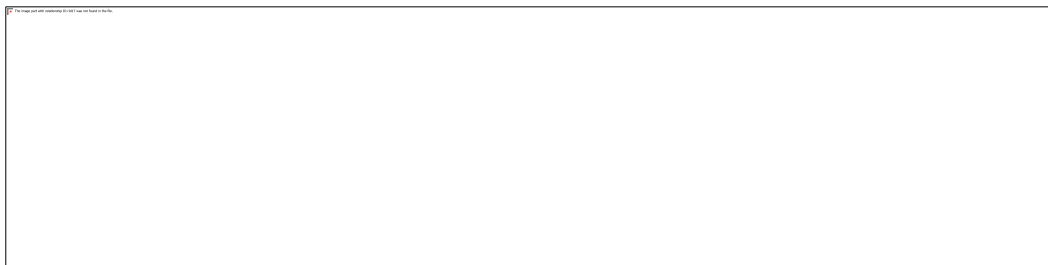
5. Gum



Gambar 3.5 Gum
Sumber: Gropper S. Sareen et al., 2018

Gum mengandung tulang punggung galaktosa utama yang digabungkan dengan ikatan β (1-3) dan ikatan β (1-6) dengan rantai samping galaktosa, arabinosa, rhamnosa, asam glukuronat, atau asam metilglukuronat (Gropper S. Sareen et al., 2018)

6. β -Glukan



Gambar 3.6 β -Glukan

Sumber: Gropper S. Sareen et al., 2018

β -Glukan merupakan homopolimer dari unit glukosa, tetapi ukurannya lebih kecil dan mengandung ikatan yang berbeda dari selulosa. β -glukan gandum terdiri dari rantai glukosa yang sebagian besar tergabung dalam ikatan β (1-4), tetapi juga beberapa ikatan β (1-3). β -glukan larut dalam air, dapat difermentasi dengan baik oleh bakteri kolon, dan membentuk gel kental di dalam saluran pencernaan (Gropper S. Sareen et al., 2018).

Pengklasifikasian serat didasarkan pada kelarutan serat/terfermentasi dengan baik dan ketidaklarutan serat/tidak terfermentasi, yaitu (Yusuf et al., 2022):

- a. Serat Larut, seperti β -Glukan, lendir, pektin, dan getah, adalah serat yang larut dalam air yang dihasilkan dari daging bagian dalam tanaman. Serat-serat ini menghasilkan gel lengket di dalam usus besar, di mana bakteri mencernanya menjadi gas dan produk sampingan seperti asam lemak rantai pendek (SCFA). Gandum, selai, buah-buahan, kacang polong, kacang-kacangan, polong-polongan lainnya, dan sebagian besar sayuran akar mengandung serat larut yang tinggi. Serat larut mudah dicerna dan dapat meningkatkan volume feses dengan mendukung pertumbuhan mikrobioma usus dan produk sampingannya yaitu asam lemak rantai pendek (SCFA), yang menjaga integritas usus besar dan memulai serangkaian efek menguntungkan lainnya. Kualitas-kualitas ini dapat membantu dalam tinja normalisasi dengan melunakkan tinja yang keras pada sembelit dan mengencangkan tinja yang encer atau diare.
- b. Serat tidak larut berasal dari kulit luar tanaman, tidak mudah difermentasi, tidak larut dalam air, dan dalam banyak kasus, tidak dapat difermentasi oleh bakteri di usus besar. Sebagai efeknya, serat ini membentuk sebagian besar feses dan membantu dalam proses laksasi. Sumber serat tidak larut termasuk selulosa yang ditemukan dalam kentang, dedak jagung, kulit sebagian besar buah-buahan, banyak sayuran hijau, dan beberapa tanaman buah. Biji-bijian utuh mengandung hemiselulosa, sedangkan kacang-kacangan dan biji-bijian

mengandung lignin. Serat tidak larut memiliki efek menggembungkan untuk meningkatkan massa feses, meredakan sembelit, dan meningkatkan keteraturan pencernaan. Peningkatan berat feses disebabkan oleh air yang tertahan di dalam matriks serat. Serat tidak larut juga terkait dengan pengurangan waktu transit usus, yang membantu menghindari dan meredakan sembelit.



Gambar 3.7 Klasifikasi Serat Makanan dan Sumber Makanan
Sumber: Yusuf et al., 2022

E. Sumber Serat

Tabel 3.2 Sumber Serat Dalam Makanan

Tipe Serat	Sumber
Serat Tidak Larut Air	
Selulosa	Semua makanan nabati, terutama dedak gandum, polong-polongan, kacang-kacangan, kacang polong, umbi-umbian (seperti wortel), sayuran dari keluarga kubis, seledri, brokoli, biji-bijian, dan apel
Hemiselulosa	Biji-bijian utuh, terutama dedak, kacang-kacangan, dan polong-polongan
Lignin	Biji-bijian utuh, terutama dedak gandum, umbi-umbian matang (seperti wortel), buah-buahan berbiji yang bisa dimakan (seperti stroberi), dan brokoli (terutama batangnya)
Serat Larut Air	
Pektin	Buah jeruk, stroberi, apel, raspberry, polong-polongan, kacang-kacangan, beberapa sayuran (seperti wortel), dan oat
Gum	Oatmeal, barley, dan kacang-kacangan
B-Glucan	Oat dan barley
Pati Resisten	Biji-bijian dan biji-bijian yang digiling Sebagian, pisang mentah (hijau), polong-polongan, kentang mentah, dan jagung tinggi amilosa, nasi, pasta, kentang matang dingin, dan jagung tinggi amilosa
Fruktan	Chicory, asparagus, bawang merah, bawang putih, artichoke, tomat, pisang, gandum hitam, dan barley
Kitosan, kitin	Cangkang kepiting, udang, dan lobster

Sumber: Gropper S. Sareen et al., 2018

Tabel 3.3 Kandungan Serat Larut dan Tidak Larut Dalam Bahan Makanan

Bahan Makanan	Total Serat (gr)	Serat Tidak Larut (gr)	Serat Larut (gr)
Dedak Gandum (1 Cangkir)	6.15	5.52	0.63
Brokoli (1 Cangkir)	2.8	1.4	1.4
Seledri (1 Batang)	0.29	0.19	0.10
Oatmeal (1 Cangkir)	4.00	2.15	1.85
Apel (1 Buah)	3.73	2.76	0.97
Wortel (1 Buah)	1.84	0.92	0.92
Plum (1 Buah)	0.99	0.46	0.53
Kacang Merah (1/2 Cangkir)	5.72	2.86	2.86
Kacang Hijau (1/2 Cangkir)	4.40	3.12	1.28

Sumber: Lori A. Smolin and Mary B. Grosvenor., 2011

E. Fungsi dan Manfaat Serat (Larut dan Tidak Larut)

Fungsi utama serat makanan mempengaruhi saluran pencernaan yaitu pada (Gidley and Yakubov, 2019) :

1. Tingkat pencernaan dan penyerapan nutrisi
2. Waktu tinggal dan laju perjalanan
3. Produk fermentasi dan populasi microbiota

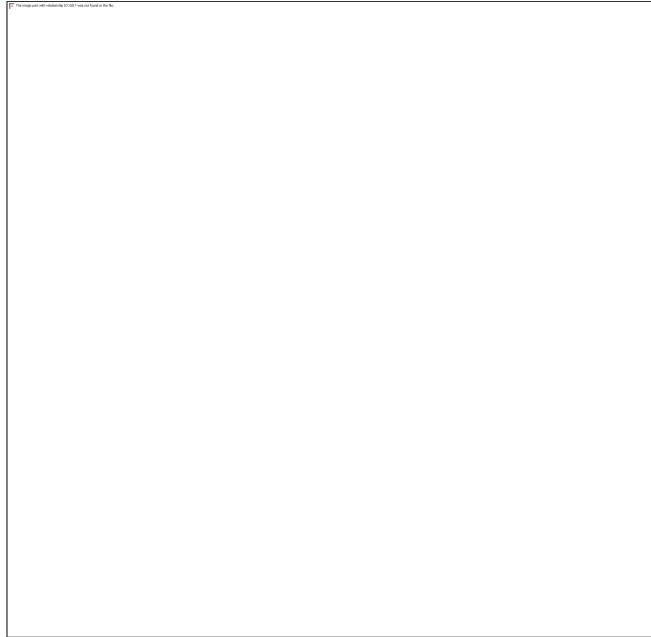
Tabel 3.4 Ringkasan Manfaat Serat Makanan Bagi Kesehatan

Efek	Manfaat Kesehatan
Metabolik	Peningkatan sensitivitas insulin (terutama serat tidak larut), penurunan risiko pengembangan T2D (terutama serat sereal dan biji-bijian), Peningkatan status glikemik dan profil lipid (terutama serat larut), penurunan berat badan dan adipositas perut
Mikroflora Usus	Kelangsungan hidup dan keanekaragaman mikroba usus, metabolit dari mikroflora usus (termasuk SCFA)
Kardiovaskular	Peradangan kronis, risiko kardiovaskular, kematian
Depresi	Peradangan kronis, mikrobiota usus
Gastrointestinal Terlokalisasi	Kesehatan dan integritas kolon, motilitas kolon, karsinoma kolorektal

SCFAs = Short Chain Fatty Acids (Asam Lemak Rantai Pendek);

T2D = Type 2 Diabetes Mellitus (Diabetes Melitus Tipe 2).

Sumber : (Barber et al., 2020)



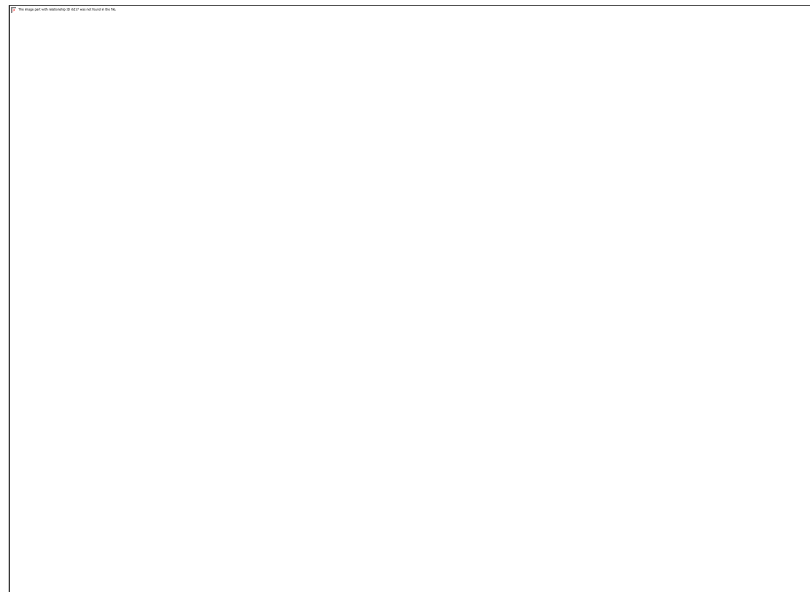
Gambar 3.8 Berbagai Manfaat Kesehatan dari Serat
Sumber: Kushwaha, 2019

1. Pengendalian glikemik diabetes

Pola makan tinggi serat merupakan komponen penting dalam penatalaksanaan diabetes yang dapat menghasilkan perbaikan dalam pengendalian glikemik, lipid darah, berat badan, dan peradangan. Terjadinya peningkatan yang lebih besar dalam kontrol glikemik (Reynold, 2020). Serat pangan mampu menyerap air dan mengikat glukosa, sehingga mengurangi ketersediaan glukosa. Diet cukup serat juga menyebabkan terjadinya kompleks karbohidrat dan serat, sehingga daya cerna karbohidrat berkurang. Keadaan tersebut mampu mengurangi kenaikan glukosa darah dan menjadikannya tetap terkontrol (Barber et al., 2020).

Makanan yang mengandung serat makanan serta konsumsi makanan utuh juga diyakini bermanfaat bagi pasien diabetes. Makanan utuh diproses atau dimurnikan secara minimal di mana sebagian besar bagian yang dapat dimakan dipertahankan dan penambahan zat aditif dan zat buatan lainnya dihindari. Makanan utuh termasuk sereal, buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan dan lain-lain. Kacang-kacangan utuh merupakan sumber karbohidrat dengan indeks glikemik rendah yang baik dan mengandung 4% hingga 7% serat makanan. Sayuran juga rendah gula dan mengandung serat yang baik yang dapat membantu mencegah kenaikan kadar glukosa darah secara tiba-tiba saat dikonsumsi bersama makanan. Dari pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa ada hubungan positif antara asupan serat makanan dengan pencegahan

dan pengendalian diabetes, yang mekanismenya dirangkum dalam gambar dibawah ini (Shafiq Qadri, 2017).



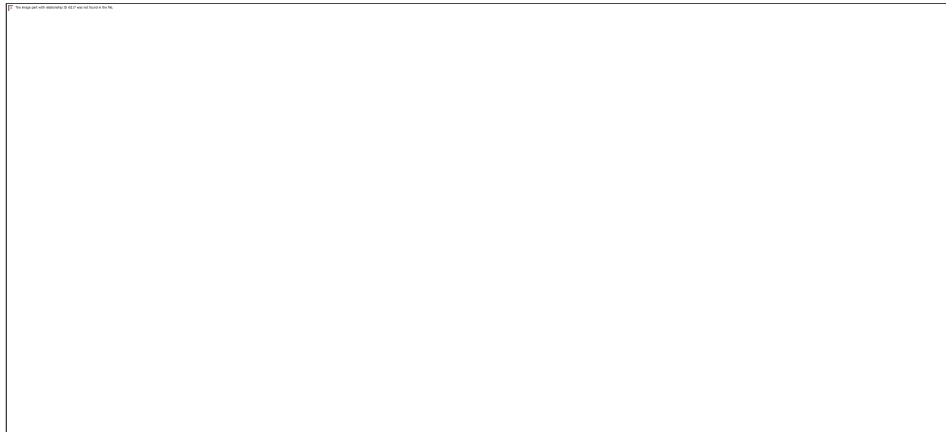
**Gambar 3.9 Mekanisme Pencegahan Kadar Glukosa
Secara Tiba-Tiba Dengan Diet Tinggi Serat
Sumber: Shafiq Qadri, 2017**

2. Penyakit Kardiovaskuler

Serat dapat bermanfaat sebagai perubahan pola makan dalam menurunkan kadar kolesterol dalam plasma darah sehingga akan mengurangi atau mencegah resiko penyakit kardiovaskuler (Soliman, 2019). Penyakit kardiovaskular, seperti penyakit jantung koroner (PJK), stroke, dan hipertensi, merupakan penyakit yang dipengaruhi oleh gaya hidup seperti aktivitas fisik, merokok, minum minuman keras, dan juga pola makan. Asupan serat makanan dalam makanan berhubungan dengan tingkat kejadian stroke dan penyakit jantung koroner yang jauh lebih rendah; faktor risiko utama, seperti diabetes, hipertensi, dan obesitas. Sebuah penelitian mengungkapkan bahwa memiliki tingkat konsumsi serat tertinggi menunjukkan risiko 29% lebih rendah untuk PJK dibandingkan orang dengan asupan terendah (Kushwaha, 2019)

Di Amerika Serikat, CVD mempengaruhi sekitar 25% orang dewasa dan PJK merupakan penyebab utama kematian di Amerika Serikat. Asupan serat makanan yang lebih tinggi menunjukkan penurunan yang luas pada tingkat penyakit kardiovaskular dan insiden faktor risiko CVD yang lebih rendah. Banyak penelitian juga mendukung hubungan yang berlawanan antara serat makanan dan risiko penyakit jantung koroner, tetapi, baru-baru ini banyak penelitian telah

menunjukkan fakta yang menarik bahwa setiap 10 g serat makanan ekstra menurunkan 17-35% risiko kematian PJK (Kushwaha, 2019)



Gambar 3.10 Serat Makanan yang bekerja melalui Mikrobiota Usus dan menurunkan Tekanan Darah
Sumber: C. Xu & Marques, 2022

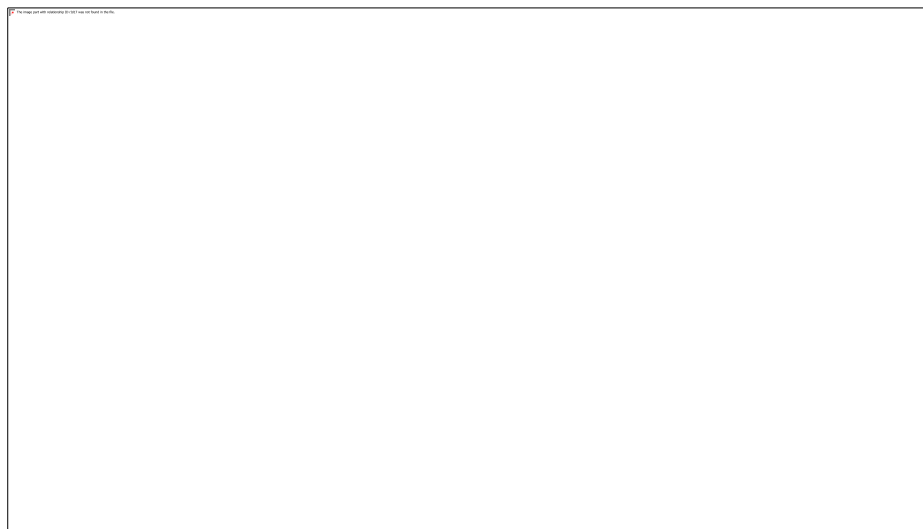
Diet tinggi serat dikaitkan dengan tekanan darah yang rendah (BP) dan menurunkan risiko penyakit kardiovaskular (CVD). Serat mencapai usus besar secara utuh, karena serat tidak dapat dicerna atau diserap di saluran pencernaan bagian atas. Di dalam usus besar, mikrobiota usus menggunakannya sebagai sumber bahan bakar dan menghasilkan asam lemak rantai pendek (SCFA) sebagai produk sampingan. Metabolit mikroba ini memiliki rute yang berbeda untuk melintasi epitel usus: mengikat reseptor G protein-coupled receptor (GPCR), melalui transporter seperti MCT1 atau SMCT1, atau difusi pasif. SCFA menjadi intraseluler atau tersedia dalam sirkulasi, terutama asetat, yang melaluinya mereka berkomunikasi dengan organ distal dan memberikan efeknya. SCFA ini berperan dalam menurunkan tekanan darah dengan cara memengaruhi jalur sinyal yang mengatur pembuluh darah. Selain itu, SCFA dapat meningkatkan integritas dinding usus dan mengurangi peradangan sistemik, yang berkontribusi pada pencegahan penyakit kardiovaskular. (C. Xu & Marques, 2022)

3. Mengontrol berat badan atau kegemukan (obesitas)

Serat larut air (soluble fiber), seperti pektin serta beberapa hemiselulosa mempunyai kemampuan menahan air dan dapat membentuk cairan kental dalam saluran pencernaan. Sehingga makanan kaya akan serat, membutuhkan waktu cerna lebih lama didalam lambung, kemudian serat akan menarik air dan memberi rasa kenyang lebih lama sehingga mencegah untuk mengkonsumsi makanan lebih banyak. Makanan dengan kandungan serat kasar yang tinggi

biasanya mengandung kalori rendah, serta kadar gula dan lemak yang rendah sehingga bisa membantu mengurangi terjadinya obesitas (Barber et al., 2020).

Meningkatkan konsumsi serat makanan dapat mengurangi penyerapan energi dengan metode mengencerkan ketersediaan energi dari makanan sambil mempertahankan nutrisi penting lainnya. Kemampuan manajemen berat badan dari serat makanan dapat dicapai dengan berbagai faktor seperti dapat mengurangi asupan energi dan energi yang dapat dimetabolisme oleh tubuh; fermentasi serat larut dalam usus besar menghasilkan peptida seperti glukagon (GLP-1) dan peptida YY (PYY), yang berperan dalam menimbulkan rasa kenyang. Serat larut dan tidak larut dapat membantu menurunkan berat badan (Kushwaha, 2019)



Gambar 3.11 Mekanisme Kerja Serat Dapat Memengaruhi Berat Badan dan Penyakit Kronis

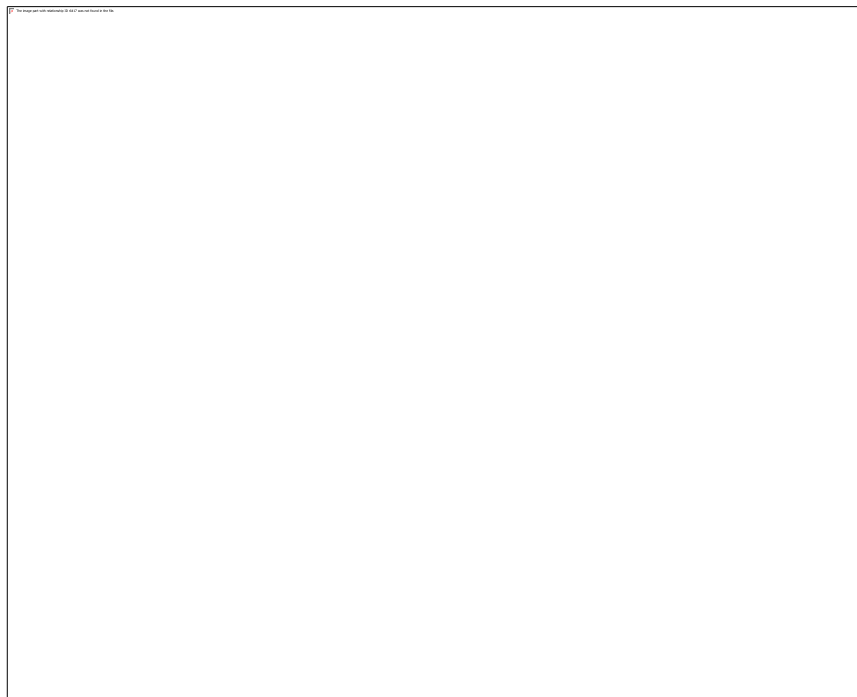
Sumber: Bozzetto et al., 2018

Serat makanan bekerja melalui mekanisme patofisiologis yang berbeda yang melibatkan berbagai tempat kerja yang berbeda. Secara khusus, serat makanan meningkatkan rasa kenyang melalui efek yang berbeda pada tingkat saluran pencernaan, berkontribusi untuk mengganggu mekanisme yang mengarah pada keseimbangan energi positif. Jalur lain yang relevan adalah produksi SCFA, yang memperbaiki jaringan adiposa dan resistensi insulin hati yang bekerja pada jalur metabolik utama yang menjadi awal mula patogenesis semua risiko kardiovaskular terkait obesitas (Bozzetto et al., 2018). Masing-masing efek ini secara berbeda mempengaruhi hasil kesehatan kardiometabolik. Namun, pluralitas efek dan fungsi ini menunjukkan bahwa pendekatan diet termasuk makanan yang mengandung semua jenis serat akan cocok untuk mencegah dan mengobati obesitas dan gangguan terkait secara global (Bozzetto et al., 2018).

Meskipun banyak penelitian nutrisi yang dilaporkan di atas dirancang untuk menurunkan berat badan, efek menguntungkan dari serat juga diamati dalam kondisi isokalori atau pada individu dengan berat badan normal. Hal ini menunjukkan bahwa serat dapat bekerja pada gangguan metabolisme secara independen dari efek penurunan berat badan. Oleh karena itu, pendekatan diet isokalori di mana makanan yang kaya akan asam lemak jenuh dan gula sederhana diganti dengan makanan kaya serat cocok untuk mengelola risiko kardiometabolik pada individu yang mengalami obesitas dan tidak patuh terhadap program diet yang dibatasi kalori. Selain itu, makanan kaya serat juga kaya akan komponen bermanfaat lainnya, seperti polifenol, yang dapat berkontribusi pada efek menguntungkan yang diamati pada faktor risiko kardiovaskular individu (Bozzetto et al., 2018).

4. Mencegah Gangguan Gastrointestinal (Pencernaan)

Konsumsi serat pangan yang cukup, akan memberi bentuk, meningkatkan air dalam feses yang menghasilkan feces yang lembut dan tidak keras sehingga hanya dengan kontraksi otot yang rendah feces dapat dikeluarkan dengan lancar. Hal ini berdampak pada fungsi pencernaan lebih baik dan sehat (Barber et al., 2020).



Gambar 3.12 Hubungan kompleks antara asupan serat pangan, saluran pencernaan, dan metabolisme tubuh melibatkan berbagai faktor

Sumber: Müller et al., 2018

Serat yang kental dapat meningkatkan laju pengosongan lambung, mungkin menghambat penyerapan nutrisi, dan berkontribusi pada fermentasi asam lemak rantai pendek (SCFA). Efek ini dapat menyebabkan penurunan penampilan glukosa postprandial dan peningkatan pelepasan hormon incretin dan hormon penginduksi kenyang (GLP-1/Peptida mirip Glukagon, PYY/Peptida YY), yang mungkin memengaruhi asupan energi dan metabolisme jaringan perifer. Prebiotik mengatur komposisi mikrobiota dan produksi SCFA, dengan demikian memengaruhi homeostasis energi dan sensitivitas insulin. Serat tidak larut paling efektif dalam meningkatkan waktu transit kolon, sehingga mungkin memengaruhi komposisi mikrobiota, dan sebaliknya metabolit mikroba dapat merangsang motilitas kolon. Garis solid menunjukkan efek serat pangan yang telah banyak diteliti, sedangkan garis putus-putus menunjukkan temuan yang lebih kontroversial (Müller et al., 2018).

5. Mencegah Kanker Kolon (Usus Besar)

Penyebab kanker usus besar diduga karena adanya kontak antara sel-sel dalam usus besar dengan senyawa karsinogen dalam konsentrasi tinggi serta dalam waktu yang lebih lama. Beberapa hipotesis dikemukakan mengenai mekanisme serat pangan dalam mencegah kanker usus besar yaitu konsumsi serat pangan tinggi maka akan mengurangi waktu transit makanan dalam usus lebih pendek, serat pangan mempengaruhi mikroflora usus sehingga senyawa karsinogen tidak terbentuk, serat pangan bersifat mengikat air sehingga konsentrasi senyawa karsinogen menjadi lebih rendah (Barber et al., 2020)

Manusia dan mikrobiota usus hidup berdampingan secara mutualis, tetapi hubungan ini dapat menjadi patologis dalam beberapa kasus, seperti obesitas, diabetes, aterosklerosis, penyakit radang usus (IBD), dan kanker. CRC (*Colorectal Cancer*) diduga terkait dengan peradangan lokal. Meskipun peradangan tidak dapat memulai onkogenesis dengan sendirinya, peradangan dianggap sebagai kontributor penting. Penelitian sebelumnya telah mengungkapkan bahwa peradangan usus dan onkogenesis CRC dapat dimodulasi oleh makanan, mikrobiota usus, dan lingkungan usus, dan variabel-variabel ini dapat menjadi variabel yang dapat disesuaikan dalam memodifikasi hasil CRC. SCFA adalah metabolit berguna yang diproduksi di bawah aksi biota lokal yang memfermentasi serat dan pati yang tidak dapat dicerna lainnya saat mereka berpindah dari usus kecil ke usus besar. SCFA ini, pada gilirannya, memiliki sifat antineoplastik, anti-inflamasi, dan fisiologis (Biswas et al., 2022).



Gambar 3.13 Peran kunci serat makanan tinggi dan rendah pada mikrobiota usus, keanekaragaman, dan fungsi pada kesehatan inang: aksi serat makanan pada perkembangan kanker usus besar terjadi, asupan serat makanan yang tinggi akan berubah menjadi SCFA, seperti propio

Sumber: Biswas et al., 2022

6. Fermentasi Kolon

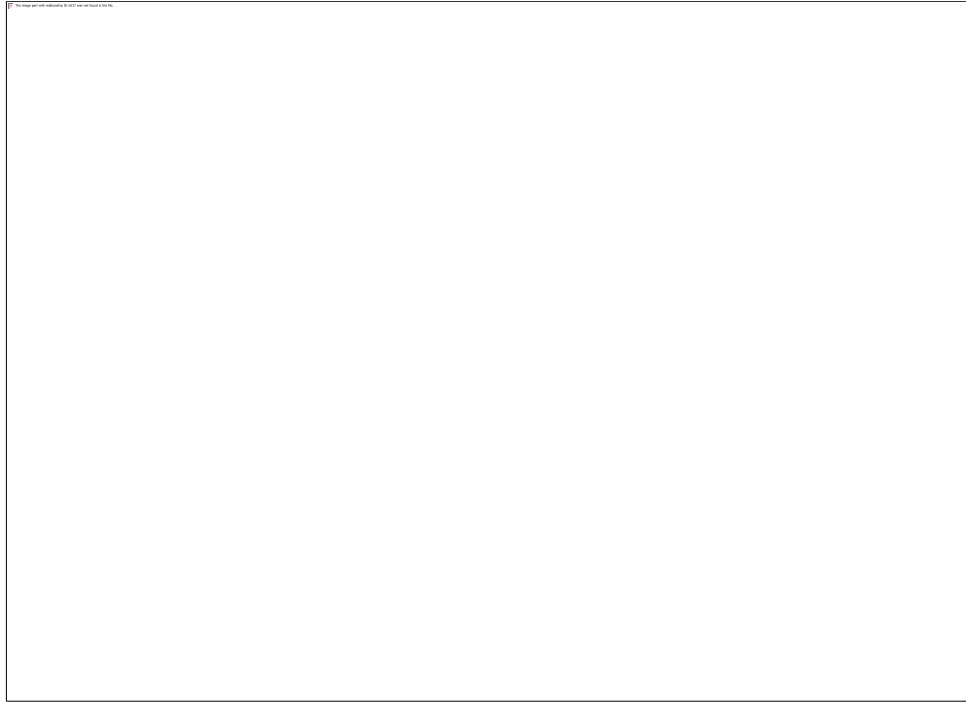
Fermentasi terjadi pada semua serat makanan pada tingkat yang sama, tetapi serat makanan yang larut lebih mudah difermentasi. Di dalam usus besar, serat-serat ini meningkatkan massa bakteri dan beberapa di antaranya bertindak sebagai prebiotik yang mengembangkan bakteri yang meningkatkan kesehatan seperti *Lactobacillus* dan *bifidobacteria*. Fermentabilitas serat makanan juga memainkan peran yang sangat penting dalam mengurangi risiko diabetes. Serat larut biasanya menghambat pengosongan lambung dan juga memperlambat transit makanan di seluruh usus kecil. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa suplementasi pektin secara oral pada bayi dan anak-anak yang mengalami diare menunjukkan efek positif dan mengurangi infeksi usus akut. Para peneliti juga menyarankan bahwa konsumsi serat makanan dapat mengurangi terjadinya penyakit tukak lambung, hernia hiatus dan penyakit refluks gastroesofagus (GERD), radang usus buntu, penyakit kandung empedu, kanker kolorektal, wasir, dan penyakit diverticular (Kushwaha, 2019).



Gambar 3.14 Efek dari fermentasi kolon terhadap serat makanan
Sumber: Omer & Atassi, 2017.

Mikrobiota usus terhadap metabolisme energi dan homeostasis energi terlibat dalam metabolisme karbohidrat dan penyimpanan. Metabolisme energi adalah penentu utama habitus tubuh. Dengan konsumsi serat makanan, fermentasi bakteri dan degradasi dari serat didapatkan, menghasilkan oligosakarida dan monosakarida. Monosakarida yang berasal dari fermentasi ini dianggap sebagai energi berlebih karena manusia tidak memiliki jalur metabolisme untuk mencerna serat kompleks. Oligosakarida dan monosakarida kemudian difermentasi menjadi asam lemak rantai pendek (SCFA) (Omer & Atassi, 2017).

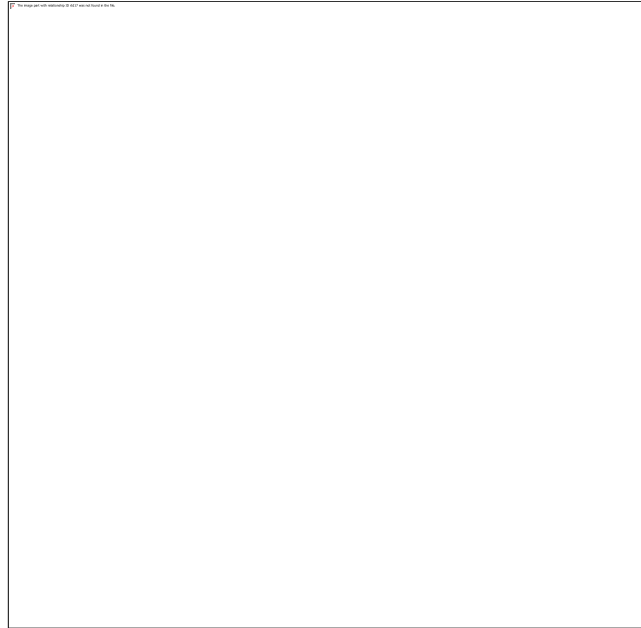
Tiga SCFA utama yang dihasilkan oleh bakteri usus adalah asetat, propionat, dan butirat. Dua yang pertama dapat digunakan sebagai substrat utama untuk lipogenesis hati dan glukoneogenesis, sedangkan yang terakhir menyediakan energi untuk sel epitel kolon. SCFA terlibat dalam regulasi ekspresi gen dengan mengikat reseptor berpasangan G-protein GPR41 dan GPR43 dengan beberapa hasil potensial. Salah satunya adalah peningkatan ekspresi GLP-1 yang pada gilirannya menyebabkan peningkatan sekresi insulin. Hal ini meningkatkan penyerapan nutrisi yang mungkin memiliki efek adipogenik, tetapi efek keseluruhannya adalah antidiabetes. Di sisi lain, efek GLP-1 pada sel L enteroendokrin dan jaringan adiposa (leptin) dengan rasa kenyang yang meningkat pada akhirnya menyebabkan efek anti-adipogenik dengan pengurangan asupan energi seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini (Omer & Atassi, 2017).



**Gambar 3.15 Skema yang disederhanakan
yang menunjukkan peran SCFA dalam metabolisme inang
Sumber : (Omer & Atassi, 2017)**

7. Imunitas

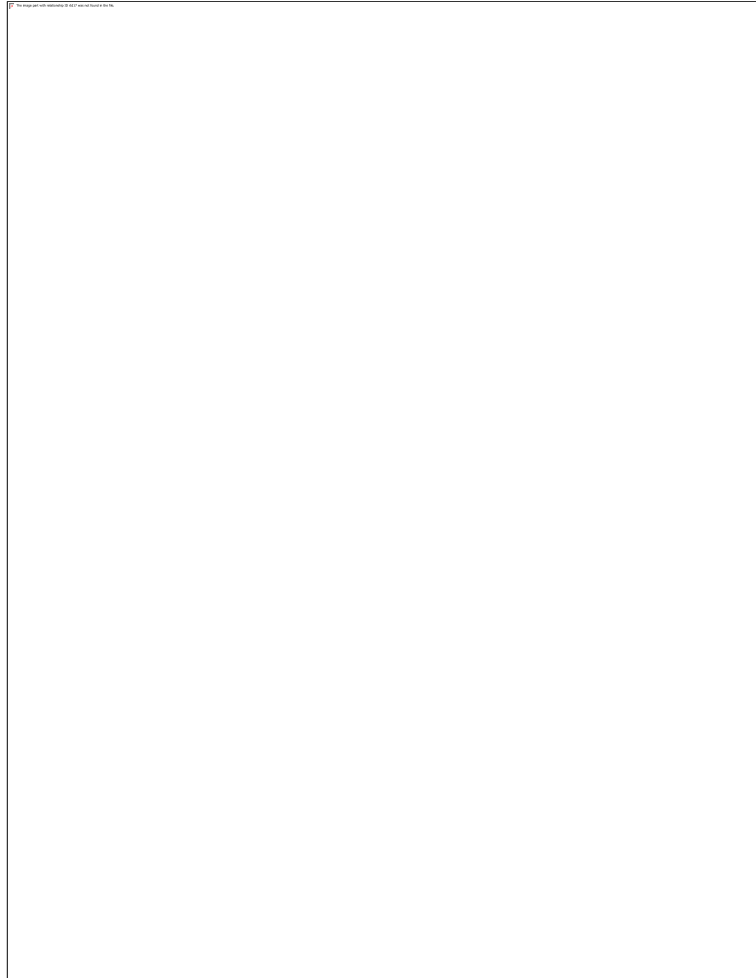
Pertumbuhan Bifidobacteria dan Lactobacillus di dalam usus manusia merupakan bakteri yang meningkatkan kesehatan yang menghasilkan asam lemak rantai pendek dan menstimulasi sistem kekebalan tubuh. Inulin dan fruktan lebih bertanggung jawab atas pertumbuhan bakteri ini. Bakteri ini memiliki berbagai fungsi di dalam tubuh, antara lain melindungi tubuh dari infeksi usus, mengurangi potensi bakteri berbahaya, menurunkan pH usus, memproduksi vitamin dan antioksidan, mengaktifkan proses pencernaan dan penyerapan, bekerja sebagai agen pembesar, mendorong respon kekebalan tubuh dan juga membantu mengurangi risiko kanker kolorektal. Beberapa sumber serat memiliki kapasitas pertukaran kation yang bertanggung jawab untuk penyerapan dan retensi mineral (Kushwaha, 2019)



Gambar 3.16 Efek langsung serat pada sel epitel dan sel imun. Serat makanan seperti GOS, inulin, pektin, dan β -galaktomanan telah terbukti mendukung penghalang epitel usus yang fungsional. Selain itu, penelitian in vitro menunjukkan bahwa serat termasuk inulin, GOS
Sumber: Venter et al., 2022.

Serat makanan dapat memiliki efek langsung dan tidak langsung terhadap sistem kekebalan tubuh inang. Sebelum difermentasi oleh mikroba di usus besar, serat makanan dapat memiliki dampak yang besar pada usus melalui modulasi fungsi sawar usus dan respons kekebalan tubuh. GOS, inulin, pektin, dan β -galaktomanan telah terbukti mendukung penghalang epitel usus yang fungsional melalui modulasi perakitan protein tight junction, aktivasi dan fungsi sel piala, regulasi pertumbuhan sel epitel, dan pematangan glikokalik.

Selain itu, penelitian in vitro menunjukkan bahwa serat termasuk inulin, GOS, FOS, dan hidrolisat arabinosykan dapat memodulasi sel epitel, makrofag, dan sekresi sitokin dan kemokin sel dendritik, yang sebagian dimediasi oleh aktivasi gamma reseptor yang diaktivasi *Peroxisome Proliferator Activator Receptory* (PPAR γ). Mekanisme tambahan untuk efek serat langsung pada sel kekebalan adalah aktivasi reseptor pengenalan pola (PRR) seperti reseptor lektin tipe-C (CLR, mis,), galektin, atau reseptor Toll-like (terutama TLR-2 dan TLR-4, misalnya, GOS dan FOS) pada sel epitel dan sel sistem imun bawaan. Serat juga dapat menghambat aktivasi PRR seperti yang ditunjukkan untuk pektin, yang memblokir sekresi sitokin yang diinduksi oleh TLR-2. Namun, ada tantangan teknis yang signifikan dalam membedakan aktivasi TLR yang diperantarai oleh kontaminasi dengan aktivasi TLR yang diperantarai oleh subunit serat yang sebenarnya (Venter et al., 2022).



Gambar 3.17 Mekanisme pembentukan SCFA dan interaksi dengan sistem kekebalan tubuh. Fermentasi serat makanan oleh spesies mikroba tertentu (contoh diilustrasikan) menghasilkan asetat, propionat, dan butirir melalui jalur enzimatik yang berbeda (diilustrasikan untuk

Sumber : (Venter et al., 2022)

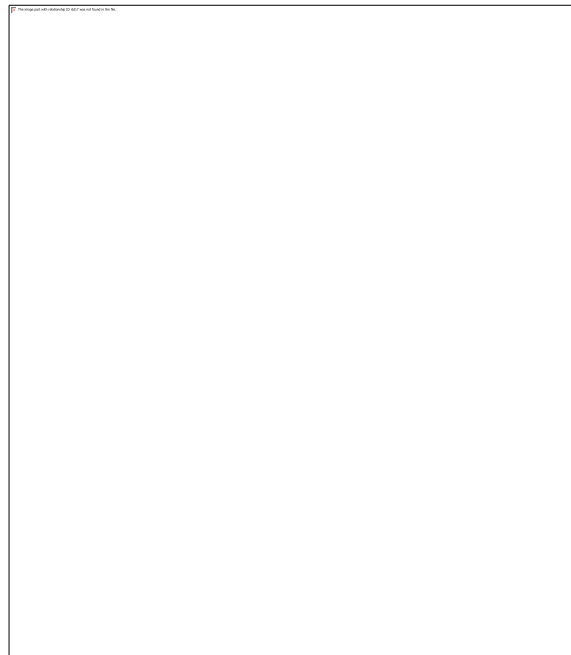
Setelah fermentasi mikroba, berbagai macam metabolit imunologi potensial dihasilkan. Metabolit yang paling baik dijelaskan adalah asam lemak rantai pendek (SCFA), yang meliputi asetat, propionat, dan butirir. Berbagai macam mikroba dapat menghasilkan SCFA, tetapi yang paling sering dijelaskan adalah *Clostridium*, *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Prevotella*, dan *Ruminococcus*. Jalur enzimatik yang berbeda bertanggung jawab untuk menghasilkan setiap SCFA, dan beberapa mikroba dapat mensintesis butirir dari asetat dan laktat. SCFA memberikan efek pada sistem kekebalan tubuh inang melalui pengikatan pada reseptor berpasangan protein G (GPCR) seperti GPR41, GPR43, dan GPR109A, melalui modifikasi epigenetik yang menghambat aktivitas histone deacetylase (HDAC), dan yang terbaru butirir telah dideskripsikan sebagai ligan reseptor hidrokarbon aril (AhR). SCFA adalah imunomodulator kuat yang mendorong sekresi IL-10 oleh sel dendritik dan limfosit, memengaruhi jumlah dan efektivitas Treg, memengaruhi

hematopoiesis sumsum tulang, mengurangi aktivitas sel T efektor, meningkatkan sawar epitel, mendukung sekresi IgA oleh limfosit B, menghambat degranulasi sel mast, dan memodulasi aktivasi ILC. Sel B regulator penghasil IL-10 (sel B10) dapat secara langsung dipromosikan oleh asetat setelah diubah menjadi asetil-KoA, yang memediasi diferensiasi sel B10 melalui pemicu siklus TCA (Tricarboxylic Acid) dan OXPHOS (*Oxidative Phosphorylation*) serta asetilasi protein.

F. Metabolisme Serat (Larut dan Tidak Larut) Di Dalam Tubuh

1. Pencernaan Serat

Diet tinggi serat memiliki efek menguntungkan pada kesehatan saluran pencernaan dan dapat meringankan atau mencegah beberapa masalah kesehatan kronis. Ketika serat dikonsumsi, tinja menjadi lebih besar dan lebih lembut dan jumlah tekanan yang dibutuhkan untuk buang air besar berkurang. Hal ini membantu mengurangi kejadian sembelit, yang mengacu pada tinja yang kering dan sulit dikeluarkan. Hal ini juga mencegah wasir, yaitu pembengkakan pembuluh darah vena di daerah anus. berkurangnya tekanan dalam usus besar juga mengurangi risiko diverticulosis (Smolin, 2011)



Gambar 3.18 Divertikula dalam Usus Besar
Sumber: Smolin, 2011

Dari Gambar 3.18 dapat dilihat suatu kondisi dimana tekanan menyebabkan kantong-kantong yang disebut diverticula terbentuk di dinding usus besar dikarenakan konsumsi rendah serat. Jika kotoran menumpuk di kantong-kantong ini, maka dapat menyebabkan iritasi, rasa sakit, peradangan dan infeksi, atau yang dikenal dengan diverticulitis (Smolin, 2011). Diverticulosis terjadi ketika kantong-

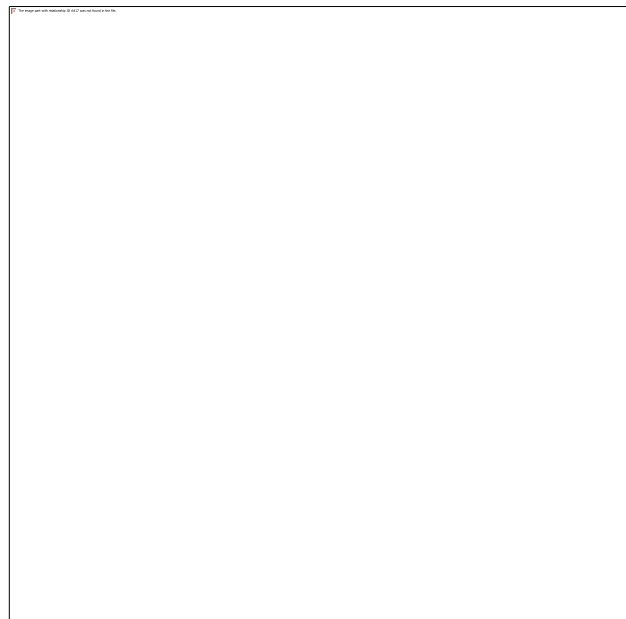
kantong yang menonjol terbentuk didinding. tekanan yang besar harus di hasilkan dalam usus besar untuk mengeluarkan tinja yang keras. tekanan yang meningkat ini melemahkan dinding usus, menyebabkan keluarnya tonjolan dan membentuk kantong. Tinja dan bahan berserat dapat terperangkap di dalam kantong-kantong ini yang kemudian terinfeksi dan meradang (Thompson, 2017)



Gambar 3.19 Divertikulosi
Sumber: Thompson, 2017

2. Serat Mempengaruhi Penyerapan Nutrisi

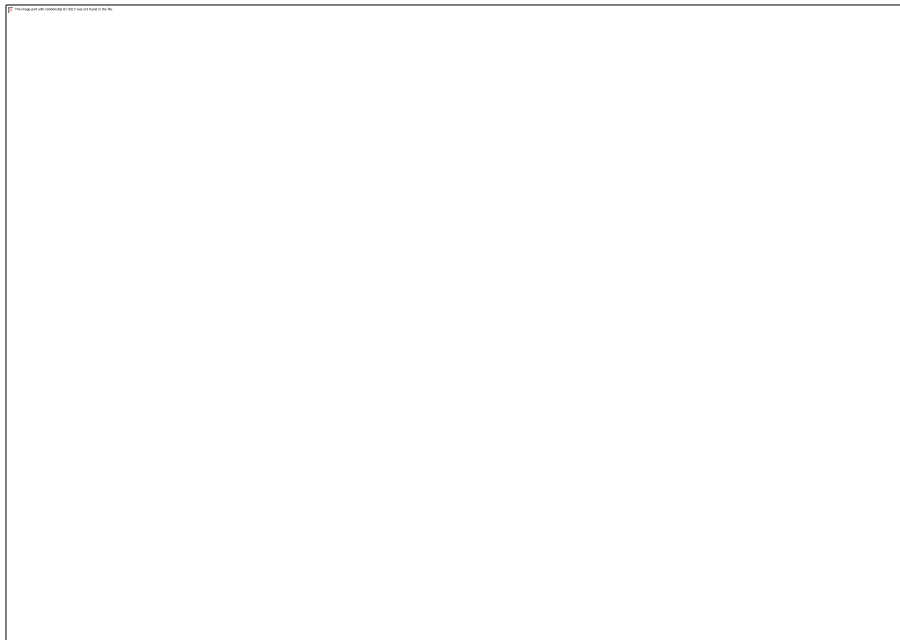
Tambahan massa yang diberikan oleh serat memperlambat penyerapan nutrisi secara keseluruhan, sebagian dengan meperlambat pengosongan perut. begitu berada di usus kecil, serat memperlambat pencernaan dan penyerapan nutrisi karena serat meningkatkan volume isi usus dan menyerap air, membentuk kontak antara enzim pencernaan dan makanan, dan mengurangi jumlah kontak antara nutrisi dan permukaan penyerapan usus kecil, yang semuanya memperlambat penyerapan glukosa dan nutrisi lainnya (Smolin Lori, 2018)



Gambar 3.20 Serat memperlambat pencernaan dan penyerapan
Sumber: Smolin Lori, 2018

Seperti yang ditunjukkan di sebelah kiri, jumlah dan volume makanan yang kaya serat akan mengencerkan isi saluran cerna. pengenceran ini memperlambat pencernaan makanan dan penyerapan nutrisi (ditunjukkan sebagai titik-titik hijau yang bergerak perlahan keluar dari usus). dengan makanan rendah serat, seperti yang ditunjukkan di sebelah kanan, nutrisi lebih banyak terkonsentrasi, pencernaan dan pencernaan terjadi lebih cepat (ditunjukkan sebagai titik-titik hijau yang bergerak cepat keluar dari usus (Smolin Lori, 2018)

3. Metabolisme Serat



Gambar 3.21 Metabolisme serat dalam tubuh manusia dan pencegahan penyakit
Sumber: He et al., 2022

Serat yang dikonsumsi masuk ke dalam lambung akan merangsang sekresi cairan pencernaan lambung serta meningkatkan motilitas saluran cerna. kemudian dari lambung serat menuju ke usus halus untuk menahan proses pencernaan dan proses penyerapan di usus halus. kemudian di usus besar, serat yang dapat difermentasi seperti β -glukan, pektin dan lain-lain dapat mengatur microbiota usus dan meningkatkan produksi SCFA sedangkan yang tidak dapat difermentasi di usus besar akan dikeluarkan dari tubuh (He et al., 2022)

4. Fermentasi Serat

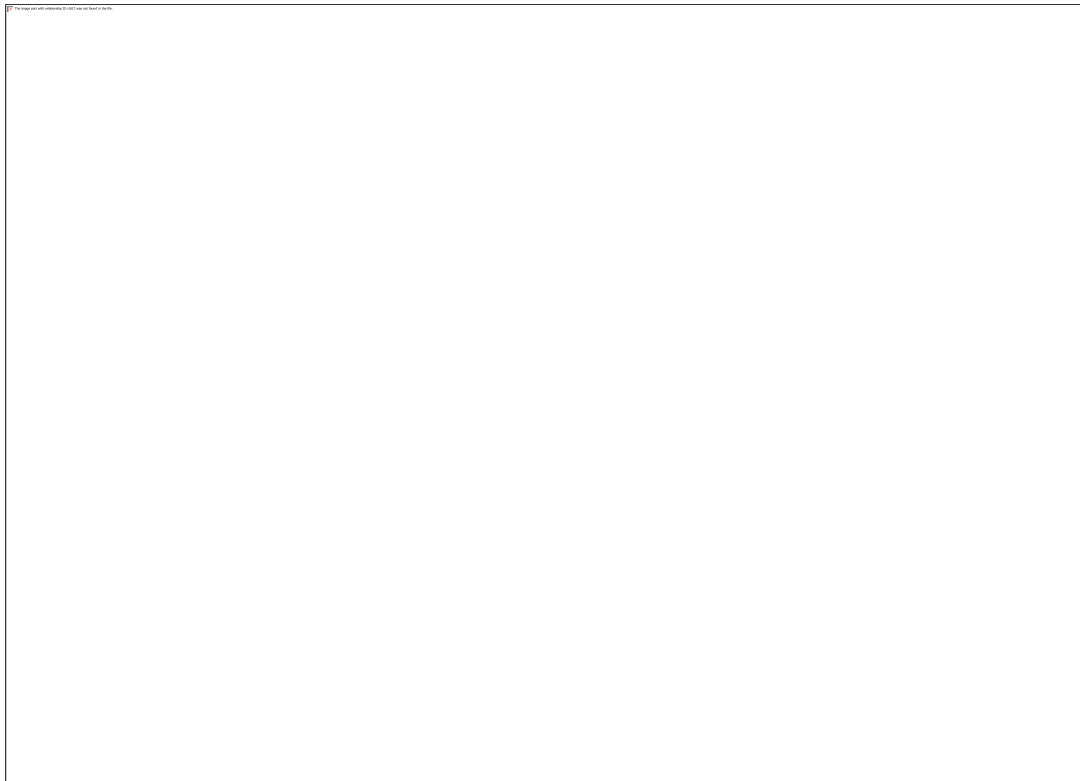
Fermentasi dimulai hanya setelah serat makanan terdepolimerisasi oleh enzim hidrolitik mikroba. semakin cepat laju depolimerisasi substrat semakin cepat karbohidrat akan tersedia untuk difermentasi oleh bakteri. serat makan

yang bercabang banyak memberikan area permukaan yang lebih besar bagi enzim untuk bekerja dan lebih cepat difermentasi. disisi lain, degradasi polimer linier atau pati amilosa tinggi di fermentasi secara perlahan karena degradasinya menghasilkan fragmen yang lebih besar (oligomer yang lebih besar), yang selanjutnya di gunakan oleh bakteri dan menghasilkan metabolit seperti SCFA (Short Chain Fatty Acid) dan gas (Jha et al., 2019)



Gambar 3.22 Metabolit fermentasi utama dan jalur pemanfaatan utamanya
Sumber: Jha et al., 2019

Kelarutan serat pangan juga mempengaruhi produksi SCFA, karena serat pangan yang tidak larut kurang dapat difermentasi di bandingkan dengan serat pangan yang larut, karena serat pangan yang tidak larut mengandung 100 kali lipat lebih banyak asam ferulat. selain produksi SCFA, serat pangan larut juga mempengaruhi kesehatan usus dengan mengurangi jumlah tinja, menunda pengosongan cairan dengan meningkatkan viskositas chyme lambung menurunkan pH dalam lumen usus serta mengubah kadar asam empedu. serat makanan larut bertanggung jawab untuk mengubah viskositas luminal digesta. ketika serat pangan bersentuhan dengan air, serat pangan larut akan menyerap dan membengkak sehingga meningkatkan viskositas digesta. viskositas serat makanan juga di pengaruhi oleh berat molekul serat makanan. variasi struktural tingkat polimerisasi, percabangan dan modifikasi kimiawi pada serat makanan kemudian menentukan karakteristik fermentasinya. kelarutan dan viskositas serat makanan juga mempengaruhi produk akhir fermentasi (Jha et al., 2019).



Gambar 3.23 Kompleksitas interaksi diet-mikroba-inang diilustrasikan dengan contoh asam lemak rantai pendek (SCFA)
Sumber: O'Grady et al., 2019

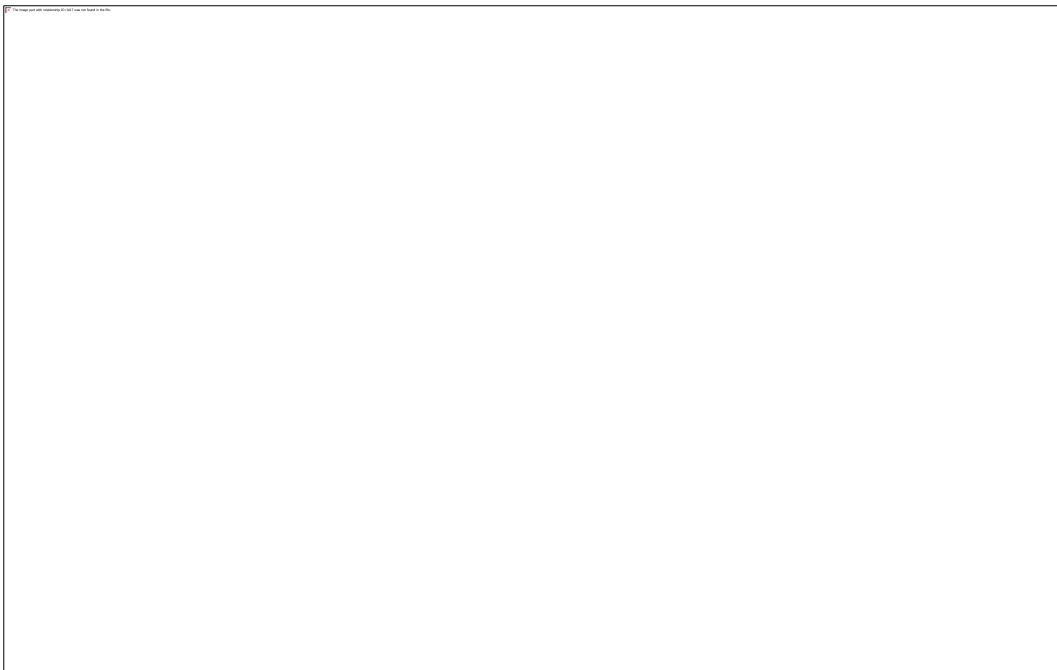
Fermentasi serat oleh mikroba usus menghasilkan SCFA yang menyediakan energi bagi inang, tetapi juga berperan sebagai immunoregulator dan pemberi sinyal pada usus-otak. SCFA utama yang dihasilkan dari fermentasi serat adalah asetat (C2), Propionat (C3) dan butirat (C4). Asetat diproduksi dari piruvat melalui asetil-KoA. propionat diproduksi dari konversi suksinat menjadi metilmalonil-CoA melalui jalur suksinat dan juga disintesis dari akrilat, dengan laktat sebagai precursor, melalui jalur akrilat atau jalur propanediol. Butirat dibentuk pertama kali dengan kondensasi dua molekul asetil KoA dan reduksi menjadi menjadi butiril-KoA, yang dapat diubah menjadi butirat baik melalui jalur butiril-KoA: Asetat CoA transferase atau melalui butirat kinase dan fosfotransbutirat. asetat adalah SCFA yang paling banyak terdeteksi dalam sirkulasi perifer manusia, karena propionate dimetabolisme oleh hati dan butirat adalah sumber energi utama yang digunakan oleh kolonosit (O'Grady et al., 2019)

Propionat diketahui bertindak sebagai penghambat histone deacetylases (HDAC). Asetilasi histone meningkatkan aksesibilitas mesin transkripsi untuk meningkatkan transkripsi gen: gugus asetil ditambahkan ke ekor histone oleh histone acetyl-transferase (HAT) dan dihilangkan oleh HDAC. penghambatan HDAC memberikan efek anti-inflamasi dan kekebalan tubuh melalui penekanan respon makrofag pro-inflamasi dan diferensiasi sel dendritik dari sel punca

sumsum tulang serta mengatur ekspresi sitokin pada sel T dan pembentukan sel T regulator (Treg) (O'Grady et al., 2019) Efek kekebalan lebih lanjut terjadi melalui pensinyalan reseptor, berpasangan G-protein (GPCR). Pensinyalan yang dirangsang butirat dari GPR109A dan GPR43 (GPCR) meningkatkan pembentukan Treg, sel T penghasil interleukin (IL-10) dan sekresi IL.

5. Hunger, Satiation and Satiety

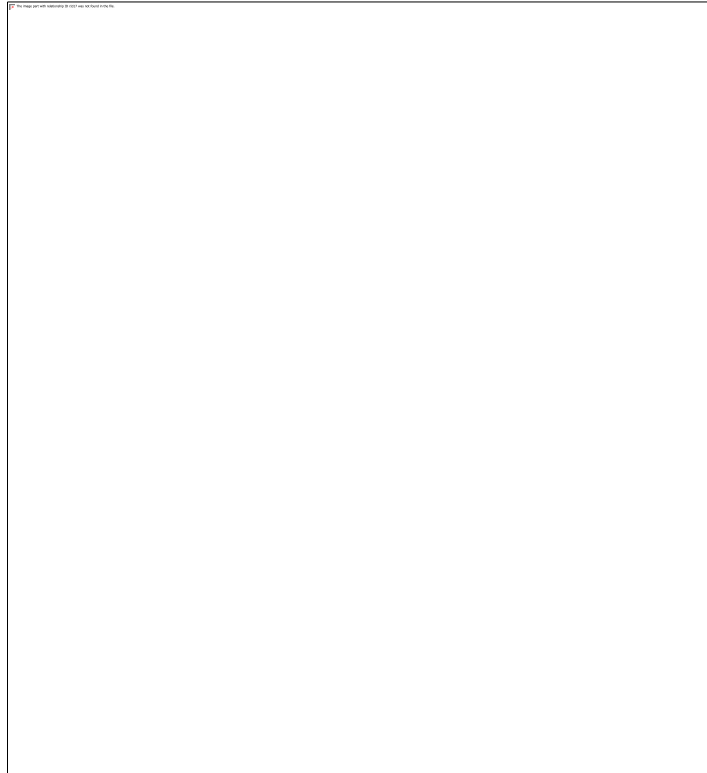
Menelan dan mencerna makanan adalah fungsi vital, yang dikendalikan oleh interaksi antara saluran pencernaan (GIT) dan sinyal hormon di otak dan saraf dari GIT adalah pemeran kunci dalam jalur sinyal dua arah ini. Ketika makanan tidak ada di dalam GIT, sinyal rasa lapar di hasilkan dan asupan makanan di stimulasi. sebaliknya, Ketika makanan ada GIT, sinyal kenyang akan mengesampingkan sinyal lapar dan asupan makanan akan terhambat. Gangguan keseimbangan antara sinyal lapar dan kenyang menyebabkan ketidakseimbangan antara asupan energi dan pengeluaran energi yang dapat menyebabkan kenaikan atau penurunan berat badan (Tack et al., 2021).



Gambar 3.24 Siklus rasa lapar dan kenyang/kekenyangan
Sumber: Tack et al., 2021

Selama makan rasa lapar berkurang dan rasa kenyang meningkat, keduanya berkontribusi pada keputusan untuk menghentikan asupan makanan lebih lanjut. siklus dimulai Kembali dengan kembalinya rasa lapar dan hilangnya rasa kenyang sebagai persiapan untuk makan berikutnya, dengan waktu yang relative terhadap proses asupan makanan dan penanda fisiologis gastrointestinal. Rasa lapar akan

tinggi pada saat berpuasa dan menurun saat makanan di cerna, yang sejalan dengan peningkatan rasa kenyang. pada tingkat kekenyangan maksimum, ketika asupan makanan terhenti, rasa lapar tidak ada dan rasa kenyang mencapai titik tertinggi. Saat rasa kenyang menurun dari waktu ke waktu, rasa lapar meningkat secara bertahap. Pengosongan lambung adalah parameter permisif untuk kembalinya rasa lapar, tetapi bukan penentu utama. puncak rasa lapar bertepatan dengan fase lambung III (Tack et al., 2021)



Gambar 3.25 Satiation and Satiety Signalling
Sumber: Benelam, 2009

Ketika makanan atau minuman telah mencapai lambung, proses pasca pencernaan di mulai. saat lambung sudah terisi atau terasa penuh, sejumlah hormon disekresikan dari usus untuk menandakan bahwa makanan telah di konsumsi. Hormon-hormon ini berperan, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam area tertentu di otak untuk meningkatkan perasaan kenyang. Hormon Ghrelin yang bertugas sebagai hormon yang memicu rasa lapar dan memberi sinyal ke otak saat perut kosong, dan akan ditekan setelah terpenuhinya asupan energi. Selama proses pencernaan berlanjut di usus, hormon-hormon yang mendukung perasaan kenyang dan kecukupan makanan di lepaskan dari usus. Ketika makanan dikonsumsi, informasi mengenai distensi atau pengembangan lambung disampaikan ke otak melalui saraf vagus, yang

menghubungkan system pencernaan dengan otak. Hormon-hormon yang berasal dari lambung dan usus dilepaskan saat makanan dikonsumsi dan mereka berperan dalam area otak yang terlibat dalam mengatur nafsu makan. Leptin yang berasal dari jaringan lemak dan insulin yang dihasilkan oleh pancreas dan terkait dengan jumlah lemak yang disimpan dalam tubuh berfungsi di otak untuk mengatur perasaan kenyang dan kecukupan makanan dalam jangka waktu yang lebih Panjang. semua sinyal ini diolah di otak untuk mempengaruhi pola asupan makanan dan pengeluaran energi (Benelam, 2009).

G. Kebutuhan Serat dan Kaitannya dengan Penyakit

1. Kebutuhan Serat yang dianjurkan

Rekomendasi serat disarankan dari berbagai makanan nabati seperti biji-bijian, sayuran, buah-buahan, dan kacang-kacangan, yang juga menyediakan mineral dan vitamin. Rekomendasi DRI (Dietary Reference Intake) disepakati sebesar 14 gram per asupan 1000 kkalori, atau 25 gram untuk wanita dewasa dan 38 gram untuk pria dewasa (Shareen S Gropper, 2018)

Tabel 3.5 Rekomendasi Asupan Serat

Populasi	Umur (Tahun)	Total Serat (g)
Laki-laki	19-50	38
	≥51	31
Perempuan	19-50	25
	≥51	21
Anak-anak	1-3	19
	4-8	25
Remaja Perempuan	9-18	26
Remaja laki-laki	9-13	31
	14-18	38

Sumber: (Shareen S Gropper, 2018)

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia kebutuhan serat yang dianjurkan (Per Orang Per Hari) yaitu:

Tabel 3.6 Angka Kecukupan Serat

Kelompok Umur	Berat Badan (kg)	Tinggi Badan (cm)	Serat (g)
Bayi/Anak			
0-5 bulan ¹	6	60	0
6-11 bulan	9	72	11
1-3 tahun	13	92	19
4-6 tahun	19	113	20
7-9 tahun	27	130	23
Laki-laki			
10-12 tahun	36	145	28
13-15 tahun	50	163	34
16-18 tahun	60	168	37
19-29 tahun	60	168	37
30-49 tahun	60	166	36
50-64 tahun	60	166	30
65-80 tahun	58	164	25
80+ tahun	58	164	22
Perempuan			
10-12 tahun	38	147	27
13-15 tahun	48	156	29
16-18 tahun	52	159	29
19-29 tahun	55	159	32
30-49 tahun	56	158	30
50-64 tahun	56	158	25
65-80 tahun	53	157	22
80+ tahun	53	157	20
Hamil (+an)			
Trimester 1			+3
Trimester 2			+4
Trimester 3			+4
Menyusui (+an)			
6 bulan pertama			+5
6 bulan kedua			+6

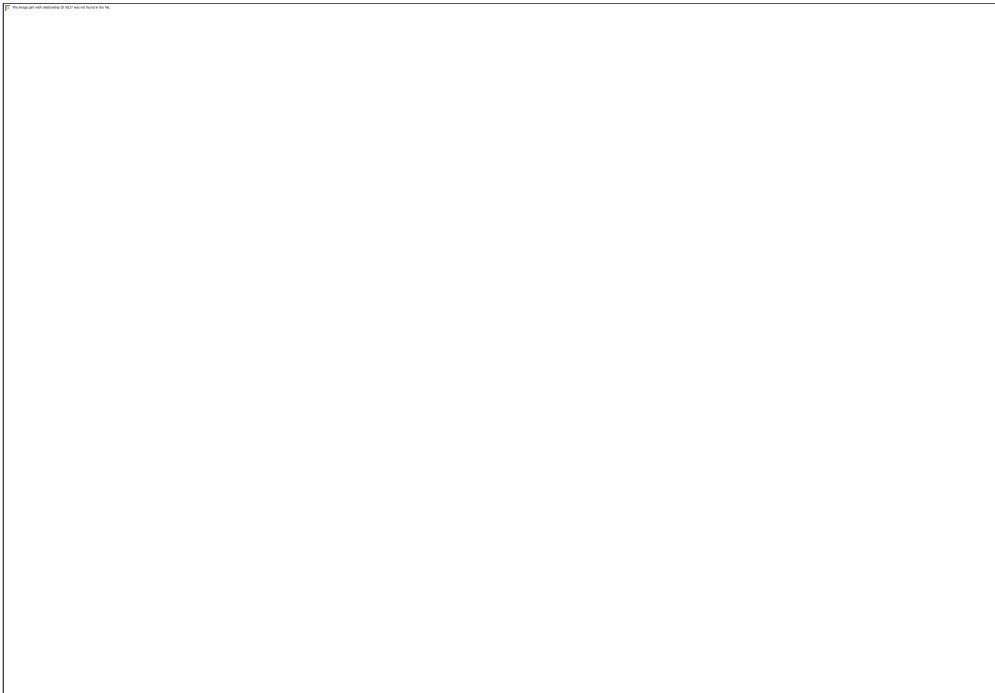
¹Pemenuhan kebutuhan gizi bayi 0-5 bulan bersumber dari pemberian ASI Eksklusif
 Sumber : (Kementerian Kesehatan RI, 2019)

2. Kaitan serat dengan penyakit akibat defisiensi serat serta implikasinya di masyarakat

a. Kanker Usus Besar

Asupan serat total (serta larut dan tidak larut) dikaitkan dengan resiko lebih rendah terhadap kematian karena kanker dan sebab penyakit apapun (X. Xu et al., 2022). Kanker usus besar bisa dicegah dengan cara mengkonsumsi serat. Serat larut bisa merangsang fermentasi bakteri dari pati resisten dan serat yang ada di usus besar, proses tersebut bisa menghasilkan asam lemak rantai

pendek yang dapat menurunkan pH. Molekul lemak tersebut dapat mengaktifkan enzim pembunuh kanker dan menghambat peradangan di usus besar (Whitney, 2019)



Gambar 3.26 Interaksi yang diusulkan dari jalur utama yang terkait dengan konsumsi serat makanan, mikrobiota usus, dan risiko kanker usus besar.

Sumber: Zeng, 2014

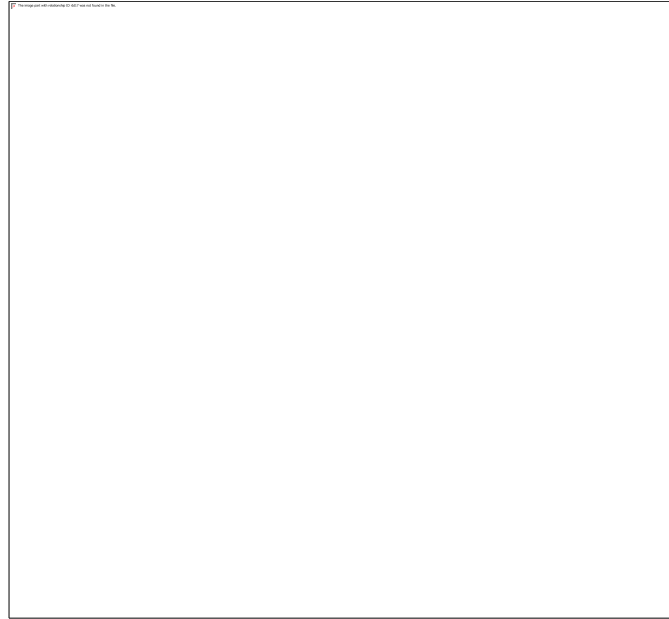
Serat makanan menahan pencernaan di usus kecil, dan masuk ke usus besar di mana ia difermentasi untuk menghasilkan SCFA yang dapat meningkatkan komposisi mikrobiota usus yang sehat. Selain itu, SCFA memiliki sifat antikanker yang mencakup promosi penghentian siklus sel kanker, apoptosis, dan penghambatan proses inflamasi kronis serta migrasi/invasi sel kanker di usus besar. Aktivitas molekuler ini hanya efektif dalam kisaran konsentrasi fisiologis tertentu dari SCFA. Serat makanan meningkatkan bulking dan viskositas tinja, mengurangi waktu fermentasi proteolitik yang menghasilkan zat-zat berbahaya, dan memperpendek kontak antara karsinogen potensial dan sel mukosa. Selain itu, serat makanan dapat mengikat/mengeluarkan karsinogen luminal potensial (misalnya, asam empedu sekunder), menurunkan pH tinja di usus besar, dan dengan demikian memberikan lingkungan usus yang sehat (Zeng, 2014).

Tidak semua serat memiliki sifat yang sama; oleh karena itu, karakteristik dan komponen serat makanan (misalnya, ara-binoxylan, β -glukan) dapat menentukan cara kerjanya terhadap sel kanker usus besar. Penelitian lebih lanjut mengenai jenis serat dan komponen serat dapat memberikan

pemahaman yang lebih baik mengenai bagaimana dan mengapa serat makanan dapat menurunkan risiko kanker usus besar. Selain itu, bukti dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa konsumsi serat dapat mengubah komposisi mikrobiota usus, dan mikrobiota usus besar yang seimbang mempengaruhi inang di hampir semua tingkatan, termasuk kekebalan dan perkembangan neoplastik. Metagenomik adalah salah satu pendekatan terbaru untuk menentukan komposisi mikrobiota usus, tetapi masih sulit untuk mengkarakterisasi interaksi antara inang dan mikrobiotanya (Zeng, 2014).

b. Penyakit Jantung

Serat dapat mengurangi risiko penyakit jantung dengan menunda atau menghalangi penyerapan kolesterol makanan ke dalam aliran darah. Selain itu, ketika serat larut dicerna, bakteri dalam usus besar menghasilkan asam lemak rantai pendek yang dapat mengurangi produksi lipoprotein densitas rendah (LDL) ke tingkat yang lebih sehat (Thompson, 2017). Diet tinggi serat dapat membantu mengurangi risiko gangguan jantung. Serat larut seperti yang terdapat pada kacang-kacangan, beras dan dedak gandum, getah, pektin, dan psyllium (biji-bijian yang digunakan dalam obat pencahar yang dijual bebas seperti Metamucil) membantu mengurangi risiko penyakit jantung dengan cara menurunkan kadar kolesterol dalam darah. Kolesterol dalam darah berasal dari kolesterol yang dibuat di hati dan kolesterol yang dikonsumsi dalam produk hewani dalam makanan. Salah satu fungsi kolesterol bagi tubuh adalah untuk membuat asam empedu, yang disekresikan ke dalam saluran pencernaan untuk membantu penyerapan lemak makanan. Biasanya, asam empedu ini kemudian diserap kembali dan digunakan kembali, sehingga mendaur ulang kolesterol. (Smolin, 2011) Namun, serat larut berikatan dengan asam empedu dan kolesterol dalam saluran pencernaan, menyebabkan keduanya dikeluarkan melalui tinja dan bukannya diserap. Hati kemudian harus menggunakan kolesterol dari darah untuk mensintesis asam empedu baru, sehingga mengurangi kadar kolesterol darah. Selain menurunkan kolesterol darah, diet tinggi serat membantu menurunkan tekanan darah, menormalkan kadar glukosa darah, mencegah obesitas, dan mempengaruhi sejumlah parameter lain yang membantu mengurangi risiko penyakit jantung (Smolin, 2011).



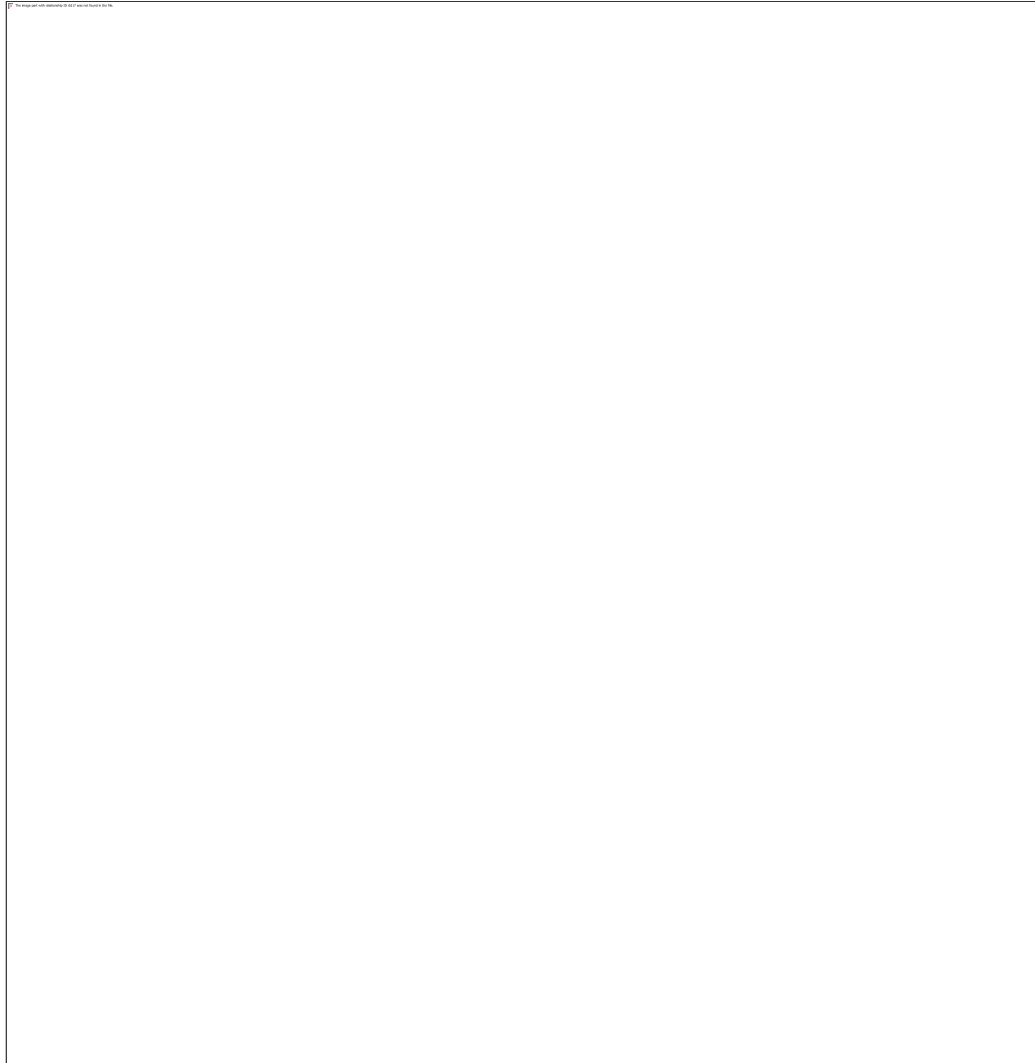
Gambar 3.27 Serat Larut dan Penyerapan Kolesterol
Sumber: Smolin, 2011

c. Obesitas

Kekurangan asupan serat bisa menyebabkan obesitas. Makanan berserat tinggi dan biji-bijian dapat membantu seseorang menjaga berat badan yang sehat. Makanan kaya serat cenderung rendah lemak padat dan gula tambahan sehingga mencegah penambahan berat badan dan mendorong penurunan berat badan. Mengonsumsi serat bisa menciptakan rasa kenyang dan bisa menunda rasa lapar (Whitney, 2019)

d. Diabetes Tipe 2

Makanan berserat tinggi bisa mengelola dan mencegah diabetes tipe 2. Ketika serat larut memerangkap nutrisi dan menunda transitnya melalui saluran pencernaan, penyerapan glukosa akan melambat, yang membantu mencegah lonjakan glukosa (Whitney, 2019). Diet tinggi serat bermanfaat untuk pencegahan dan pengelolaan diabetes. Larutan kental dan tebal yang dibentuk oleh serat di dalam usus akan memperlambat penyerapan glukosa. Oleh karena itu, kadar glukosa darah akan meningkat lebih lambat dengan makanan yang mengandung karbohidrat yang tinggi serat. Hal ini mengurangi jumlah insulin yang dibutuhkan untuk menjaga glukosa dalam kisaran normal. Hal ini bermanfaat untuk mengelola glukosa darah pada individu dengan diabetes dan, dalam jangka panjang, dapat mengurangi risiko terkena penyakit diabetes (Smolin, 2011). Serat dapat menurunkan risiko diabetes tipe 2. Dalam memperlambat pencernaan dan penyerapan, serat juga memperlambat pelepasan glukosa ke dalam darah.



Gambar 3.28 Serat dalam Menurunkan Kolesterol
Sumber: Thompson, 2017

Serat dapat membantu menurunkan kadar kolesterol darah, yaitu (Thompson, 2017):

1. Ketika kita mengonsumsi makanan tinggi serat, serat berikatan dengan empedu yang dihasilkan dari kolesterol, sehingga relatif lebih banyak kolesterol yang dikeluarkan melalui tinja.
2. Ketika kita mengonsumsi makanan rendah serat, lebih sedikit serat yang terikat pada empedu, sehingga sedikit juga kolesterol yang dikeluarkan melalui tinja.

H. Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan serat pangan?
 - A. Zat gizi utama yang menghasilkan energi
 - B. Bagian dari tumbuhan yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan
 - C. Karbohidrat sederhana yang mudah dicerna
 - D. Lemak jenuh yang tersimpan dalam tubuh
 - E. Protein pembangun jaringan tubuh
2. Serat larut umumnya ditemukan dalam jenis makanan berikut ini, kecuali:
 - A. Oat
 - B. Gandum utuh
 - C. Apel
 - D. Kacang-kacangan
 - E. Pisang
3. Di bawah ini adalah jenis serat yang larut dalam air dan membentuk gel di dalam usus, kecuali:
 - A. Pektin
 - B. Lignin
 - C. Beta-glukan
 - D. Gum
 - E. Kitin
4. Serat yang tidak larut berperan dalam:
 - A. Mengendalikan kadar gula darah
 - B. Menurunkan kolesterol
 - C. Membentuk massa pada feses
 - D. Menurunkan tekanan darah
 - E. Menghasilkan energi
5. Sumber serat yang dianjurkan untuk memenuhi kebutuhan harian adalah:
 - A. Daging ayam
 - B. Nasi putih
 - C. Roti tawar
 - D. Sayuran dan buah-buahan
 - E. Susu murni

6. Berikut ini merupakan manfaat utama serat bagi kesehatan, kecuali:
 - A. Meningkatkan kesehatan pencernaan
 - B. Menurunkan risiko penyakit jantung
 - C. Menurunkan risiko sembelit
 - D. Menghambat pertumbuhan tulang
 - E. Mengendalikan kadar gula darah
7. Serat pangan berperan dalam mengurangi risiko diabetes tipe 2 karena:
 - A. Menghasilkan energi bagi tubuh
 - B. Mempercepat penyerapan gula di usus
 - C. Menghambat penyerapan gula dari makanan
 - D. Mengganti fungsi hormon insulin
 - E. Mengurangi produksi glukosa dalam hati
8. Berapa kebutuhan serat harian yang dianjurkan untuk orang dewasa?
 - A. 10-15 gram
 - B. 15-20 gram
 - C. 20-25 gram
 - D. 25-30 gram
 - E. 35-40 gram
9. Mekanisme kerja serat larut dalam menurunkan kolesterol adalah:
 - A. Mempercepat pencernaan makanan
 - B. Mengikat asam empedu di usus
 - C. Menghasilkan energi dalam jumlah besar
 - D. Menghancurkan lemak di dalam darah
 - E. Meningkatkan tekanan darah
10. Bagian tumbuhan yang berperan sebagai serat tidak larut adalah:
 - A. Pektin
 - B. Lignin
 - C. Beta-glukan
 - D. Gum
 - E. Karbohidrat sederhana
11. Serat pangan membantu dalam manajemen berat badan karena:
 - A. Mempercepat proses pencernaan
 - B. Memberikan rasa kenyang yang lebih lama

- C. Menghasilkan energi berlebih bagi tubuh
- D. Mengurangi produksi insulin
- E. Mempercepat penyerapan lemak

12. Kekurangan serat dalam diet dapat menyebabkan masalah berikut, kecuali:

- A. Sembelit
- B. Obesitas
- C. Diare
- D. Peningkatan kadar gula darah
- E. Gangguan pencernaan

13. Konsumsi serat yang cukup berperan dalam pencegahan kanker usus besar dengan cara:

- A. Meningkatkan waktu transit usus
- B. Mempercepat penyerapan zat gizi
- C. Menghambat produksi asam empedu
- D. Meningkatkan kadar gula darah
- E. Menghancurkan bakteri usus

Jawaban soal latihan:

- 1. Jawaban: B. Bagian dari tumbuhan yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan
- 2. Jawaban: B. Gandum utuh
- 3. Jawaban: B. Lignin
- 4. Jawaban: C. Membentuk massa pada feses
- 5. Jawaban: D. Sayuran dan buah-buahan
- 6. Jawaban: D. Menghambat pertumbuhan tulang
- 7. Jawaban: C. Menghambat penyerapan gula dari makanan
- 8. Jawaban: D. 25-30 gram
- 9. Jawaban: B. Mengikat asam empedu di usus
- 10. Jawaban: B. Lignin
- 11. Jawaban: B. Memberikan rasa kenyang yang lebih lama
- 12. Jawaban: C. Diare
- 13. Jawaban: A. Meningkatkan waktu transit usus

I. Rangkuman Materi

1. Definisi Serat Pangan:

Serat pangan adalah bagian dari tanaman yang tidak dapat dicerna, tapi penting untuk kesehatan. Contoh: Kulit apel dan daging buah jeruk adalah sumber serat tidak larut dan larut yang berfungsi bagi pencernaan.

2. Karakteristik dan klasifikasi Serat:

- o **Serat Larut:** Larut dalam air dan membentuk gel dalam usus, membantu mengendalikan kadar kolesterol dan gula darah.

Contoh: Beta-glukan dalam oat mengikat kolesterol dan membuangnya dari tubuh.

- o **Serat Tidak Larut:** Tidak larut dalam air, menambah massa feses, dan mempercepat waktu transit makanan di usus besar.

Contoh: Selulosa dalam gandum utuh membantu mencegah sembelit.

3. Sumber Serat yang Dianjurkan:

- o *Sayuran:* Brokoli dan wortel kaya serat larut dan tidak larut.
- o *Buah-buahan:* Apel dan pir mengandung serat larut (pektin) yang baik bagi gula darah.
- o *Biji-bijian Utuh:* Oat, gandum, dan quinoa kaya akan serat yang membantu menurunkan kolesterol.

4. Fungsi dan Manfaat Serat:

- o Membantu mengatur berat badan, meningkatkan rasa kenyang.
- o Mengurangi risiko penyakit jantung dengan menurunkan kolesterol.
- o Menstabilkan kadar gula darah, bermanfaat bagi penderita diabetes.
- o Menjaga kesehatan pencernaan, mencegah sembelit.

5. Mekanisme Kerja Serat di dalam Tubuh:

- o **Serat Larut:** Mengikat air, membentuk gel untuk memperlambat penyerapan gula dan mengikat asam empedu untuk menurunkan kolesterol.

Contoh: Gel dari pektin apel memperlambat laju pelepasan gula ke dalam darah.

- o **Serat Tidak Larut:** Meningkatkan massa feses untuk mempercepat transit makanan.

Contoh: Serat selulosa dalam gandum utuh memperlancar proses buang air besar.

6. Kebutuhan Serat Harian:

Rekomendasi harian untuk orang dewasa adalah 25-30 gram, yang bisa dipenuhi dengan 4-5 porsi sayur dan buah serta gandum utuh.

7. Kaitan Serat dengan Pencegahan Penyakit:

Serat mengurangi risiko berbagai penyakit kronis seperti penyakit jantung (melalui penurunan kolesterol), diabetes tipe 2 (mengatur gula darah), obesitas (mengurangi asupan kalori), dan kanker usus besar (mempercepat waktu transit usus) dan meningkatkan imunitas.

Dengan pola makan kaya serat dari sayur, buah, dan biji-bijian, tubuh dapat terjaga kesehatannya dan risiko penyakit kronis berkurang.

J. Glosarium

SCFA	: Short Chain Fatty Acid
T2D	: Type 2 Diabetes Melitus
Low GI	: Lower Glikemik Indeks
CVD	: Cardiovascular Disease
GLP	: Glukagon Peptide
PYY	: Peptide Tyrosin Tyrosin
BP	: Blood Pressure
GPCR	: GProtein-Coupled Receptor
MCT1	: Monocarboxilate Transporter 1
SMCT	: <i>Sodium-Coupled Monocarboxylate Transporter</i>
DASH	: Dietary Approaches to Stop Hypertension
MED	: Mediterania
IBD	: Irritable Bowel Disease
CRC	: Colorectal Cancer
TNF	: Tumor Necrosis Factor
NB-kF	: Nuclear Factor Kappa B
GERD	: Gastroesophageal Refluks Disease
FOS	: Fructo-Oligosaccharides
GOS	: Galactooligosaccharides
CLR	: Tipe-C Lektin Receptor
PRR	: Pattern Recognition Receptor
PPARy	: <i>Peroxisome Proliferator Activator Receptor y</i>
TLR	: Toll-like Receptor
HDAC	: Histone Deacetylase
ILC	: <i>Innate Lymphoid Cells</i>
AhR	: Aryl Hydrocarbon Receptor

IgA	: Immunoglobulin A
TCA	: Tricarboxylic Acid
OXPHOS	: <i>Oxidative Phosphorylation</i>
HAT	: Histone Acetyl-Transferase
Treg	: Se T Regulator
GIT	: Gastrointestinal Track
DRI	: Dietary Reference Intake
AKG	: Angka Kecukupan Gizi
LDL	: Low Density Lipoprotein

K. Daftar Pustaka

- AACC. (2001). *AACC Report: Dietary Fiber Technical Committee, The Definition Of Dietary Fiber*.
- Barber, T. M., Kabisch, S., Pfeiffer, A. F. H., & Weickert, M. O. (2020). The Health Benefits of Dietary Fibre. *Nutrients*, *12*(10), 3209. <https://doi.org/10.3390/nu12103209>
- Benelam, B. (2009). Satiation, satiety and their effects on eating behaviour. *Nutrition Bulletin*, *34*(2), 126–173. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2009.01753.x>
- Biswas, V., Praveen, A., Marisetti, A. L., Sharma, A., Kumar, V., Sahu, S. K., & Tewari, D. (2022). A Mechanistic Overview on Impact of Dietary Fibres on Gut Microbiota and Its Association with Colon Cancer. *Dietetics*, *1*(3), 182–202. <https://doi.org/10.3390/dietetics1030017>
- Bozzetto, L., Costabile, G., Della Pepa, G., Ciciola, P., Vetrani, C., Vitale, M., Rivellesse, A. A., & Annuzzi, G. (2018). Dietary Fibre as a Unifying Remedy for the Whole Spectrum of Obesity-Associated Cardiovascular Risk. *Nutrients*, *10*(7), 943. <https://doi.org/10.3390/nu10070943>
- Dreher, M. L. (2018). *Dietary Fiber in Health and Disease*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-50557-2>
- Gill, S. K., Rossi, M., Bajka, B., & Whelan, K. (2021). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, *18*(2), 101–116. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00375-4>
- Gropper S. Sareen, Smith L Jack, & Carr P Timothy. (2018). *Advance Nutrition And Human Metabolism* (7 Edition). Cengage Learning.
- He, Y., Wang, B., Wen, L., Wang, F., Yu, H., Chen, D., Su, X., & Zhang, C. (2022). Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*, *11*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.07.001>
- Hong, Y., Zi-jun, W., Jian, X., Ying-jie, D., & Fang, M. (2012). Development of the dietary fiber functional food and studies on its toxicological and physiologic properties. *Food and Chemical Toxicology*, *50*(9), 3367–3374. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.011>

- Jha, R., Foughse, J. M., Tiwari, U. P., Li, L., & Willing, B. P. (2019). Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>
- Kementerian Kesehatan RI. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia*.
- Kushwaha, R. & M. Neelesh. (2019). *Nutraceutical Potential of Dietary Fibers*. (Dr. Manzoor Hussain, Ed.; 1st ed., Vol. 1). AkiNik Publications .
- Lori A. Smolin and Mary B. Grosvenor. (2011). *Healthy eating: A guide to nutrition, Basic Nutrition 2nd Edition* (2nd ed.). Chelsea House An imprint of Infobase Publishing.
- Medeiros, D. M., & Wildman, R. E. C. (2019). *Advanced Human Nutrition* (Fourth Edition). Jones & Bartlett Learning.
- Müller, M., Canfora, E., & Blaak, E. (2018). Gastrointestinal Transit Time, Glucose Homeostasis and Metabolic Health: Modulation by Dietary Fibers. *Nutrients*, 10(3), 275. <https://doi.org/10.3390/nu10030275>
- O'Grady, J., O'Connor, E. M., & Shanahan, F. (2019). Review article: dietary fibre in the era of microbiome science. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 49(5), 506–515. <https://doi.org/10.1111/apt.15129>
- Omer, E., & Atassi, H. (2017). The Microbiome That Shapes Us: Can It Cause Obesity? *Current Gastroenterology Reports*, 19(12), 59. <https://doi.org/10.1007/s11894-017-0600-y>
- Shafiq Qadri, O. (2017). Different Approaches to Manage Type-2 Diabetes: Special Emphasis on Dietary Fibre. *Nutrition & Food Science International Journal*, 4(3). <https://doi.org/10.19080/NFSIJ.2017.04.555637>
- Shareen S Gropper. (2018). *Advance Nutrition And Human Metabolism* (Seven). Boston, Massachusetts: Cengage Learning, 2018.
- Smolin, L. A. , & G. M. B. (2011). *Basic Nutrition, Second Edition (Healthy Eating, a Guide to Nutrition)* (second). Chelsea House Publications.
- Smolin Lori, & G. Mary. (2018). *Nutrition Science Application* (4th ed.).
- Soliman, G. A. (2019). Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. *Nutrients*, 11(5), 1155. <https://doi.org/10.3390/nu11051155>
- Tack, J., Verbeure, W., Mori, H., Schol, J., Van den Houde, K., Huang, I., Balsiger, L., Broeders, B., Colomier, E., Scarpellini, E., & Carbone, F. (2021). The gastrointestinal tract in hunger and satiety signalling. *United European Gastroenterology Journal*, 9(6), 727–734. <https://doi.org/10.1002/ueg2.12097>
- Thompson, J. L. . (2017). *The Science Of Nutrition 4 Edition* (Fourth). Pearson Education, Inc.
- Venter, C., Meyer, R. W., Greenhawt, M., Pali-Schöll, I., Nwaru, B., Roduit, C., Untersmayr, E., Adel-Patient, K., Agache, I., Agostoni, C., Akdis, C. A., Feeney, M., Hoffmann-Sommergruber, K., Lunjani, N., Grimshaw, K., Reese, I., Smith, P. K., Sokolowska, M., Vassilopoulou, E., ... O'Mahony, L. (2022). Role of dietary fiber in promoting immune health—An EAACI position paper. *Allergy*, 77(11), 3185–3198. <https://doi.org/10.1111/all.15430>

- Whitney, E. and S. R. R. (2019). *Understanding Nutrition. 15th Ed* (15 Th Edition). Cengage Learning .
- Xu, C., & Marques, F. Z. (2022). How Dietary Fibre, Acting via the Gut Microbiome, Lowers Blood Pressure. *Current Hypertension Reports*, 24(11), 509–521. <https://doi.org/10.1007/s11906-022-01216-2>
- Xu, X., Zhang, J., Zhang, Y., Qi, H., & Wang, P. (2022). Associations between dietary fiber intake and mortality from all causes, cardiovascular disease and cancer: a prospective study. *Journal of Translational Medicine*, 20(1), 344. <https://doi.org/10.1186/s12967-022-03558-6>
- Yusuf, K., Saha, S., & Umar, S. (2022). Health Benefits of Dietary Fiber for the Management of Inflammatory Bowel Disease. *Biomedicines*, 10(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10061242>
- Zeng, H. (2014). Mechanisms linking dietary fiber, gut microbiota and colon cancer prevention. *World Journal of Gastrointestinal Oncology*, 6(2), 41. <https://doi.org/10.4251/wjgo.v6.i2.41>

BAB 4

Lemak

Pendahuluan

Lemak terdiri dari asam lemak dan gliserol yang memiliki beberapa fungsi seperti pertumbuhan jaringan, perlindungan, sumber energi dan berbagai fungsi lainnya. Meskipun asupan lemak memiliki berbagai fungsi yang bermanfaat bagi tubuh, namun asupan lemak berlebih akan berkontribusi pada penyakit jantung dan obesitas dikarenakan kandungan energi dari lemak yang tinggi. Dalam bab ini akan dibahas beberapa hal yang berkaitan dengan lemak, sehingga mahasiswa dapat memahami asupan lemak yang tepat untuk dapat memperoleh manfaat dari lemak.

Tujuan Instruksional:

Pada akhir penyampaian materi ini mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan dan/atau mendeskripsikan kembali definisi lemak, golongan lemak, struktur kimia lemak, sumber lemak, pencernaan dan penyerapan lemak, metabolisme lemak dan fungsi lemak.

Capaian Pembelajaran:

Setelah mendapatkan materi ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. Mendeskripsikan pengertian atau definisi dari lemak
2. Menjelaskan tentang penggolongan dan struktur kimia pada lemak
3. Menjelaskan sumber-sumber lemak sesuai dengan golongan lemak
4. Mendeskripsikan tentang proses pencernaan dan penyerapan/*absorbsi* lemak
5. Menjelaskan tentang proses metabolisme lemak
6. Mendeskripsikan tentang fungsi lemak

Uraian Materi

A. Pengertian Lemak

Lemak termasuk dalam kelompok zat gizi makro, dan merupakan salah satu senyawa organik yang memiliki sifat tidak dapat larut dalam air, namun dapat larut dalam pelarut organik non-polar contohnya eter, klorofom, dan benzena. Sifat tidak larut air ini disebut dengan hidrofobik (sukar larut dalam air). Lemak memainkan peran biologis yang sangat kompleks, diantaranya adalah sebagai penyusun struktur pada membran sel, sumber energi, dan pengaturan impuls saraf (Chianese *et al*, 2018) sehingga homeostatis lemak sangat penting dalam proses metabolisme untuk keberlangsungan makhluk hidup, khususnya manusia.

Lemak menjadi salah satu unsur terpenting dalam kelompok zat gizi karena memiliki nilai energi yang tinggi untuk mendukung keberlangsungan makhluk hidup. 1 gram lemak dapat menghasilkan energi sebesar 9 kkal (Youdim, 2019) dimana angka ini jauh lebih besar jika dibandingkan dengan energi yang dihasilkan oleh karbohidrat dan protein, yaitu hanya 4 kkal/1 gram. Selain itu lemak juga menjadi faktor terpenting dalam penyerapan vitamin-vitamin larut lemak (Ernstmeyer & Christman, 2021). Terdapat tiga komponen utama lemak yaitu Trigliserida, Fosfolipid, dan Sterol. Trigliserida merupakan jenis lemak yang paling banyak ditemukan di dalam makanan. Lemak yang beredar dalam tubuh berasal dari makanan yang dikonsumsi dan juga dari hasil produksi organ hati.

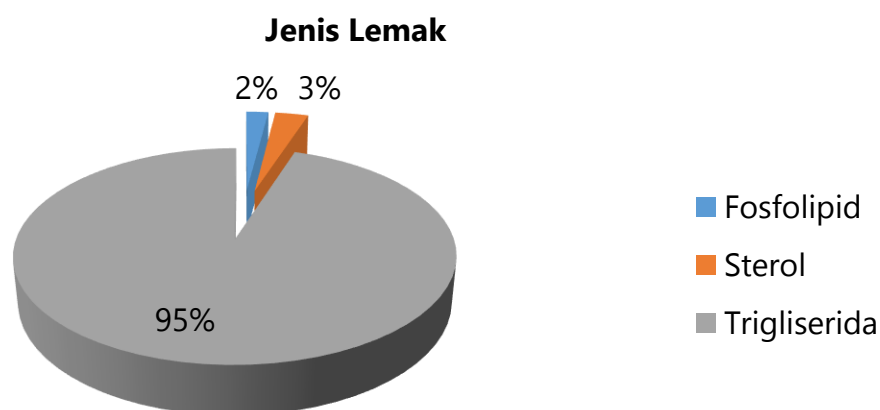
Hampir seluruh bahan makanan memiliki kandungan lemak dengan jumlah yang berbeda-beda. Lemak secara alami terdapat dalam bahan pangan nabati maupun hewani. Lemak yang terdapat pada bahan pangan hewani adalah sterol yang biasa disebut dengan kolesterol, sedangkan pada bahan pangan nabati adalah fitosterol yang mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh. Lemak atau minyak juga seringkali sengaja ditambahkan ke dalam bahan makanan dengan tujuan-tujuan tertentu, misalnya lemak atau minyak yang ditambahkan pada proses pengolahan makanan dengan tujuan sebagai media penghantar panas seperti minyak goreng, margarin, mentega. Selain sebagai media penghantar panas, lemak yang ditambahkan dalam proses pengolahan juga bertujuan untuk memperbaiki tekstur dan cita rasa makanan, misalnya penambahan *shortening* pada pembuatan produk kue ataupun roti.

Anjuran konsumsi lemak dan minyak harian berdasarkan PMK No.14 Tahun 2014 adalah tidak lebih dari 25% kebutuhan energi, yang berasal dari konsumsi lemak dan minyak tersebut berasal dari hidangan sehari-hari. Konsumsi berlebih dari anjuran tersebut dapat menyebabkan berkurangnya konsumsi makanan lainnya

yang mengandung karbohidrat dan lemak karena proses pencernaan lemak berlangsung lebih lama di dalam tubuh. Selain itu konsumsi lemak berlebih dapat meningkatkan resiko terjadinya penyakit tidak menular seperti Hipertensi, Obesitas, Hiperkolesterol, DM (Diabetes Melitus), sampai dengan Penyakit Jantung.

B. Penggolongan dan Struktur Kimia pada Lemak

Secara umum terdapat tiga jenis lemak yaitu Trigliserida, Fosfolipid, dan Sterol. Unsur utama penyusun lemak adalah karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O).

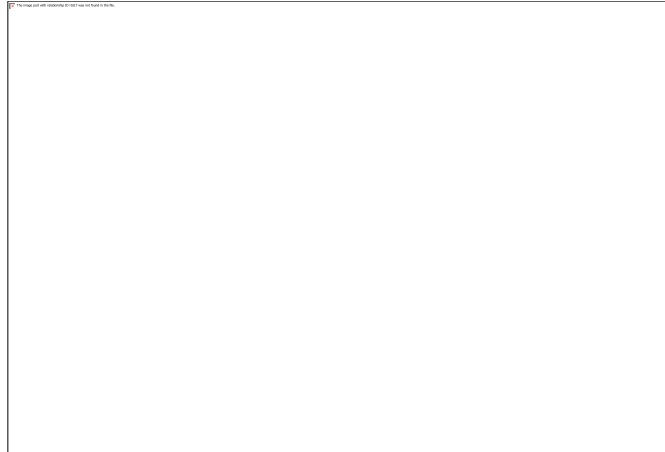


Gambar 4.1 Pembagian Jenis Lemak

1. Trigliserida

Trigliserida adalah salah satu jenis lemak yang paling banyak terdapat pada tubuh manusia, bahkan lebih dari 95% lemak yang terdapat pada makanan adalah jenis trigliserida juga. Trigliserida dalam makanan biasanya dikenal dengan istilah "lemak" yang bentuknya lebih padat dan istilah "minyak" untuk lemak yang lebih cair pada suhu ruangan. Trigliserida yang terdapat dalam makanan dapat terlihat (*visible*) dan tersembunyi (*invisible*), atau tersembunyi. Lemak yang terlihat contohnya pada minyak sayur, mentega, margarin, dan juga lemak *marbling* pada daging yang dapat terlihat dengan jelas, sedangkan lemak yang tersembunyi (*invisible*) terdapat pada susu dan produk turunannya, serta pada makanan yang digoreng. Selain itu trigliserida juga secara alami terdapat pada zaitun, kacang-kacangan, dan alpukat. Ketidakseimbangan trigliserida dalam tubuh seseorang dihubungkan dengan kejadian penyakit obesitas, penyakit jantung dan berbagai macam penyakit metabolik lainnya (Shulman, 2014 ; Quehenberger & Dennis, 2011 ; Cohen *et al*, 2011). Trigliserida disimpan di dalam sel yang disebut dengan *lipid droplet* dan sebagai penyedia energi bagi mitokondria (Herker, *et al*. 2021).

Trigliserida tersusun dari 3 molekul asam lemak dan 1 molekul gliserol. Molekul asam lemak tersusun dari rantai hidrokarbon (CH dan rantai karboksil (COOH), sedangkan molekul gliserol memiliki gugus hidroksil (-OH) dengan tiap gugusnya terhubung dengan gugus karboksil pada molekul asam lemak tersebut. Adapun struktur kimia tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.2 Struktur kimia pada trigliserida yang menunjukkan kerangka gliserol saling berikatan dengan 3 rantai karboksil asam lemak

2. Fosfolipid

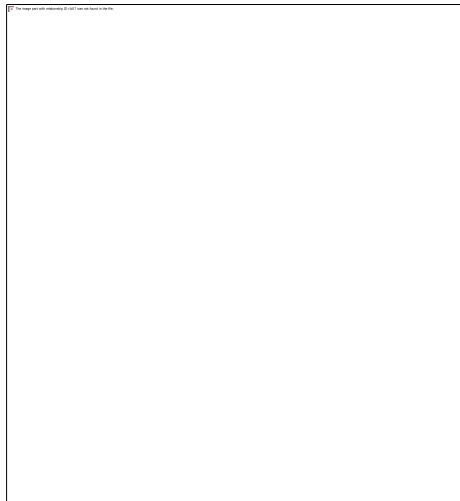
Jenis lemak ini dapat ditemukan baik di tumbuhan maupun hewan, namun hanya 2% yang tersedia dalam makanan. Fosfolipid mengandung asam lemak, alkohol dan residu asam fosfor, sehingga fosfolipid termasuk dalam kelompok lemak kompleks. Fosfolipid dapat dihasilkan oleh tubuh dengan sendirinya sehingga tidak harus selalu diperoleh dari makanan yang dikonsumsi.

Struktur kimia fosfolipid hampir mirip dengan trigliserida, yaitu memiliki molekul asam lemak dan gliserol, namun pada fosfolipid hanya memiliki dua rantai asam lemak yang berikatan dengan gliserol sedangkan satu asam lemak lainnya berikatan langsung dengan rantai fosfat. Kondisi tersebut yang membuat fosfolipid disebut hidrofilik (tertarik pada air), sehingga fosfolipid memiliki sifat yang unik, yaitu dapat larut baik pada air maupun lemak (amfifilik).



Gambar 4.3 Perbedaan struktur kimia pada trigliserida dan fosfolipid, dimana fosfolipid memiliki rantai fosfat yang berikatan dengan gliserol

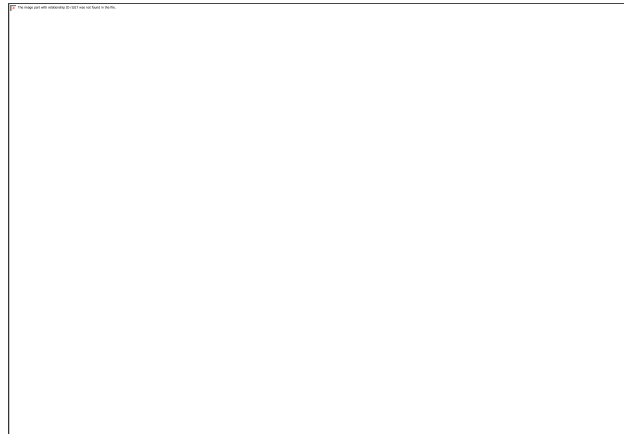
Karakteristik yang unik pada fosfolipid tersebut menjadikan fosfolipid memiliki fungsi sebagai pengemulsi (*emulsifier*), yang dapat menjaga minyak dan air tetap tercampur dengan cara menyebarkan tetesan-tetesan kecil (*droplet*) minyak ke seluruh air. Lesitin adalah salah satu jenis fosfolipid yang dapat ditemukan dalam kuning telur dan kedelai, yang biasanya dicampurkan dalam pembuatan produk makanan tertentu agar menghasilkan produk yang lebih menarik dari segi rasa maupun tekstur.



Gambar 4.4 Molekul fosfolipid yang bersifat hidrofobik pada bagian “ekor” dan hidrofilik pada bagian “kepala”

Selain itu, sifat amfifilik juga sangat bermanfaat dalam proses metabolisme dalam tubuh. Sel-sel dalam tubuh dilindungi oleh membran yang tersusun dari lapisan ganda fosfolipid (*phospholipid bilayer*), yang berfungsi melindungi sel bagian dalam (yang bersifat hidrofobik) dan

sekaligus sebagai tempat transportasi lemak dan air melalui membran tersebut.



Gambar 4.5 Fosfolipid menyusun struktur lapisan ganda pada membran sel untuk melindungi sel bagian dalam dan tempat transportasi lemak dan air

3. Sterol

Sterol adalah jenis lemak yang paling sedikit. Salah satu jenis sterol yang umum diketahui adalah kolesterol yang biasanya diartikan sebagai lemak yang buruk, namun sebenarnya kolesterol yang berasal dari makanan hanya sedikit dan lebih banyak dihasilkan oleh tubuh sendiri yaitu di dalam hati. Kolesterol juga dikenal sebagai penyebab dari penyakit jantung karena dapat menyebabkan plak pada dinding pembuluh darah dan terjadi arterosklerosis. Meskipun dikenal berhubungan dengan kejadian penyakit jantung namun kolesterol memiliki peran yang sangat penting dalam tubuh, contohnya sebagai struktur penyusun membran sel, sebagai prekursor dalam sintesis Vitamin D dan hormon reproduksi (seperti progesteron, testosteron, dan estrogen).

Kolesterol hanya terdapat pada bahan pangan hewani, seperti daging, ikan, kuning telur, mentega, susu dan turunannya, meskipun demikian pada bahan pangan nabati terdapat sterol yang secara struktur menyerupai kolesterol dan bahkan dapat menurunkan kadar kolesterol jenis LDL (*Low Densit Lipoprotein*) dalam tubuh. Sterol dalam bahan pangan hewani secara alami terdapat pada kacang-kacangan, biji-bijian, dan gandum utuh.

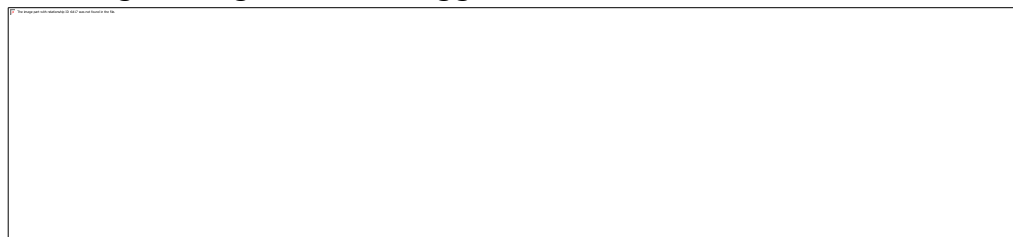
Sterol memiliki struktur kimia yang sangat berbeda dari trigliserida dan fosfolipid dikarenakan sebagian besar sterol tidak tersusun dari asam lemak namun tersusun dengan berbagai macam cincin (*multi-ring structure*). Adapun struktur kima pada sterol adalah sebagai berikut.



Gambar 4.6 Kolesterol tersusun dari berbagai macam cincin karbon yang berikatan satu sama lain

4. Asam Lemak

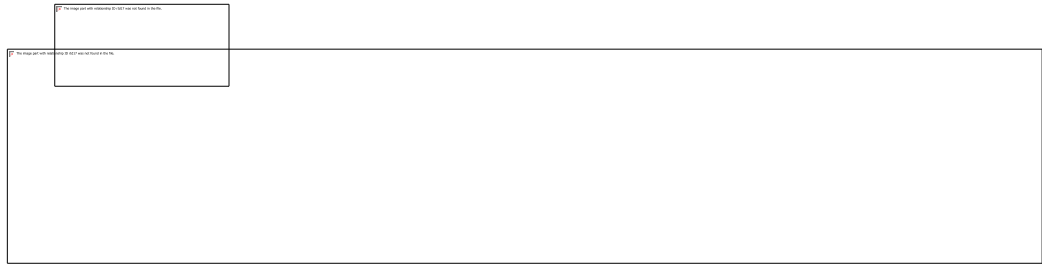
Asam lemak memiliki panjang rantai yang berbeda dan biasanya antara empat dan 24 karbon dengan sebagian besar karbon mengandung atom karbon yang genap. Asam lemak terbagi menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Tingkat kejenuhan dalam hal ini mengacu pada kondisi atom karbon dalam rantai asam lemak apakah terisi oleh atom hidrogen secara maksimal atau tidak. Dalam asam lemak jenuh, setiap karbon terikat pada dua atom hidrogen dengan ikatan tunggal diantara karbon-karbon tersebut.



Gambar 4.7 Asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acid : Palmitic Acid*)

Pada asam lemak tak jenuh terdapat titik-titik dimana atom hidrogen tidak ada karena terdapat ikatan rangkap antara karbon ($C=C$). Hal tersebut disebut dengan titik jenuh karena hanya berikatan pada satu atom hidrogen bukan dua seperti pada asam lemak tak jenuh.

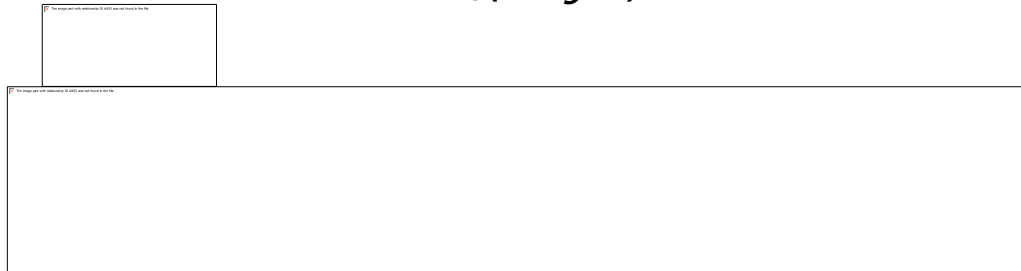
Asam lemak tak jenuh memiliki satu atau lebih ikatan rangkap (titik jenuh) antara karbon. Asam lemak tak jenuh tunggal adalah jenis asam lemak yang memiliki satu ikatan rangkap antar karbon, sedangkan asam lemak tak jenuh ganda adalah asam lemak yang memiliki dua atau lebih ikatan rangkap antar karbon.



Gambar 4.8 Asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acid : Palmitic Acid*)



Gambar 4.9 Asam lemak tak jenuh tunggal (*Monounsaturated fatty acid : Oleic Acid/(Omega-9)*)



Gambar 4.10 Asam lemak tak jenuh ganda (*Polyunsaturated fatty acid : Linoleic Acid/(Omega-6)*)



Gambar 4.11 Asam lemak tak jenuh ganda (*Polyunsaturated fatty acid : Alpha-linolenic Acid/(Omega-3)*)

Asam lemak sangat penting untuk keberlangsungan seluruh sistem organ tubuh. Tubuh dapat mensintesis sebagian asam lemak yang dibutuhkan, namun terdapat dua asam lemak yang tidak dapat disintesis oleh tubuh yaitu asam lemak linoleat (LA) atau omega-6 dan asam lemak alfa linoleat (ALA) atau omega-3. Kedua asam lemak tersebut disebut dengan asam lemak esensial karena harus diperoleh dari konsumsi makanan dalam menu sehari-hari.

C. Sumber Lemak

Lemak yang terdapat dalam makanan adalah campuran dari jenis lemak jenuh (SFA/*Saturated Fatty Acid*), lemak tak jenuh tunggal (MUFA/*Monounsaturated Fatty Acid*), dan lemak tak jenuh ganda (PUFA/*Polyunsaturated Fatty Acid*). Penggolongan makanan berdasarkan sumber lemak didasarkan pada kandungan dominan dari jenis asam lemak yang terdapat di dalam makanan tersebut.

1. Asam Lemak Jenuh

Salah satu karakteristik sumber makanan yang mengandung tinggi asam lemak jenuh adalah padat di suhu ruang. Beberapa sumber pangan yang tinggi asam lemak jenuh diantaranya adalah minyak kelapa, daging merah, susu full krim, gorengan dan makanan lain yang digoreng terutama dengan teknik *deep frying*. Sebagian besar sumber pangan tinggi asam lemak jenuh berasal dari kelompok bahan pangan hewani (meskipun jenis unggas dan telur justru memiliki kandungan asam lemak tak jenuh lebih tinggi). Konsumsi berlebih pada makanan dengan kandungan lemak jenuh yang tinggi dapat meningkatkan kadar LDL (*Low Density Lipoprotein*) dan berisiko menyebabkan terjadinya penyakit jantung.

2. Asam Lemak Tak Jenuh

Asam lemak tak jenuh memiliki karakteristik yang cenderung berbentuk cair pada suhu ruang, hal tersebut dikarenakan adanya ikatan rangkap struktur kimia pada asam lemak tak jenuh ($C=C$) yang dapat menciptakan lengkungan pada rangkai karbon sehingga asam lemak tidak saling menempel dengan rapat. Beberapa makanan yang mengandung asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) diantaranya adalah kacang almond, kacang mente, kacang tanah, minyak zaitun, alpukat, unggas, dan telur. Sumber pangan yang mengandung lemak tak jenuh ganda (PUFA) contohnya minyak jagung dan minyak kedelai yang mengandung asam lemak linoleat (LA) atau omega-6, sedangkan ikan salmon, ikan makarel, ikan tuna, biji-bijian utuh, polong-polongan, kacang-kacangan, sayuran berdaun hijau tua kaya akan asam lemak alfa-linolenat (ALA) atau omega-3). EPA dan DHA merupakan jenis asam lemak omega-3 yang banyak terdapat pada ikan atau sumber pangan laut.

D. Proses Pencernaan dan Absorpsi Lemak

Pencernaan adalah proses memecah makanan menjadi bagian yang lebih kecil agar dapat lebih mudah diserap maupun dikeluarkan oleh tubuh. Proses pencernaan dan penyerapan lemak sendiri berfungsi untuk menjaga homeostasis seluruh sistem jaringan dalam tubuh. Secara umum proses pencernaan dan penyerapan lemak terdiri dari tiga fase utama, antara lain pemecahan lemak, pencernaan secara

kimiawi, distribusi zat gizi oleh sistem limfatik (Werner A *et al*, 2013). Lemak merupakan molekul yang lebih besar dibanding dengan molekul karbohidrat maupun protein dan tidak dapat larut air, sehingga pencernaan lemak memiliki tantangan tersendiri dalam tubuh. Berikut ini adalah proses pencernaan lemak pada masing-masing organ:

1. Pencernaan Lemak di Mulut

Pencernaan lemak yang terjadi di mulut melibatkan proses secara mekanik dan kimiawi. Pencernaan secara mekanik yang disebut juga dengan mastikasi (*mastication*) terjadi dengan bantuan gigi dan lidah untuk memotong-motong makanan menjadi bagian yang lebih kecil. Pencernaan lemak di mulut secara kimiawi berlangsung melalui pencampuran makanan dengan *saliva* (air liur) yang mengandung enzim lipase atau yang disebut dengan *lingual lipase* agar lebih mudah dicerna. Meskipun enzim lipase ini juga dihasilkan di dalam mulut, namun akan lebih banyak aktif di dalam lambung untuk memecah asam lemak rantai pendek (SCFA).

Setelah makanan dicerna di dalam mulut, makanan yang telah bercampur dengan bercampur dengan *saliva* dan menjadi lebih lembut (yang disebut dengan istilah *bolus*) akan diteruskan ke esofagus untuk menuju ke lambung.

2. Pencernaan Lemak di Lambung

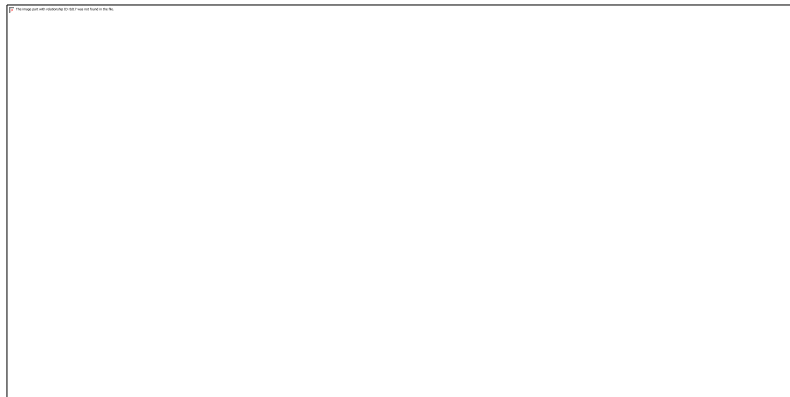
Pencernaan di lambung juga terdiri dari dua proses, mekanik dan kimiawi, namun hanya sebagian kecil proses pencernaan lemak terjadi di lambung. Sekitar dua sampai dengan empat jam setelah makan, lipase lambung (*gastric lipase*) akan memecah sekitar 30% trigliserida menjadi digliserida dan asam lemak, yaitu komponen lemak yang lebih sederhana.

3. Pencernaan Lemak di Usus Halus

Pencernaan lemak sebagian besar terjadi di dalam usus halus. Terdapat beberapa enzim yang akan membantu pencernaan trigliserida, fosfolipid dan sterol secara khusus.

Saat makanan mencapai usus halus berupa *cyhme* atau kimus, secara otomatis hormon kolesistokinin/*cholecystokinin* (CCK) dilepaskan oleh mukosa usus untuk merangsang pelepasan lipase pankreas (*pancreatic lipase*) dan merangsang kontraksi kantong empedu agar melepaskan garam empedu. Lipase pankreas dan garam empedu masuk ke dalam usus dua belas jari atau duodenum memecah trigliserida menjadi monogliserida dan asam lemak bebas (FFA). Selanjutnya terdapat enzim fosfolipase (*phospolipase*) yang memecah lesitin menjadi lisolesitin dan asam lemak, sedangkan sterol dipecah oleh enzim kolesterol esterase (*cholesterol esterase*) menjadi bagian kolesterol dan asam lemak.

Monogliserida dan asam lemak yang dipecah oleh enzim lipase akan membentuk sebuah misel (*micelles*), yaitu kumpulan dari monogliserida dan asam lemak yang membentuk suatu unit dimana bagian dari monogliserida yang bersifat hidrofilik (tertarik pada air) akan berada pada bagian luar dan asam lemak akan berada di bagian dalam. Misel tersebut belum dapat dengan mudah menembus enterosit sehingga terjadi penambahan komponen kolesterol, cairan asam empedu dan lisolesitin pada monogliserida dan asam lemak. Pencampuran beberapa komponen tersebut akan membuat misel lebih dapat larut dalam air dan dapat menembus enterosit untuk diserap.



Gambar 4.12 Misel yang hanya terdiri dari monogliserida dan asam lemak (kiri) dan misel yang terdiri dari komponen tambahan (kolesterol/ *cholesterol*, asam empedu/ *bile acid*, lisolesitin/ *lysolecithin*) (kanan)

E. Metabolisme Lemak

Metabolisme lemak dikaitkan dengan metabolisme karbohidrat karena produk glukosa dapat diubah menjadi lemak (*lipid*). Metabolisme lemak melibatkan oksidasi asam lemak untuk menghasilkan ATP atau mensintesis lemak baru dari molekul penyusun yang lebih kecil.

Setelah lemak yang dicerna diserap melalui enterosit (dinding usus halus), lemak harus dibawa ke seluruh tubuh untuk dapat dimanfaatkan oleh seluruh sel yang ada di tubuh maupun untuk disimpan sebagai cadangan. Hal harus diperhatikan kembali adalah bahwa lemak tidak dapat larut dalam air sehingga lemak membutuhkan bantuan agar dapat diserap oleh tubuh yang sebagian besar terdiri dari air.

Molekul lemak yang tidak dapat larut dalam air tersebut harus berikatan dengan protein spesifik untuk dapat menjadi makromolekul yang dapat larut dalam air. Protein spesifik tersebut disebut dengan lipoprotein. Lipoprotein adalah ikatan lemak yang terdiri dari kolesterol, trigliserida, dan fosfolipid, dengan protein. Lipoprotein akan menjadi kendaraan untuk membawa lemak ke seluruh tubuh.

Terdapat empat jenis lipoprotein yang terbagi berdasarkan komposisi, densitas dan mobilitasnya, antara lain kilomikron, LDL (*low density lipoprotein*), VLDL (*very low density lipoprotein*), dan HDL (*high density lipoprotein*). Metabolisme lemak dalam darah diangkut melalui dua cara, yaitu dengan jalur eksogen dan jalur endogen (Lent-Schochet D, 2024)

1. Jalur Eksogen

Lemak yang berasal dari makanan yang kita makan terdiri dari trigliserida dan kolesterol. Berdasarkan penjelasan di sub bab pencernaan dan penyerapan lemak, trigliserida akan diserap sebagai molekul paling sederhana yaitu asam lemak bebas (FFA) dan kolesterol sebagai kolesterol. Keduanya diserap ke dalam enterosit usus halus. Setelah melewati enterosit usus halus, FFA diubah kembali menjadi trigliserida dan kolesterol menjadi kolesterol ester. Trigliserida dan kolesterol ester ini akan bergabung bersama fosfolipid dan apolipoprotein untuk membentuk partikel lipoprotein besar yang disebut kilomikron. Kilomikron ini yang akan beredar di dalam darah dan sekaligus selama proses peredaran tersebut, trigliserida yang terdapat di dalamnya akan mengalami penguraian oleh enzim lipoprotein lipase (berasal dari endotel) sehingga membentuk FFA dan kilomikron remnan.

FFA tersebut dapat disimpan kembali sebagai trigliserida di jaringan adiposa. Trigliserida yang disimpan dalam jaringan adiposa akan digunakan seaktu-waktu jika membutuhkan energi dari lemak dengan cara dipecah menjadi asam lemak dan gliserol dan ditransportasikan menuju sel-sel untuk dioksidasi menjadi energi. Pemecahan lemak dari jaringan adiposa tersebut disebut dengan *lipolisis*. Asam lemak tersebut ditransportasikan ke seluruh jaringan yang membutuhkan dalam bentuk FFA.

Kilomikron remnan akan dimetabolisme di dalam hati sehingga menghasilkan kolesterol bebas. Kolesterol yang mencapai organ hati, sebagian akan dirubah menjadi asam empedu yang nantinya akan dikeluarkan ke dalam usus dan membantu penyerapan makanan. Sebagian kolesterol lainnya akan dikeluarkan melalui saluran empedu tanpa dimetabolisme menjadi asam empedu dan hati akan mendistribusikan kolesterol ini ke jaringan tubuh lainnya dengan jalur endogen. Kilomikron yang kandungan lemaknya telah diambil/kosong selanjutnya akan dibuang dari aliran darah oleh hati.

2. Jalur Endogen

Trigliserida dan kolesterol disintesis oleh hati dan diangkut secara endogen dalam bentuk VLDL. VLDL ini akan dihidrolisis oleh *lipoprotein lipase* yang juga menghidrolisis kilomikron menjadi IDL (*intermediate Density Lipoprotein*). IDL akan diambil oleh hati dan dipecah lebih lanjut dengan hasil akhir LDL. LDL

tersebut akan diambil oleh reseptor LDL di hati dan dikatabolisme, selanjutnya LDL yang mengantarkan kolesterol ke seluruh tubuh. Saat terjadi hidrolisis kilomikron di hati dan usus dihasilkan HDL dengan bantuan enzim *lecithin cholesterol acyltransferase* (LCAT). Ester kolesterol ini akan mengalami perpindahan dari HDL kepada VLDL dan IDL, sehingga terjadi kebalikan arah transport kolesterol dari perifer ke hati.

3. Jalur *Reverse Cholesterol Transport*

IDL dilepaskan dalam bentuk partikel kecil yang sedikit kolesterol dan mengandung (apo) A, C, D, E dan disebut dengan istilah HDL *nascent*. HDL *nascent* tersebut berasal dari usus halus dan hati dan memiliki bentuk pipih serta mengandung apolipoprotein A1. HDL *nascent* akan mendekati makrofag untuk mengambil kolesterol yang tersimpan di makrofag. Kolesterol di dalam makrofag harus dibawa ke permukaan membran sel makrofag oleh *adenosine triphosphate binding cassette transporter 1* agar dapat diambil oleh HDL *nascent*. HDL *nascent* akan menjadi HDL dewasa setelah mengambil kolesterol dari makrofag tersebut dan berbentuk bulat.

Kolesterol bebas yang telah diambil oleh HDL akan diesterifikasi menjadi kolesterol ester oleh LCAT, dan selanjutnya sebagian kolesterol ester yang dibawa oleh HDL akan mengambil 2 jalur. Jalur pertama adalah jalur ke hati yang ditangkap oleh *scavenger receptor class B type I* (SR-BI) dan jalur kedua adalah kolesterol ester dalam HDL akan ditukarkan dengan trigliserida dari VLDL dan IDL dengan bantuan *cholesterol ester transferase* (CETP). Dapat disimpulkan bahwa fungsi HDL sebagai penyerap kolesterol dari makrofag memiliki dua jalur yaitu langsung ke hati dan jalur tidak langsung melalui VLD dan IDL untuk membawa kolesterol kembali ke hati.

F. Fungsi Lemak

1. Sumber Energi

Sebagian besar energi yang dibutuhkan oleh manusia adalah berasal dari karbohidrat dan lemak dari makanan yang dikonsumsi sehari-hari. Kelebihan energi dari makanan tersebut akan disimpan di dalam jaringan adiposa. Lemak yang tersimpan di dalam jaringan adiposa akan menjadi cadangan energi yang lebih besar dan disimpan dalam jangka waktu yang panjang, dibandingkan dengan glikogen yang berasal dari karbohidrat.

Lemak juga bertanggung jawab pada sebagian besar energi yang digunakan pada saat olahraga. Selanjutnya, lemak subkutan, trigliserida, dan kolesterol berkontribusi juga pada oksidasi asam lemak (Achten, J., & Jeukendrup, A. E, 2004 ; Achten, J., & Jeukendrup, A. E, 2015). Dalam semua

aktivitas kehidupan sehari-hari, kita membutuhkan simpanan energi yang berasal dari lemak, baik pada saat melakukan suatu pekerjaan tertentu yang membutuhkan kontraksi otot, maupun saat sedang beristirahat. Aktivitas tubuh yang membutuhkan energi pada saat istirahat contohnya adalah aktivitas dari sistem pernafasan, sistem pencernaan, dan sistem peredaran darah.

2. Pelindung

Sebagian lemak di tubuh disimpan pada bagian rongga perut yang disebut dengan istilah lemak visceral (*Visceral Adipose Tissue/VAT*), dan tepat di bawah kulit yang disebut dengan lemak subkutan (*Subcutaneous Adipose Tissue/SAT*). Lemak visceral berfungsi melindungi organ-organ interna tubuh seperti jantung, ginjal, dan hati. Selain itu jaringan lemak subkutan yang terletak di bawah kulit berfungsi melindungi tubuh dari suhu dingin, mengontrol suhu tubuh, dan melindungi tubuh dari trauma benda tumpul (James G, 2013)

3. Pengaturan Sinyal Tubuh

Selain menjadi sumber energi dan pelindung, lemak juga berfungsi dalam mengontrol sinyal di tubuh, baik yang berhubungan dengan produksi hormon, maupun dengan sistem saraf. Jaringan adiposa yang merupakan tempat penyimpanan lemak juga berfungsi sebagai organ endokrin yang memproduksi dan mengatur hormon (Smith, U., & Kahn, B. B, 2016), contohnya hormon leptin yang dikeluarkan oleh jaringan adiposa saat tubuh telah memiliki cukup lemak, sehingga kita merasa kenyang (Motter, A. L., & Ahern, G. P, 2012). Lemak memiliki peran dalam aktivitas otak yang berkaitan dengan sistem neuron untuk keberlangsungan seluruh sel tubuh (Chianese, R *et al*, 2018).

4. Penyerapan Vitamin Larut Lemak

Lemak membantu pengangkutan vitamin-vitamin larut lemak (vitamin A, D, E, K) melalui proses pencernaan dan meningkatkan penyerapannya (bioavailabilitas) di usus. Selain itu, lemak juga membantu meningkatkan penyerapan senyawa bioaktif yang berasal dari tumbuh-tumbuhan (fitokima) yang merupakan senyawa zat gizi non-esensial. Senyawa tersebut tidak dibutuhkan oleh tubuh untuk mempertahankan metabolisme tubuh, namun beberapa penelitian menemukan fitokimia berperan dalam pencegahan maupun pengobatan bagi penyakit-penyakit kronis (penyakit jantung, hipertensi, DM, dan lain-lain).

G. Latihan

1. Berapa nilai energi lemak dalam satu gram lemak?
 - a) 9 kkal/gr
 - b) 8 kkal/gr
 - c) 7 kkal/gr
 - d) 6 kkal/gr
 - e) 5 kkal/gr
2. Karakteristik utama dari lemak adalah ...
 - a) Tidak larut dalam pelarut organik
 - b) Tidak larut dalam air
 - c) Menghasilkan energi yang paling kecil
 - d) Dibutuhkan tubuh dalam jumlah yang kecil
 - e) Zat gizi yang memiliki komponen paling sederhana
3. Unsur utama penyusun lemak adalah
 - a) C, N, O
 - b) C, F, O
 - c) C, H, O
 - d) C, H, F
 - e) C, P, O
4. Penggolongan lemak secara umum adalah
 - a) Kolesterol, Fosfolipid, Sterol
 - b) Sterol, Fosfolipid, Trigliserida
 - c) LDL, HDL, IDL
 - d) MUFA, PUFA
 - e) EPA, DHA
5. Penggolongan sumber lemak didasarkan pada
 - a) Bentuk dan karakteristik bahan pangan
 - b) Rasa dan karakteristik bahan pangan tersebut
 - c) Kandungan asam lemak campuran pada makanan tersebut
 - d) Kandungan asam lemak yang terdapat pada makanan tersebut
 - e) Kandungan asam lemak yang dominan terdapat dalam makanan tersebut
6. Contoh sumber pangan yang mengandung lemak tak jenuh tunggal
 - a) Kacang almond
 - b) Minyak kedelai
 - c) Ikan makarel
 - d) Ikan tuba
 - e) Daging merah

7. Pencernaan makanan di dalam mulut yang melibatkan gerakan mekanik oleh lidah dan gigi disebut dengan
 - a) Saliva
 - b) Bolus
 - c) Chyme
 - d) Mastikasi
 - e) Lipase
8. Hormon yang dilepaskan oleh mukosa usus untuk merangsang lipase pankreas adalah
 - a) Hormon Progesteron
 - b) Hormon Kolesistokinin
 - c) Hormon Estrogen
 - d) Hormon Sitokin
 - e) Hormon Prolaktin
9. Molekul lemak yang berikatan dengan protein dan menjadi kendaraan untuk membawa lemak ke seluruh tubuh adalah
 - a) Lipid
 - b) Sterol
 - c) Trigliserida
 - d) Lipoprotein
 - e) Kilomikron
10. Pemecahan lemak dari jaringan adiposa disebut dengan
 - a) Lipoprotein
 - b) Lipolisis
 - c) Apolipoprotein
 - d) Tripospat Binding
 - e) Kolesterol Ester Transferase
11. Lemak yang terdapat di rongga perut dan berfungsi melindungi organ tubuh interna disebut dengan
 - a) Lemak viseral
 - b) Lemak subkutan
 - c) Lemak tak jenu
 - d) Lemak jenu
 - e) Lemak tak jenu ganda
12. Lemak berfungsi meningkatkan penyerapan senyawa bioaktif yang berasal dari tumbuhan yang disebut dengan
 - a) Lipid
 - b) Protein

- c) Mitokondria
- d) Fitokimia
- e) Lesitin

Kunci Jawaban

- | | |
|------|-------|
| 1) A | 7) D |
| 2) B | 8) B |
| 3) C | 9) D |
| 4) B | 10) B |
| 5) E | 11) A |
| 6) A | 12) D |

H. Rangkuman Materi

Lemak termasuk dalam kelompok zat gizi makro, dan merupakan salah satu senyawa organik yang memiliki sifat tidak dapat larut dalam air, namun dapat larut dalam pelarut organik non-polar contohnya eter, klorofom, dan benzena. Sifat tidak larut air ini disebut dengan hidrofobik (sukar larut dalam air). Anjuran konsumsi lemak dan minyak harian berdasarkan PMK No.14 Tahun 2014 adalah tidak lebih dari 25% kebutuhan energi, yang berasal dari konsumsi lemak dan minyak tersebut berasal dari hidangan sehari-hari.

Secara umum terdapat tiga jenis lemak yaitu Trigliserida, Fosfolipid, dan Sterol. Unsur utama penyusun lemak adalah karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Trigliserida adalah salah satu jenis lemak yang paling banyak terdapat pada tubuh manusia, bahkan lebih dari 95% lemak yang terdapat pada makanan adalah jenis trigliserida juga. Fosfolipid mengandung asam lemak, alkohol dan residu asam fosfor, sehingga fosfolipid termasuk dalam kelompok lemak kompleks. Fosfolipid dapat dihasilkan oleh tubuh dengan sendirinya sehingga tidak harus selalu diperoleh dari makanan yang dikonsumsi. Sterol adalah jenis lemak yang paling sedikit. Salah satu jenis sterol yang umum diketahui adalah kolesterol yang biasanya diartikan sebagai lemak yang buruk, namun sebenarnya kolesterol yang berasal dari makanan hanya sedikit dan lebih banyak dihasilkan oleh tubuh sendiri yaitu di dalam hati.

Lemak yang terdapat dalam makanan adalah campuran dari jenis lemak jenuh (SFA), lemak tak jenuh tunggal (MUFA), dan lemak tak jenuh ganda (PUFA). Penggolongan makanan berdasarkan sumber lemak didasarkan pada kandungan dominan dari jenis asam lemak yang terdapat di dalam makanan tersebut.

Lemak merupakan molekul yang lebih besar dibanding dengan molekul karbohidrat maupun protein dan tidak dapat larut air, sehingga pencernaan lemak memiliki tantangan tersendiri dalam tubuh. Pencernaan lemak sebagian besar terjadi di dalam usus halus. Terdapat beberapa enzim yang akan membantu pencernaan trigliserida, fosfolipid dan sterol secara khusus. Molekul lemak yang tidak dapat larut dalam air tersebut harus berikatan dengan protein spesifik untuk dapat menjadi makromolekul yang dapat larut dalam air yang disebut dengan lipoprotein. Lipoprotein adalah ikatan lemak yang terdiri dari kolesterol, trigliserida, dan fosfolipid, dengan protein. Lipoprotein akan menjadi kendaraan untuk membawa lemak ke seluruh tubuh. Terdapat empat jenis lipoprotein yang terbagi berdasarkan komposisi, densitas dan mobilitasnya, antara lain kilomikron, LDL, VLDL, dan HDL.

I. Glosarium

DM	: Diabetes Mellitus
LDL	: Low Density Lipoprotein
LA	: Linoleic Acid
ALA	: Alpha-Linolenic Acid
EPA	: Eicosapentaenoic Acid
DHA	: Docosahehexanoic Acid
SFA	: Saturated Fatty Acid
MUFA	: Monounsaturated Fatty Acid
PUFA	: Polyunsaturated Fatty Acid
SCFA	: Short-Chain Fatty Acid
CCK	: Cholecystokinin
FFA	: Free-Fatty Acid
LDL	: Low Density Lipoprotein
HDL	: High Density Lipoprotein
VLDL	: Very Low Density Lipoprotein
IDL	: Intermediate-Density Lipoprotein
LCAT	: Lecithin Cholesterol Acyltransferase
CETP	: Cholesterol Ester Transferase
VAT	: Visceral Adipose Tissue
SAT	: Subcutaneous Adipose Tissue

J. Daftar Pustaka

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2004). Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 20(7-8), 716–727. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.005>
- Chianese, R., Coccurello, R., Viggiano, A., Scafuro, M., Fiore, M., Coppola, G., Operto, F. F., Fasano, S., Laye, S., Pierantoni, R., & Meccariello, R. (2018). Impact of Dietary Fats on Brain Functions. *Current neuropharmacology*, 16(7), 1059–1085. <https://doi.org/10.2174/1570159X15666171017102547>
- Cohen, J. C., Horton, J. D., & Hobbs, H. H. (2011). Human fatty liver disease: old questions and new insights. *Science (New York, N.Y.)*, 332(6037), 1519–1523. <https://doi.org/10.1126/science.1204265>
- Ernstmeyer K, Christman E, editors. Open Resources for Nursing (Open RN); Nursing Fundamentals [Internet]. Eau Claire (WI): Chippewa Valley Technical College; 2021. Chapter 14 Nutrition. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK591829/> [Diakses pada 31 Oktober 2024]
- Genest, J. J., Jr, Martin-Munley, S. S., McNamara, J. R., Ordovas, J. M., Jenner, J., Myers, R. H., Silberman, S. R., Wilson, P. W., Salem, D. N., & Schaefer, E. J. (1992). Familial lipoprotein disorders in patients with premature coronary artery disease. *Circulation*, 85(6), 2025–2033. <https://doi.org/10.1161/01.cir.85.6.2025>
- Herker, E., Vieyres, G., Beller, M., Krahmer, N., & Bohnert, M. (2021). Lipid Droplet Contact Sites in Health and Disease. *Trends in cell biology*, 31(5), 345–358. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2021.01.004>
- James G. Marks, Jeffrey J. Miller, 2 - Structure and Function of the Skin, Editor(s): James G. Marks, Jeffrey J. Miller, Lookingbill and Marks' Principles of Dermatology (Fifth Edition), W.B. Saunders, 2013, Pages 2-10, ISBN 9781455728756, <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-2875-6.00002-9>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781455728756000029>)
- Lent-Schochet D, Jialal I. Biochemistry, Lipoprotein Metabolism. [Updated 2023 Jan 16]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553193/\(diakses](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553193/(diakses) pada 07/11/2024)
- Motter, A. L., & Ahern, G. P. (2012). TRPA1 is a polyunsaturated fatty acid sensor in mammals. *PloS one*, 7(6), e38439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038439>
- Quehenberger, O., & Dennis, E. A. (2011). The human plasma lipidome. *The New England journal of medicine*, 365(19), 1812–1823. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1104901>
- Shulman G. I. (2014). Ectopic fat in insulin resistance, dyslipidemia, and cardiometabolic disease. *The New England journal of medicine*, 371(12), 1131–1141. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1011035>
- Smith, U., & Kahn, B. B. (2016). Adipose tissue regulates insulin sensitivity: role of adipogenesis, de novo lipogenesis and novel lipids. *Journal of internal medicine*, 280(5), 465–475. <https://doi.org/10.1111/joim.12540>
- Volek, J. S., Noakes, T., & Phinney, S. D. (2015). Rethinking fat as a fuel for endurance exercise. *European journal of sport science*, 15(1), 13–20.

<https://doi.org/10.1080/17461391.2014.959564>

Werner A, Kuipers F, Verkade HJ. Fat Absorption and Lipid Metabolism in Cholestasis. In: Madame Curie Bioscience Database [Internet]. Austin (TX): Landes Bioscience; 2000-2013. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK6420/>

Youdim, A. (2019, May). *Overview of nutrition*. Merck Manual Professional Version. <https://www.merckmanuals.com/professional/nutritional-disorders/nutrition-general-considerations/overview-of-nutrition> [Diakses pada 31 Oktober 2024]

BAB 5

Protein

Pendahuluan

Ilmu Gizi mempelajari tentang zat gizi yang dibutuhkan dan berada dalam tubuh manusia dari tingkat pertumbuhan sel hingga kebutuhan energi untuk gerak tubuh dan pemeliharaan jaringan tubuh. Zat gizi terdiri dari zat gizi makro dan zat gizi mikro. Zat gizi makro dibutuhkan dalam jumlah yang besar setiap hari meliputi Karbohidrat, Protein dan Lemak. Zat gizi mikro meliputi vitamin dan mineral. Zat gizi yang dibutuhkan tubuh setiap hari diperoleh dari makanan yang mengandung zat gizi yang dibutuhkan, melalui proses pencernaan dan penyerapan. Kelebihan dan kekurangan zat gizi akan memberikan dampak bagi tubuh atau memunculkan penyakit tertentu. Bab ini berisikan tentang zat gizi Protein meliputi klasifikasi, fungsi, pencernaan, metabolisme, dan bahan makanan sumber serta mutu protein.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran ini adalah mahasiswa memahami klasifikasi, fungsi, pencernaan, metabolisme, dan bahan makanan sumber serta mutu protein.

Sasaran Pembaca

Mahasiswa Program Diploma III (D-III) Gizi dan Program Sarjana Terapan Gizi dan Dietetik (STr.Gz. dan Dietetik) yang akan memberikan mereka pengetahuan dasar sebagai penunjang dalam menguasai ilmu sesuai kompetensinya sebagai calon ahli gizi untuk melakukan pelayanan asuhan gizi di klinik maupun di masyarakat dengan berbagai kondisi.

Metode Pembelajaran

Untuk membantu mahasiswa belajar, maka buku ini dirancang menggunakan tulisan, gambar dan latihan

Pendekatan Pembelajaran

Untuk memudahkan proses belajar mahasiswa, pendekatan atau metode pembelajaran yang digunakan berupa metode ceramah yaitu bentuk pengajaran dengan penjelasan

konsep, prinsip dan fakta yang pada akhir ceramah akan ditutup dengan sesi tanya jawab. Metode ceramah ini dikombinasikan dengan metode demonstrasi, dipakai untuk mendemonstrasikan penggunaan alat atau melaksanakan kegiatan tertentu seperti kegiatan sesungguhnya.

Pedoman Penggunaan

Untuk memperdalam pemahaman mahasiswa mengenai materi ini, mahasiswa membacanya dengan seksama tulisan dalam buku ini, mengamati gambar atau skema yang terdapat dalam buku. Selain itu mahasiswa juga mengerjakan latihan yang terdapat pada akhir pembelajaran.

Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran

Tujuan Instruksional:

1. Memahami klasifikasi dan struktur protein serta asam amino
2. Memahami fungsi Protein
3. Memahami pencernaan Protein
4. Memahami metabolisme protein
5. Memahami kebutuhan protein
6. Memahami bahan makanan sumber protein
7. Memahami mutu Protein

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan klasifikasi dan struktur protein serta asam amino
2. Mampu menjelaskan fungsi Protein
3. Mampu menggambarkan pencernaan Protein
4. Mampu menjelaskan metabolisme protein
5. Mampu menjelaskan kebutuhan protein
6. Mampu menyebutkan bahan makanan sumber protein
7. Mampu menganalisis mutu Protein

Uraian Materi

A. Klasifikasi dan Struktur Protein Serta Asam Amino

Protein merupakan molekul makro yang mempunyai berat molekul antara 5000 hingga beberapa juta. Ikatan peptida menyatukan rantai panjang asam amino yang membentuk protein. Unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen membentuk asam amino, asam amino tertentu mengandung fosfor, zat besi, belerang, yodium, dan kobalt. Nitrogen merupakan komponen utama protein karena ditemukan dalam semua protein tetapi tidak ada dalam lemak dan karbohidrat, 16% dari berat protein adalah nitrogen.

Molekul protein lebih kompleks daripada karbohidrat dan lemak dalam hal berat molekul dan keanekaragaman unit-unit asam amino yang membentuknya. Berat molekul protein sangat besar dibandingkan dengan berat molekul glukosa karena dapat dibayangkan bila diketahui bahwa protein terdiri atas sekian kombinasi berbagai jenis dan jumlah asam amino.

1. Klasifikasi Protein

a. Protein Bentuk Serabut (*fibrous*)

Protein bentuk serabut terdiri atas beberapa rantai peptida berbentuk spiral yang terjalin satu sama lain sehingga menyerupai batang yang kaku. Karakteristik protein bentuk serabut adalah rendahnya daya larut, mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi dan tahan terhadap enzim pencernaan. Protein ini terdapat dalam unsur-unsur struktur tubuh. Kolagen merupakan protein utama jaringan ikat. Kolagen tidak larut air, mudah berubah menjadi gelatin bila direbus dalam air, asam encer atau alkali. Kolagen tidak mengandung triptofan tapi banyak mengandung hidroksiprolin dan hidroksilisin. Sebanyak 30% protein total manusia adalah kolagen. *Elastin* terdapat dalam urat, otot, arteri (pembuluh darah) dan jaringan elastis lain. *Elastin* tidak dapat diubah menjadi gelatin. *Keratin* adalah protein rambut dan kuku. Protein ini mengandung banyak sulfur dalam bentuk sistein. Rambut manusia mengandung 14% sistein Sementara *Miosin* merupakan protein utama serat otot.

b. Protein Globular

Protein globular berbentuk bola, terdapat dalam cairan jaringan tubuh. Protein ini larut dalam larutan garam dan asam encer, mudah berubah di bawah pengaruh suhu, konsentrasi garam serta mudah mengalami denaturasi. *Albumin* terdapat dalam telur, susu, plasma, dan hemoglobin. *Albumin* larut dalam air dan mengalami koagulasi bila dipanaskan. *Globulin* terdapat dalam

otot, serum, kuning telur, dan biji tumbuh-tumbuhan. *Globulin* tidak larut dalam air tetapi larut dalam larutan garam encer dan garam dapur dan mengendap dalam larutan garam konsentrasi tinggi. *Globulin* mengalami koagulasi bila dipanaskan. *Histon* terdapat dalam jaringan-jaringan kelenjar tertentu seperti timus dan pankreas. Histon di dalam sel terikat dengan asam nukleat. Sementara protein *Protamin* dihubungkan dengan asam nukleat.

c. Protein Konjugasi

Protein konjugasi adalah protein sederhana yang terikat dengan bahan-bahan non asam amino. Gugus non asam amino ini dinamakan gugus prostetik. *Nukleoprotein* adalah kombinasi protein dengan asam nukleat dan mengandung 9-10% fosfat. Hidrolisis asam nukleat menghasilkan purin, pirimidin, gula (ribosa atau deoksiribosa) dan asam fosfat.

Nukleoprotein terdapat dalam inti sel dan merupakan bagian penting DNA dan RNA (pembawa gen). Nukleoprotein adalah kombinasi protein dengan karbohidrat dalam jumlah besar. Karbohidrat ini merupakan polisakarida kompleks yang mengandung N-asetil heksoamina dan asam uronat atau gula lain. Nukleoprotein yang dapat larut dalam air, tidak mudah didenaturasi oleh panas. Protein konjugasi lainnya adalah lipoprotein. Lipoprotein adalah protein larut air yang berkonjugasi dengan lipida seperti lesitin dan kolesterol. Lipoproteins terdapat dalam plasma dan berfungsi sebagai pengangkut lipida dalam tubuh.

Fosfoprotein adalah protein yang terikat melalui ikatan ester dengan asam fosfat seperti pada kasein dalam susu. Metaloprotein adalah protein yang terikat dengan mineral, seperti feritin dan hemosiderin dimana mineralnya adalah zat besi, tembaga, dan seng. Bentuk protein konjugasi lain adalah hemoprotein dan flavoprotein.

2. Klasifikasi Asam Amino

Setiap protein memiliki struktur tiga dimensi yang unik, yang menentukan fungsinya. Struktur ini ditentukan oleh urutan asam amino dalam rantai polipeptida, yang disusun berdasarkan informasi genetik yang terdapat dalam DNA. Ada 20 jenis asam amino yang dapat bergabung dalam berbagai kombinasi untuk membentuk protein.

Asam amino adalah blok penyusun protein, dan terdapat 20 jenis asam amino yang umum dalam protein. Asam amino digunakan untuk mensintesis protein tubuh dan berfungsi sebagai prekursor banyak molekul, termasuk neurotransmitter, hormon, purin, pirimidin, dan beberapa vitamin. Saat berpuasa atau ketika asam amino dikonsumsi melebihi jumlah yang dibutuhkan,

katabolismenya berfungsi sebagai sumber energi. Ketika asam amino digunakan untuk produksi energi, asam amino tersebut mengalami deaminasi gugus amino. Asam amino ini dapat dibagi menjadi dua kategori utama: asam amino esensial dan asam amino non-esensial.

a. Asam Amino Esensial

Asam amino esensial adalah asam amino yang tidak dapat diproduksi oleh tubuh manusia dan harus diperoleh melalui makanan.

Tabel 5.1 Sembilan Asam Amino Esensial

Jenis Asam Amino Esensial	Peran
Histidin	Penting untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan
Isoleusin	Berperan dalam produksi energi dan fungsi kekebalan tubuh.
Leusin	Membantu dalam sintesis protein dan perbaikan otot.
Lisin	Penting untuk pertumbuhan, dan membantu penyerapan kalsium.
Metionin	Berfungsi sebagai sumber sulfur dan membantu metabolisme
Fenilalanin	Prekursor untuk neurotransmitter seperti dopamin.
Treonin	Penting untuk pembentukan kolagen dan elastin
Triptofan	Prekursor serotonin, yang mempengaruhi suasana hati.
Valin	Diperlukan untuk perbaikan otot dan pertumbuhan

b. Asam Amino Non Esensial

Asam amino non-esensial adalah asam amino yang dapat diproduksi oleh tubuh, meskipun mereka juga dapat diperoleh dari makanan.

Tabel 5.2 Sebelas Asam Amino Non Esensial

Jenis Asam Amino Non Esensial	Peran
Alanin	Membantu metabolisme glukosa.
Arginin	Penting untuk penyembuhan luka dan fungsi sistem kekebalan
Asparagin	Berperan dalam sintesis protein
Asam aspartat	Terlibat dalam siklus asam sitrat dan produksi energi
Sistein	Membantu dalam pembentukan kolagen dan detoksifikasi
Asam glutamat	Berfungsi sebagai neurotransmitter
Glutamin	Penting untuk fungsi kekebalan dan usus
Glicin	Berperan dalam pembentukan kolagen dan neurotransmisi

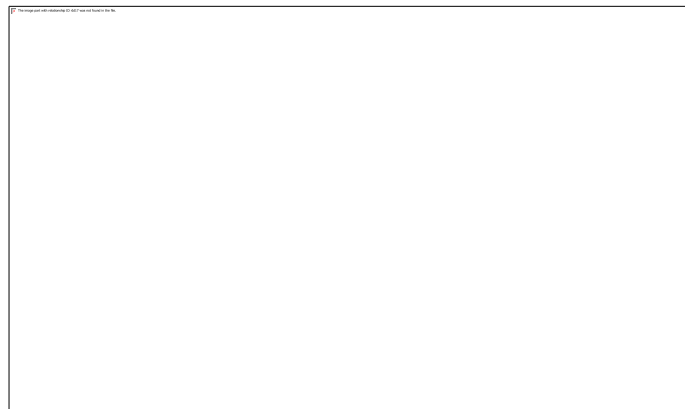
Prolin	Penting untuk struktur protein, terutama kolagen
Serin	Berperan dalam metabolisme lemak dan fungsi sistem saraf.
Tirosin	Prekursor untuk hormon tiroid dan neurotransmitter

3. Klasifikasi Asam Amino berdasarkan Gugus Asam dan Basa :

Klasifikasi asam amino menurut jumlah gugus asam (karboksil) dan basa (amino) yang dimiliki adalah; (1) asam amino netral yaitu asam amino yang mengandung satu gugus asam dan satu gugus amino; (2) asam amino asam (rantai cabang asam) yaitu asam amino yang mempunyai kelebihan gugus asam dibandingkan dengan gugus basa; (3) asam amino basa (rantai cabang basa) yaitu asam amino yang mempunyai kelebihan gugus basa; (4) asam amino yang mengandung nitrogen imino pengganti gugus amino primer dinamakan asam imino.

Struktur Protein:

Protein terdiri dari rantai panjang asam amino yang terlipat dalam struktur tiga dimensi yang kompleks. Struktur protein dapat dibagi menjadi empat tingkat :



Gambar 5.1 Struktur Protein

a. Struktur Primer

Rantai Asam Amino: Ini adalah urutan linear dari asam amino yang membentuk protein. Urutan ini ditentukan oleh informasi genetik.

b. Struktur Sekunder

Alpha Helix dan Beta Pleated Sheet: Rantai polipeptida berlipat menjadi bentuk yang stabil seperti alpha helix (spiral) atau beta pleated sheet (lembaran lipatan). Struktur ini dihasilkan dari ikatan hidrogen antara atom-atom di dalam rantai.

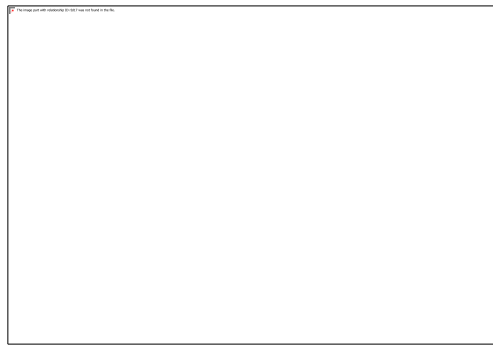
c. Struktur Tersier

Lipatan 3D: Struktur sekunder melipat lebih lanjut untuk membentuk struktur tiga dimensi yang kompleks. Struktur ini ditentukan oleh interaksi antara rantai samping asam amino (seperti ikatan disulfida, ikatan hidrogen, dan interaksi hidrofobik).

d. Struktur Kuartener

Kompleks Subunit: Beberapa protein terdiri dari lebih dari satu rantai polipeptida (subunit) yang bergabung untuk membentuk protein fungsional. Contoh termasuk hemoglobin, yang terdiri dari empat subunit.

Struktur Asam Amino:



Gambar 5.2 Struktur Asam Amino

B. Fungsi Protein

Protein merupakan komponen utama didalam tubuh manusia. Protein sangat bervariasi dalam struktur dan fungsi, yang memungkinkannya untuk menjalankan berbagai peran penting dalam tubuh, diantaranya:

1. **Enzim**

Enzim adalah protein yang mempercepat reaksi kimia atau katalis reaksi biokimia dalam tubuh tanpa ikut serta dalam reaksi tersebut. Contohnya termasuk amilase (yang memecah karbohidrat) dan lipase (yang memecah lemak).

2. **Struktural**

Struktur tubuh atau medukung fisik. Protein seperti kolagen dan elastin memberikan kekuatan dan elastisitas pada jaringan seperti kulit, tendon, dan ligamen.

3. **Transportasi**

Protein berperan dalam pengangkutan molekul. Protein seperti hemoglobin mengangkut oksigen dalam darah, sedangkan protein transportasi lainnya membantu mengangkut zat-zat lain ke dalam dan keluar dari sel.

4. **Regulasi**

Regulasi atau pengaturan proses biologis dalam tubuh. Protein hormon seperti insulin dan glukagon mengatur berbagai proses metabolisme dan homeostasis dalam tubuh.

5. **Pertahanan**

Protein sebagai pembentuk sistem kekebalan: Antibodi adalah protein yang mengenali dan mengikat patogen seperti bakteri dan virus untuk menghancurkannya.

6. **Gerakan**

Gerakan atau kontraksi otot membutuhkan protein. Protein seperti actin dan myosin memungkinkan kontraksi otot dan pergerakan tubuh.

7. **Penyimpanan**

Tubuh memiliki cadangan asam amino. Beberapa protein, seperti kasein dalam susu, menyimpan asam amino untuk digunakan saat dibutuhkan.

Peran Protein dalam Penyakit

1. Kekurangan Protein:

- Penyakit Kwashiorkor: Penyakit ini disebabkan oleh kekurangan protein dalam diet, seringkali terjadi pada anak-anak di negara berkembang. Gejala termasuk pembengkakan, perubahan warna kulit, dan gangguan sistem kekebalan tubuh.
- Marasmus: Kondisi ini disebabkan oleh kekurangan kalori dan protein, menyebabkan penurunan berat badan ekstrem, otot menyusut, dan kelemahan.

2. Kelebihan Protein:

- Penyakit Ginjal: Asupan protein yang sangat tinggi dapat meningkatkan beban kerja ginjal, berpotensi memperburuk kondisi ginjal kronis pada individu yang sudah mengalami gangguan ginjal.
- Keseimbangan Kalsium: Kelebihan protein dapat meningkatkan ekskresi kalsium melalui urin, berpotensi mempengaruhi kesehatan tulang jika tidak diimbangi dengan asupan kalsium yang cukup.

3. Gangguan Metabolik:

- Fenilketonuria (PKU): Kondisi genetik yang mengganggu metabolisme fenilalanin, asam amino esensial, yang dapat menyebabkan kerusakan otak jika tidak diobati dengan diet rendah fenilalanin.
- Maple Syrup Urine Disease: Gangguan metabolisme yang mempengaruhi pemrosesan beberapa asam amino rantai cabang, dapat menyebabkan kerusakan saraf jika tidak diobati.

4. Penyakit Autoimun dan Protein:

- Celiac Disease: Penyakit autoimun di mana tubuh bereaksi terhadap gluten (protein dari gandum), menyebabkan kerusakan pada usus halus dan gangguan penyerapan nutrisi.
- Rheumatoid Arthritis: Beberapa penelitian menunjukkan bahwa diet tinggi protein atau protein tertentu dapat mempengaruhi peradangan pada kondisi ini.

Manajemen Protein untuk Kesehatan

- Diet Seimbang: Mengonsumsi berbagai sumber protein dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan tubuh dapat membantu menjaga kesehatan optimal dan mencegah kekurangan atau kelebihan protein.
- Konsultasi Medis: Bagi individu dengan kondisi kesehatan tertentu, seperti penyakit ginjal atau gangguan metabolik, konsultasi dengan dokter atau ahli gizi penting untuk mengelola asupan protein dengan tepat.

Protein adalah komponen kunci dari diet yang seimbang dan memiliki peran multifaset dalam mendukung fungsi tubuh yang sehat serta pencegahan dan pengelolaan berbagai penyakit.

C. Pencernaan Protein

Sebagian besar protein dicernakan menjadi asam amino, selebihnya menjadi tripeptida dan dipeptida.

Lambung

Pencernaan atau hidrolisis protein dimulai di lambung. Asam klorida lambung membuka gulungan protein (proses denaturasi), sehingga enzim pencernaan dapat memecah 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 dibentuknya campuran polipeptida, protease dan pepton.

Setelah melewati kerongkongan dan lumen lambung, protein makanan dihidrolisis di usus halus oleh protease dan peptidase, termasuk tripsin kimotripsin, atau karboksipeptidase yang dilepaskan oleh pankreas.

Usus Halus

Pencernaan protein dilanjutkan di dalam usus halus oleh campuran enzim protease. Pankreas mengeluarkan cairan yang bersifat sedikit basa dan mengandung berbagai prekursor protease, seperti tripsinogen, kimotripsinogen,

prokarboksipeptidase, dan proelastase. Enzim-enzim ini menghidrolisis ikatan peptida tertentu. Sentuhan 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 oleh tripsin sendiri secara oto-katalitik. Di samping itu tripsin dapat mengaktifkan enzim-enzim proteolitik lain berasal dari pankreas. Kimotripsinogen diubah menjadi beberapa jenis kimotripsin aktif, prokarboksipeptidase dan proelastase diubah menjadi karboksipeptidase dan elastase 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.

Hidrolisis produk-produk lebih kecil hasil pencernaan protein dapat terjadi setelah memasuki sel-sel, mukosa atau pada saat diangkut melalui dinding epitel. Mukosa usus halus mengeluarkan enzim amino peptidase yang memecah polipeptida menjadi asam amino bebas. Enzim ini membutuhkan mineral Mn^{++} atau Mg^{++} untuk pekerjaannya. Mukosa usus halus juga mengandung enzim dipeptidase yang memecah dipeptida tertentu dan membutuhkan mineral Co^{++} atau Mn^{++} untuk pekerjaannya.

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.

D. Metabolisme Protein

Metabolisme protein adalah proses kompleks di mana protein yang dikonsumsi dipecah, diserap, dan digunakan oleh tubuh untuk berbagai fungsi. Setelah diserap, asam amino dibawa ke hati melalui aliran darah portal. Hati berperan dalam mengatur distribusi asam amino ke seluruh tubuh dan memproses asam amino untuk berbagai fungsi.

Metabolisme di Hati

1. Sintesis Protein: Hati menggunakan asam amino untuk sintesis berbagai protein plasma seperti albumin dan globulin.
2. Deaminasi: Asam amino yang tidak digunakan untuk sintesis protein mengalami proses deaminasi, di mana gugus amino dihilangkan. Hasil dari proses ini adalah

amonia, yang diubah menjadi urea oleh hati dan kemudian diekskresikan oleh ginjal melalui urin.

3. Konversi: Beberapa asam amino dapat diubah menjadi glukosa (glukoneogenesis) atau asam lemak (lipogenesis) tergantung pada kebutuhan energi tubuh.

Penggunaan di Sel

1. Sintesis Protein Seluler: Asam amino yang tersisa di dalam darah digunakan oleh sel-sel tubuh untuk sintesis protein baru, termasuk enzim, hormon, dan struktur seluler.
2. Energi: Jika asam amino tidak diperlukan untuk sintesis protein, mereka dapat digunakan sebagai sumber energi. Proses ini terjadi melalui konversi asam amino menjadi senyawa yang dapat memasuki siklus Krebs (siklus asam sitrat) untuk produksi ATP.

Ekskresi

Amonia yang dihasilkan dari deaminasi asam amino diubah menjadi urea di hati. Urea ini kemudian dikeluarkan dari tubuh melalui urin.

Metabolisme protein memastikan bahwa tubuh mendapatkan asam amino yang dibutuhkan untuk berbagai fungsi biologis dan mengelola produk sampingan seperti urea dengan cara yang efisien.

E. Kebutuhan Protein

Kebutuhan protein tubuh bervariasi tergantung pada beberapa faktor, termasuk usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan. Berikut adalah panduan umum tentang kebutuhan protein.

1. Kebutuhan Protein Harian Rata-Rata

- Dewasa Sehat: Rekomendasi Umum adalah 0,8 gram protein per kilogram berat badan per hari. Misalnya, seseorang dengan berat 70 kg membutuhkan sekitar 56 gram protein per hari.
- Anak-anak: Kebutuhan protein per kilogram berat badan umumnya lebih tinggi dibandingkan orang dewasa karena mereka masih dalam masa pertumbuhan. Rata-rata kebutuhan protein adalah sekitar 1,1-1,5 gram per kilogram berat badan per hari, tergantung usia.
- Remaja: Remaja juga memerlukan protein yang lebih banyak untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan. Kebutuhan protein mereka mirip dengan anak-anak, sekitar 1-1,2 gram per kilogram berat badan per hari.

2. Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Protein

- **Aktivitas Fisik:** Atlet dan orang yang berlatih intensif mungkin memerlukan protein lebih banyak untuk memperbaiki dan membangun otot. Kebutuhan protein mereka bisa berkisar antara 1,2 hingga 2,0 gram per kilogram berat badan per hari.
- **Kehamilan dan Menyusui:** Ibu hamil dan menyusui membutuhkan tambahan protein untuk mendukung pertumbuhan janin dan produksi ASI. Rekomendasi tambahan protein bisa mencapai 10-20 gram per hari, tergantung pada tahap kehamilan atau menyusui.
- **Kondisi Kesehatan :** Orang dengan kondisi medis tertentu seperti penyakit ginjal, diabetes, atau kanker mungkin memerlukan penyesuaian dalam asupan protein mereka. Dalam beberapa kasus, dokter atau ahli gizi akan merekomendasikan penurunan atau peningkatan asupan protein.

3. Kebutuhan Protein dalam Diet

Menjaga keseimbangan protein dalam diet penting untuk kesehatan. Untuk orang dewasa sehat, protein harus menjadi bagian dari diet yang seimbang, bersama dengan karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral. Mengonsumsi berbagai sumber protein dapat membantu memastikan bahwa Anda mendapatkan semua asam amino esensial dan nutrisi tambahan yang diperlukan tubuh.

F. Bahan Makanan Sumber Protein

Bahan makanan hewani merupakan sumber protein yang baik, dalam jumlah maupun mutu, seperti telur, susu, daging, unggas, ikan, dan kerang. Sumber protein nabati adalah kacang kedelai dan hasilnya, seperti tempe dan tahu, serta kacang-kacangan lain. Kacang kedelai merupakan sumber protein nabati yang mempunyai mutu atau nilai biologi tertinggi.

Padi-padian dan hasilnya relatif rendah dalam protein, tetapi karena dimakan dalam jumlah banyak, memberi sumbangan besar terhadap konsumsi protein sehari. Seperti telah dijelaskan terdahulu protein padi-padian tidak komplit, dengan asam amino pembatas lisin.

Bahan makanan hewani kaya dalam protein bermutu tinggi, tetapi hanya merupakan 18,4% konsumsi protein rata-rata penduduk Indonesia. Bahan makanan nabati yang kaya dalam protein adalah kacang-kacangan. Kontribusinya rata-rata terhadap konsumsi protein hanya 9,9%. Sayur dan buah-buahan rendah dalam protein, kontribusinya rata-rata terhadap konsumsi protein adalah 5,3%. Gula, sirup, lemak, dan minyak murni tidak mengandung protein.

G. Mutu Protein

Mutu protein mengacu pada seberapa baik protein dari suatu sumber memenuhi kebutuhan tubuh manusia dalam hal asam amino esensial dan kecernaannya. Mutu protein dapat dievaluasi melalui beberapa cara, dan berikut adalah beberapa konsep penting dalam menilai mutu protein :

1. Skor Asam Amino Terbaik (PDCAAS)

PDCAAS (Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score) adalah metode penilaian mutu protein yang mengukur kualitas protein berdasarkan kebutuhan asam amino dan kecernaannya. Skor ini berkisar dari 0 hingga 1. Protein dengan skor 1 dianggap memiliki mutu yang sangat baik karena memenuhi kebutuhan asam amino esensial dengan efisien dan dapat dicerna dengan baik.

2. Skor Asam Amino Terbaik (AAS)

AAS (Amino Acid Score) mengukur seberapa baik profil asam amino dari protein memenuhi kebutuhan asam amino esensial manusia dibandingkan dengan standar yang ditetapkan (biasanya telur atau susu). Skor ini menunjukkan persentase seberapa baik protein memenuhi kebutuhan asam amino esensial dibandingkan dengan standar.

3. Nilai Biologis (BV)

BV mengukur efisiensi protein yang digunakan oleh tubuh untuk sintesis protein setelah dicerna. Ini menunjukkan seberapa baik protein diserap dan digunakan oleh tubuh. Nilai BV bervariasi antara 0 hingga 100, dengan protein seperti telur memiliki nilai BV yang sangat tinggi (sekitar 100), menandakan kualitas tinggi.

4. Indeks Kecernaan Protein (PDI)

PDI (Protein Digestibility Index) mengukur seberapa baik protein dapat dicerna oleh sistem pencernaan. Indeks ini membantu menilai seberapa efektif protein digunakan oleh tubuh setelah konsumsi.

5. Kualitas Protein Secara Umum

- Protein Hewani : Umumnya memiliki mutu tinggi karena menyediakan semua asam amino esensial dalam proporsi yang optimal. Contoh termasuk daging, ikan, telur, dan produk susu.
- Protein Nabati: Kualitas protein nabati bervariasi. Beberapa sumber seperti kedelai dan quinoa memiliki mutu protein yang tinggi, sementara sumber lain mungkin kekurangan satu atau lebih asam amino esensial. Menggabungkan berbagai sumber protein nabati dapat meningkatkan mutu keseluruhan.

Contoh Mutu Protein dari Berbagai Sumber

- Telur : Memiliki nilai biologi dan PDCAAS yang sangat tinggi, sering dianggap sebagai standar emas untuk mutu protein.
- Daging Sapi : Memiliki PDCAAS tinggi, meskipun terkadang dapat tinggi lemak jenuh.
- Kedelai : Protein nabati dengan mutu tinggi, sering digunakan sebagai alternatif bagi protein hewani.
- Kacang-Kacangan dan Biji-Bijian: Kualitas protein dapat meningkat dengan kombinasi yang tepat, seperti kombinasi nasi dan kacang-kacangan.

Memilih protein dengan mutu tinggi atau kombinasi sumber protein yang baik dapat memastikan bahwa tubuh mendapatkan semua asam amino esensial yang dibutuhkan untuk fungsi yang optimal.

H. Latihan

1. Jelaskan perbedaan protein globular, protein serat dan protein konjugasi!
2. Jelaskan struktur primer, sekunder dan tersier protein!
3. Bagaimana mekanisme pencernaan protein di lambung?
4. Apa yang terjadi jika tubuh kekurangan protein?
5. Jelaskan enzim pencernaan protein yang berada di lambung dan di usus halus!

I. Rangkuman Materi

Protein merupakan molekul makro yang mempunyai berat molekul antara 5000 hingga beberapa juta. Ikatan peptida menyatukan rantai panjang asam amino yang membentuk protein. Protein terbagi atas 3 yaitu protein bentuk serabut, protein globular, dan protein konjugasi. Asam amino adalah blok penyusun protein, dan terdapat 20 jenis asam amino yang umum dalam protein. Asam amino ini dapat dibagi menjadi dua kategori utama: asam amino esensial dan asam amino non-esensial.

Protein memainkan berbagai peran penting dalam tubuh yaitu sebagai katalis reaksi biokimia, dukungan fisik, pengangkutan molekul, pengaturan proses biologis, sistem kekebalan, kontraksi otot, dan cadangan asam amino.

Pencernaan protein dimulai di mulut dengan enzim-enzim dalam air liur, namun proses utama terjadi di lambung. Di lambung, asam klorida dan enzim pepsin memecah protein menjadi peptida yang lebih kecil. Peptida kemudian dipindahkan ke usus halus di mana enzim-enzim pankreas seperti tripsin, chymotrypsin, dan karboksipeptidase lebih lanjut memecahnya menjadi asam amino.

Metabolisme protein adalah proses kompleks di mana protein yang dikonsumsi dipecah, diserap, dan digunakan oleh tubuh untuk berbagai fungsi. Metabolisme protein terdiri dari pencernaan, penyerapan, transportasi, metabolisme di hati, penggunaan di sel, dan ekskresi.

Kebutuhan protein tubuh bervariasi tergantung pada beberapa faktor, termasuk usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan. Berikut adalah panduan umum tentang kebutuhan protein.

Bahan makanan hewani merupakan sumber protein yang baik, dalam jumlah maupun mutu, seperti telur, susu, daging, unggas, ikan, dan kerang. Sumber protein nabati adalah kacang kedelai dan hasilnya, seperti tempe dan tahu, serta kacang-kacangan lain. Kacang kedelai merupakan sumber protein nabati yang mempunyai mutu atau nilai biologi tertinggi.

Mutu protein mengacu pada seberapa baik protein dari suatu sumber memenuhi kebutuhan tubuh manusia dalam hal asam amino esensial dan kecernaannya. Mutu protein dapat dievaluasi melalui beberapa cara yaitu dengan PDCAAS, AAS, BV, dan PDI.

J. Glosarium

PDCAAS	: <i>Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score</i>
AAS	: <i>Amino Acid Score</i>
BV	: <i>Biologic Value</i>
PDI	: <i>Protein Digestibility Index</i>

Kunci Jawaban Latihan

1. Protein bentuk serabut (fibrosa) : Protein ini memiliki daya larut yang rendah, daya mekanis yang tinggi, serta tahan terhadap enzim pencernaan. Protein fibrosa juga terdapat dalam unsur-unsur struktur tubuh.

Protein globular : Protein globular memiliki bentuk seperti bola, terdapat dalam cairan organ tubuh. Protein dalam larutan garam dan asam encer. mudah berubah di bawah pengaruh suhu, konsentrasi garam serta mudah mengalami denaturasi.

Protein Konjugasi : Protein sederhana yang terikat dengan bahan-bahan nonasam amino. Gugus non asam amino ini dinamakan gugus prostetik.

2. **Struktur Primer**

Rantai Asam Amino: Ini adalah urutan linear dari asam amino yang membentuk protein. Urutan ini ditentukan oleh informasi genetik.

Struktur Sekunder

Alpha Helix dan Beta Pleated Sheet: Rantai polipeptida berlipat menjadi bentuk yang stabil seperti alpha helix (spiral) atau beta pleated sheet (lembaran lipatan). Struktur ini dihasilkan dari ikatan hidrogen antara atom-atom di dalam rantai.

Struktur Tersier

Lipatan 3D: Struktur sekunder melipat lebih lanjut untuk membentuk struktur tiga dimensi yang kompleks. Struktur ini ditentukan oleh interaksi antara rantai samping asam amino (seperti ikatan disulfida, ikatan hidrogen, dan interaksi hidrofobik).

3. Pencernaan atau hidrolisis protein dimulai di dalam lambung. Asam klorida lambung membuka gulungan protein (proses denaturasi), sehingga enzim pencernaan dapat memecah 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 dibentuknya campuran polipeptida, protease dan pepton.

4. **Kekurangan Protein**

Penyakit **Kwashiorkor**: Penyakit ini disebabkan oleh kekurangan protein dalam diet, seringkali terjadi pada anak-anak di negara berkembang. Gejala termasuk pembengkakan, perubahan warna kulit, dan gangguan sistem kekebalan tubuh.

Marasmus : Kondisi ini disebabkan oleh kekurangan kalori dan protein, menyebabkan penurunan berat badan ekstrem, otot menyusut, dan kelemahan.

5. Enzim Protease

Enzim protease adalah enzim pencernaan yang bertugas untuk memecah protein dalam makanan menjadi asam amino. Enzim ini diproduksi di lambung, pankreas, dan usus halus.

Enzim Pepsin

Enzim pepsin adalah salah jenis enzim pencernaan. Enzim yang terdapat di lambun ini memiliki peran yang sangat penting dalam proses pencernaan dan penyerapan protein dalam makanan. Kekurangan atau kelebihan enzim pepsin dapat menyebabkan gangguan pencernaan.

K. Daftar Pustaka

- Almatsier, Sunita. (2009). Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Torres, N., Tobón-Cornejo, S.Velazquez-Villegas, L. A., Noriega, L. G., Alemán-Escondrillas, G., & Tovar, A. R. (2023). Amino acid catabolism: An overlooked area of metabolism. *Nutrients*, 15(15), 3378. <https://doi.org/10.3390/nu15153378>
- Smith, J. (2023). Proteins: Crucial components of all body tissues. Dalam R. Brown (Ed.), *Essentials of Biochemistry* (hlm. 45-67). New York, NY: Academic Press. doi.org/10.3390/nu15153378

BAB 6

Vitamin Larut Air

Pendahuluan

Materi ini ditulis untuk membantu pembaca untuk memahami pentingnya vitamin larut air dan peranannya dalam kesehatan kita sehari-hari. Dengan pengetahuan yang tepat, kita dapat lebih sadar akan pola makan yang seimbang dan bagaimana vitamin dapat mendukung kesehatan optimal.

Materi bertujuan menyediakan informasi komprehensif tentang vitamin larut air dan fungsinya, meningkatkan kesadaran akan sumber makanan yang kaya vitamin larut air, membantu pembaca memahami dampak kekurangan vitamin larut air terhadap kesehatan dan memberikan panduan praktis untuk memasukkan vitamin larut air ke dalam diet sehari-hari.

Sasaran pembaca terutama dari mahasiswa dan pelajar di bidang kesehatan dan gizi. profesional kesehatan, termasuk ahli gizi dan dokter serta masyarakat umum yang ingin meningkatkan pengetahuan tentang gizi dan kesehatan. Buku ini berisi tentang pengertian, fungsi dan peran, dampak kekurangan dan kelebihan, kebutuhan harian, sumber dan stabilitas absorpsi.

Pendekatan yang digunakan dalam materi ini adalah pendekatan holistik, yang mengintegrasikan pengetahuan ilmiah dengan aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari. Pembaca diharapkan dapat mengaitkan teori dengan praktik dan mengembangkan kebiasaan makan yang lebih sehat.

Pedoman Penggunaan untuk memanfaatkan materi ini secara optimal, pembaca disarankan untuk membaca setiap bab secara berurutan untuk membangun pemahaman yang solid. mengerjakan kuis dan refleksi yang disediakan untuk mengevaluasi pemahaman dan menggunakan daftar referensi dan sumber tambahan untuk eksplorasi lebih lanjut.

Dengan harapan, materi ini menjadi panduan yang bermanfaat dalam memahami dan mengoptimalkan asupan vitamin larut air untuk kesehatan yang lebih baik.

Tujuan Instruksional

1. Memahami Fungsi dan Manfaat: Pembaca mampu menjelaskan fungsi dan manfaat berbagai jenis vitamin larut air bagi kesehatan.
2. Identifikasi Sumber Makanan: Pembaca dapat mengidentifikasi sumber makanan yang kaya akan vitamin larut air dan cara mengonsumsinya.
3. Mengenali Gejala Kekurangan: Pembaca dapat mengenali gejala dan konsekuensi kesehatan yang diakibatkan oleh kekurangan vitamin larut air.
4. Indentifikasi sumber : Pembaca dapat mengidentifikasi sumber-sumber makanan yang kaya akan vitamin larut air dan mengerti pentingnya mengonsumsi makanan tersebut dalam diet sehari-hari.
5. Mengevaluasi Kebiasaan Makan: Pembaca dapat mengevaluasi dan meningkatkan kebiasaan makan mereka berdasarkan pengetahuan yang diperoleh.

Capaian Pembelajaran

1. **Kognitif:** Pembaca dapat mendemonstrasikan pemahaman tentang konsep vitamin larut air, termasuk peran dan fungsi biologisnya.
2. **Afektif:** Pembaca menunjukkan kesadaran dan perhatian terhadap pentingnya asupan vitamin larut air dalam pola makan sehari-hari.
3. **Psikomotor:** Pembaca dapat merencanakan dan menyusun menu makanan yang seimbang dengan mempertimbangkan kebutuhan vitamin larut air.
4. **Analisis:** Pembaca dapat menganalisis informasi gizi dari label makanan dan membuat keputusan yang lebih baik mengenai pilihan makanan.

Uraian Materi

Vitamin larut air adalah sekelompok vitamin yang dapat larut dalam air dan tidak disimpan dalam jumlah besar oleh tubuh. Karena sifatnya yang mudah larut dalam air, vitamin ini diserap langsung ke dalam aliran darah saat dicerna dan kemudian didistribusikan ke seluruh tubuh. Vitamin larut air sangat penting untuk berbagai fungsi biologis, termasuk metabolisme energi, sintesis DNA, dan fungsi sistem saraf. Kelompok vitamin ini meliputi Vitamin B kompleks (terdiri dari B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, dan B12) serta Vitamin C.

Berbeda dengan vitamin larut lemak, vitamin larut air harus dikonsumsi secara teratur melalui makanan, karena tubuh tidak dapat menyimpannya dalam jumlah besar. Kekurangan asupan vitamin ini dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan yang berkaitan dengan fungsi spesifik setiap vitamin. Sebaliknya, karena tidak disimpan dalam tubuh, risiko kelebihan atau toksisitas vitamin larut air umumnya lebih rendah, kecuali jika dikonsumsi dalam dosis yang sangat tinggi melalui suplemen.

A. Sifat-Sifat Umum Vitamin Larut Air dibandingkan dengan Vitamin Larut Lemak

1. Solubilitas dan Penyerapan:

Vitamin Larut Air: Mudah larut dalam air dan langsung diserap ke dalam aliran darah dari saluran pencernaan. Penyerapan ini biasanya lebih cepat dibandingkan dengan vitamin larut lemak, yang memerlukan lemak makanan untuk proses penyerapan.

Vitamin Larut Lemak: Larut dalam lemak dan diserap bersama dengan lemak makanan. Penyerapan vitamin ini memerlukan empedu dan lipase, serta lebih lambat karena proses yang lebih kompleks.

2. Penyimpanan dalam Tubuh:

Vitamin Larut Air: Tidak disimpan dalam jumlah besar oleh tubuh. Kelebihan vitamin ini biasanya dikeluarkan melalui urine, sehingga memerlukan asupan harian yang konstan.

Vitamin Larut Lemak: Disimpan dalam jaringan lemak dan hati, sehingga tubuh dapat mengandalkan cadangan ini selama periode kekurangan asupan.

3. Risiko Defisiensi dan Toksisitas:

Vitamin Larut Air: Karena tidak disimpan dalam tubuh, defisiensi lebih mungkin terjadi jika asupan harian tidak mencukupi. Namun, risiko toksisitas lebih rendah karena kelebihan vitamin dikeluarkan melalui urine.

Vitamin Larut Lemak: Risiko defisiensi lebih rendah karena tubuh memiliki cadangan, tetapi risiko toksisitas lebih tinggi jika dikonsumsi secara berlebihan karena akumulasi dalam jaringan lemak.

4. Peran Fisiologis:

Vitamin Larut Air: Biasanya berperan sebagai koenzim dalam berbagai reaksi enzimatik yang penting untuk metabolisme energi, sintesis DNA, dan fungsi saraf. Contohnya, Vitamin B kompleks penting dalam konversi makanan menjadi energi.

Vitamin Larut Lemak: Umumnya berfungsi sebagai komponen struktural membran sel atau sebagai hormon dan prekursor hormon. Misalnya, Vitamin A penting untuk penglihatan, sedangkan Vitamin D mengatur metabolisme kalsium.

5. Ketahanan Terhadap Pemrosesan Makanan:

Vitamin Larut Air: Lebih rentan terhadap kerusakan selama pemrosesan makanan, seperti pemanasan, penyimpanan, dan pengolahan. Misalnya, Vitamin C mudah rusak saat terkena panas atau cahaya.

Vitamin Larut Lemak: Biasanya lebih stabil dan tahan terhadap kerusakan selama pemrosesan makanan, tetapi tetap bisa rusak jika terpapar suhu yang sangat tinggi atau oksidasi.

B. Fungsi dan Peran Vitamin Larut Air dalam Tubuh

Vitamin larut air terdiri dari dua kelompok utama: Vitamin B kompleks dan Vitamin C. Masing-masing memiliki peran penting dalam berbagai proses biologis dalam tubuh. Berikut adalah klasifikasi dan pengenalan singkat terhadap masing-masing vitamin dalam kelompok ini:

1. Vitamin B1 (Thiamin)

a. Pengertian

Vitamin B1, juga dikenal sebagai thiamin, adalah salah satu vitamin yang larut dalam air dan merupakan bagian dari kelompok vitamin B kompleks. Thiamin memainkan peran penting dalam metabolisme energi, terutama dalam konversi karbohidrat menjadi energi yang dapat digunakan oleh tubuh.

b. Fungsi dan Peran

1) Metabolisme Energi: Thiamin berperan sebagai koenzim dalam reaksi biokimia yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat, khususnya dalam proses yang mengubah glukosa menjadi energi (adenosine triphosphate atau ATP). Thiamin berfungsi sebagai prekursor untuk pembentukan thiamin pyrophosphate (TPP), yang merupakan koenzim penting dalam dekarboksilasi asam alfa-keto seperti dalam siklus asam sitrat.

- 2) Fungsi Sistem Saraf: Thiamin mendukung fungsi sistem saraf dengan berperan dalam sintesis neurotransmitter dan transmisi impuls saraf. Kekurangan thiamin dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf seperti gangguan koordinasi motorik dan fungsi kognitif.
 - 3) Produksi Asam Nukleat dan NADPH: Thiamin juga berperan dalam jalur pentosa fosfat, yang menghasilkan NADPH (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) yang penting untuk biosintesis lipid dan asam nukleat, yang mendukung pertumbuhan dan perbaikan jaringan.
- c. Dampak Kekurangan Thiamin
- Kekurangan vitamin B1 dapat menyebabkan beberapa kondisi serius, antara lain:
- 1) Beri-beri: Penyakit ini disebabkan oleh defisiensi thiamin dan dibagi menjadi dua tipe: beri-beri basah (yang mempengaruhi sistem kardiovaskular) dan beri-beri kering (yang mempengaruhi sistem saraf).
 - 2) Ensefalopati Wernicke: Suatu kondisi yang terkait dengan defisiensi thiamin, sering kali terjadi pada individu dengan masalah alkoholisme kronis. Kondisi ini menyebabkan kerusakan neurologis serius, termasuk gangguan koordinasi otot, kebingungan, dan kelumpuhan mata.
 - 3) Sindrom Korsakoff: Jika ensefalopati Wernicke tidak diobati, dapat berkembang menjadi sindrom Korsakoff, yang ditandai oleh amnesia anterograde dan retrograde serta disorientasi.
- d. Sumber Vitamin B1
- Vitamin B1 dapat ditemukan dalam berbagai sumber makanan, termasuk:
- 1) Biji-bijian Utuh: Seperti gandum utuh, beras merah, dan oat.
 - 2) Daging: Khususnya daging babi, yang merupakan salah satu sumber thiamin terbaik.
 - 3) Kacang-kacangan dan Legum: Seperti kacang polong, kacang hitam, dan kacang hijau.
 - 4) Sayuran: Seperti asparagus, bayam, dan kubis.
 - 5) Produk yang Diperkaya: Beberapa produk seperti roti, sereal, dan pasta yang diperkaya juga merupakan sumber thiamin.
- e. Kebutuhan Harian
- Kebutuhan harian vitamin B1 bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan individu:
- 1) Pria dewasa: Sekitar 1,2 mg per hari.
 - 2) Wanita dewasa: Sekitar 1,1 mg per hari.
 - 3) Wanita hamil atau menyusui: Kebutuhan meningkat menjadi 1,4 mg per hari.

f. Stabilitas dan Absorpsi

Vitamin B1 cukup stabil saat terpapar panas, tetapi dapat larut dalam air, sehingga metode memasak seperti merebus dapat menyebabkan hilangnya sebagian thiamin dalam makanan. Penyerapan vitamin B1 terjadi di usus halus, dan vitamin ini disimpan dalam jumlah kecil di hati, jantung, ginjal, dan otot.

Vitamin B1 atau thiamin merupakan nutrisi penting yang mendukung metabolisme energi, fungsi sistem saraf, dan kesehatan keseluruhan. Asupan yang cukup dari sumber makanan alami sangat penting untuk mencegah defisiensi yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius. Dengan diet yang seimbang dan beragam, kebutuhan harian vitamin B1 umumnya dapat dipenuhi.

2. Vitamin B2 (Riboflavin)

a. Pengertian

Vitamin B2, atau riboflavin, adalah vitamin yang larut dalam air dan merupakan bagian dari kelompok vitamin B kompleks. Riboflavin memainkan peran penting dalam metabolisme energi dan berfungsi sebagai prekursor untuk dua koenzim utama, flavin mononukleotida (FMN) dan flavin adenin dinukleotida (FAD), yang terlibat dalam banyak reaksi biokimia dalam tubuh.

b. Fungsi dan Peran

- 1) Metabolisme Energi: Riboflavin berperan penting dalam metabolisme energi melalui keterlibatannya dalam reaksi oksidasi-reduksi, khususnya dalam siklus Krebs dan rantai transpor elektron. FMN dan FAD, yang berasal dari riboflavin, adalah koenzim penting dalam reaksi enzimatik yang mengubah nutrisi menjadi energi.
- 2) Antioksidan: Riboflavin membantu dalam regenerasi glutathione, salah satu antioksidan utama dalam tubuh. Glutathione melindungi sel dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas, sehingga riboflavin berperan dalam menjaga kesehatan seluler dan mencegah penyakit degeneratif.
- 3) Kesehatan Kulit dan Mata: Riboflavin penting untuk kesehatan kulit, mata, dan jaringan mukosa. Kekurangan riboflavin dapat menyebabkan masalah kulit seperti dermatitis seboroik dan masalah mata seperti katarak.
- 4) Metabolisme Vitamin Lain: Riboflavin juga berperan dalam metabolisme vitamin B lainnya, seperti vitamin B6 (pyridoxine) dan niasin. Ini membantu mengubah bentuk inaktif dari vitamin-vitamin ini menjadi bentuk aktifnya yang dapat digunakan oleh tubuh.

c. Dampak Kekurangan Riboflavin

Kekurangan vitamin B2, meskipun jarang terjadi, dapat menyebabkan beberapa masalah kesehatan, antara lain:

- 1) Ariboflavinosis: Kondisi ini ditandai oleh gejala seperti radang tenggorokan, bibir pecah-pecah (cheilosis), peradangan lidah (glositis), dan luka di sudut mulut (stomatitis angular). Kekurangan riboflavin juga dapat menyebabkan sensitivitas terhadap cahaya dan katarak.
- 2) Anemia: Kekurangan riboflavin dapat mempengaruhi metabolisme zat besi dan sintesis hemoglobin, yang berpotensi menyebabkan anemia.
- 3) Kelelahan dan Gangguan Kognitif: Karena riboflavin terlibat dalam produksi energi, kekurangan vitamin ini dapat menyebabkan kelelahan, kelemahan otot, dan gangguan kognitif.

d. Sumber Vitamin B2

Riboflavin ditemukan dalam berbagai sumber makanan, termasuk:

- 1) Produk Susu: Seperti susu, yogurt, dan keju, yang merupakan sumber riboflavin yang baik.
- 2) Daging dan Unggas: Seperti hati sapi, ginjal, dan daging ayam.
- 3) Ikan: Seperti ikan tenggiri dan ikan lainnya.
- 4) Telur: Kuning telur merupakan sumber riboflavin yang signifikan.
- 5) Sayuran Hijau: Seperti bayam, brokoli, dan asparagus.
- 6) Biji-bijian dan Kacang-kacangan: Biji-bijian utuh dan kacang-kacangan juga mengandung riboflavin.

e. Kebutuhan Harian

Kebutuhan harian vitamin B2 bervariasi berdasarkan usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan:

- 1) Pria dewasa: Sekitar 1,3 mg per hari.
- 2) Wanita dewasa: Sekitar 1,1 mg per hari.
- 3) Wanita hamil atau menyusui: Kebutuhan meningkat menjadi 1,4-1,6 mg per hari.

f. Stabilitas dan Absorpsi

Riboflavin cukup stabil dalam kondisi panas tetapi dapat rusak oleh paparan cahaya, terutama sinar ultraviolet. Oleh karena itu, makanan yang kaya riboflavin sebaiknya disimpan dalam wadah tertutup dan jauh dari cahaya langsung. Penyerapan riboflavin terjadi di usus halus, dan vitamin ini disimpan dalam jumlah kecil di hati, ginjal, dan jantung.

3. Vitamin B3 (Niasin)

a. Pengertian

Vitamin B3, yang juga dikenal sebagai niacin, adalah salah satu vitamin B kompleks yang larut dalam air. Niacin hadir dalam dua bentuk utama: asam nikotinat dan nikotinamida (niacinamide). Kedua bentuk ini memiliki peran penting dalam berbagai reaksi metabolik dalam tubuh, terutama dalam produksi energi dan perbaikan DNA.

b. Fungsi dan Peran

- 1) **Metabolisme Energi:** Niacin adalah prekursor untuk dua koenzim utama dalam tubuh, yaitu NAD (nicotinamide adenine dinucleotide) dan NADP (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate). Koenzim ini memainkan peran krusial dalam lebih dari 400 reaksi enzimatik, yang sebagian besar terlibat dalam produksi energi dari karbohidrat, lemak, dan protein.
- 2) **Perbaikan DNA dan Fungsi Sel:** NAD dan NADP yang terbentuk dari niacin terlibat dalam proses perbaikan DNA dan pemeliharaan fungsi sel yang sehat. Niacin membantu menjaga integritas genetik dan fungsi seluler, yang penting untuk kesehatan jangka panjang.
- 3) **Kesehatan Kardiovaskular:** Niacin dalam bentuk asam nikotinat dapat membantu menurunkan kadar kolesterol LDL ("kolesterol jahat") dan trigliserida dalam darah, sambil meningkatkan kadar kolesterol HDL ("kolesterol baik"). Ini membuat niacin bermanfaat dalam pencegahan penyakit jantung dan stroke.
- 4) **Antioksidan:** Niacin berperan dalam meningkatkan produksi glutathione, yang merupakan antioksidan penting yang melindungi sel dari kerusakan oksidatif.

c. Dampak Kekurangan Niacin

Kekurangan vitamin B3 dapat menyebabkan kondisi serius yang dikenal sebagai pellagra. Pellagra ditandai oleh "empat D," yaitu dermatitis, diare, demensia, dan jika tidak diobati, dapat menyebabkan kematian. Gejala lain dari kekurangan niacin meliputi:

- 1) Kulit kering dan bersisik.
- 2) Gangguan pencernaan seperti diare.
- 3) Gangguan mental seperti kebingungan, depresi, dan bahkan delusi atau halusinasi dalam kasus yang parah.

d. Sumber Vitamin B3

Vitamin B3 dapat ditemukan dalam berbagai sumber makanan, baik dari produk hewani maupun nabati:

- 1) Daging dan Unggas: Daging sapi, ayam, kalkun, dan hati adalah sumber niacin yang sangat baik.
- 2) Ikan: Ikan seperti tuna, salmon, dan makarel kaya akan niacin.
- 3) Kacang-kacangan dan Biji-bijian: Kacang tanah, biji bunga matahari, dan biji-bijian utuh (seperti beras merah dan gandum utuh) merupakan sumber yang baik.
- 4) Legum: Kacang-kacangan seperti kacang polong, lentil, dan kacang hitam juga mengandung niacin.
- 5) Sayuran: Sayuran seperti jamur dan asparagus juga menyediakan niacin dalam jumlah moderat.
- 6) Produk yang Diperkaya: Banyak produk seperti roti, sereal, dan pasta yang diperkaya dengan niacin.

e. Kebutuhan Harian

Kebutuhan harian vitamin B3 bergantung pada usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan individu:

- 1) Pria dewasa: Sekitar 16 mg niacin equivalens (NE) per hari.
- 2) Wanita dewasa: Sekitar 14 mg NE per hari.
- 3) Wanita hamil atau menyusui: Kebutuhan meningkat menjadi 18-17 mg NE per hari.

Niacin equivalens (NE) digunakan untuk menghitung total asupan niacin dari makanan dan suplemen, termasuk konversi triptofan, asam amino esensial, menjadi niacin dalam tubuh.

f. Stabilitas dan Absorpsi

Vitamin B3 cukup stabil saat terkena panas, sehingga tidak mudah rusak selama proses memasak. Penyerapan niacin terjadi di usus halus, dan tubuh dapat memproduksi niacin dalam jumlah kecil dari asam amino triptofan yang ada dalam protein makanan.

g. Potensi Efek Samping dari Suplemen Niacin

Mengonsumsi suplemen niacin dalam dosis tinggi dapat menyebabkan beberapa efek samping, seperti:

- 1) Flushing Niacin: Ini adalah efek samping umum yang ditandai dengan kemerahan, sensasi hangat, dan gatal pada kulit. Ini biasanya terjadi dengan suplemen niacin dalam dosis tinggi, terutama dalam bentuk asam nikotinat.
- 2) Gangguan Pencernaan: Dosis tinggi niacin juga dapat menyebabkan mual, muntah, atau gangguan pencernaan lainnya.
- 3) Toksisitas Hati: Penggunaan jangka panjang dari niacin dalam dosis tinggi dapat menyebabkan kerusakan hati.

4. Vitamin B5 (Asam Pantotenat)

a. Pengertian

Vitamin B5, juga dikenal sebagai asam pantotenat, adalah vitamin larut dalam air yang merupakan bagian dari kelompok vitamin B kompleks. Nama "pantotenat" berasal dari bahasa Yunani "pantos," yang berarti "di mana-mana," mencerminkan bahwa vitamin ini terdapat dalam berbagai macam makanan. Asam pantotenat sangat penting untuk berbagai fungsi metabolik dalam tubuh, terutama dalam produksi energi dan sintesis hormon.

b. Fungsi dan Peran

- 1) **Metabolisme Energi:** Asam pantotenat berperan sebagai prekursor untuk koenzim A (CoA), yang merupakan komponen penting dalam siklus Krebs (siklus asam sitrat). CoA adalah molekul kunci yang membantu dalam metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein, mengubahnya menjadi energi yang dapat digunakan oleh tubuh.
- 2) **Sintesis Hormon:** Vitamin B5 terlibat dalam sintesis hormon steroid, seperti kortisol, yang diproduksi oleh kelenjar adrenal. Hormon-hormon ini berperan dalam respons tubuh terhadap stres dan pengaturan berbagai fungsi fisiologis.
- 3) **Pembentukan dan Pemeliharaan Sel:** Asam pantotenat diperlukan untuk sintesis fosfolipid, yang merupakan komponen utama membran sel. Ini juga mendukung pembentukan dan pemeliharaan sel kulit, rambut, dan mata.
- 4) **Produksi Kolesterol:** Asam pantotenat membantu dalam biosintesis kolesterol, yang meskipun sering kali dianggap negatif, merupakan molekul penting yang diperlukan untuk produksi hormon steroid, vitamin D, dan komponen membran sel.
- 5) **Sintesis Neurotransmitter:** Vitamin B5 juga terlibat dalam produksi asetilkolin, neurotransmitter yang penting untuk fungsi saraf dan otot.

c. Dampak Kekurangan Asam Pantotenat

Kekurangan vitamin B5 sangat jarang terjadi karena asam pantotenat ditemukan dalam banyak jenis makanan. Namun, kekurangan yang parah dapat menyebabkan gejala seperti:

- 1) **Kelelahan dan Lemas:** Karena peran asam pantotenat dalam produksi energi, kekurangannya dapat menyebabkan kelelahan ekstrem dan kelemahan otot.
- 2) **Gangguan Pencernaan:** Termasuk mual, muntah, dan kram perut.
- 3) **Gangguan Saraf:** Seperti kebingungan, depresi, dan sensasi terbakar di kaki (dikenal sebagai "burning feet syndrome").

- 4) Gangguan Kulit: Kulit kering dan pecah-pecah serta masalah lainnya dapat terjadi karena asam pantotenat berperan dalam menjaga kesehatan kulit.
- d. Sumber Vitamin B5
- Asam pantotenat terdapat dalam berbagai sumber makanan, baik dari produk hewani maupun nabati:
- 1) Daging dan Unggas: Daging sapi, ayam, dan hati adalah sumber yang kaya akan vitamin B5.
 - 2) Ikan dan Makanan Laut: Seperti salmon dan lobster.
 - 3) Telur dan Produk Susu: Telur, susu, dan produk olahannya seperti yogurt mengandung asam pantotenat.
 - 4) Kacang-kacangan dan Biji-bijian: Kacang tanah, biji bunga matahari, dan biji-bijian utuh.
 - 5) Sayuran: Sayuran hijau seperti brokoli, kubis, dan tomat.
 - 6) Legum: Kacang-kacangan seperti lentil dan kacang merah.
- e. Kebutuhan Harian
- Kebutuhan harian vitamin B5 umumnya ditetapkan sebagai Asupan Referensi Makanan (Adequate Intake, AI) karena kurangnya data yang cukup untuk menetapkan angka kecukupan gizi yang pasti:
- 1) Dewasa (pria dan wanita): Sekitar 5 mg per hari.
 - 2) Wanita hamil: 6 mg per hari.
 - 3) Wanita menyusui: 7 mg per hari.
- f. Stabilitas dan Absorpsi
- Asam pantotenat cukup stabil saat terkena panas, tetapi dapat rusak oleh proses pengawetan dan pengolahan makanan. Penyerapan vitamin B5 terjadi di usus halus, dan sisa yang tidak digunakan oleh tubuh diekskresikan melalui urin.
- g. Potensi Penggunaan Terapi
- Vitamin B5 sering digunakan dalam bentuk suplemen, terutama sebagai bagian dari suplemen vitamin B kompleks. Beberapa manfaat potensial dari suplemen asam pantotenat meliputi:
- 1) Mengurangi Stres: Karena perannya dalam sintesis hormon adrenal yang terkait dengan respons stres.
 - 2) Mendukung Penyembuhan Luka: Karena perannya dalam sintesis koenzim A, yang penting untuk perbaikan jaringan.
- Namun, penting untuk dicatat bahwa sebagian besar orang mendapatkan cukup vitamin B5 dari diet mereka, dan suplemen biasanya tidak diperlukan kecuali direkomendasikan oleh profesional kesehatan.

5. Vitamin B6 (Piridoksin)

a. Pengertian

Vitamin B6, atau piridoksin, adalah salah satu vitamin B kompleks yang larut dalam air dan memiliki peran penting dalam berbagai fungsi tubuh, terutama dalam metabolisme protein, fungsi otak, dan produksi neurotransmitter. Vitamin B6 hadir dalam tiga bentuk utama: piridoksin, piridoksal, dan piridoksamin, yang semuanya dapat diubah menjadi bentuk aktif piridoksal 5'-fosfat (PLP) dalam tubuh.

b. Fungsi dan Peran

- 1) **Metabolisme Asam Amino:** Vitamin B6, dalam bentuk PLP, berperan sebagai koenzim dalam metabolisme asam amino, termasuk transaminasi, deaminasi, dan dekarboksilasi. Ini penting untuk sintesis protein dan pembentukan neurotransmitter seperti serotonin, dopamin, dan GABA.
- 2) **Produksi Hemoglobin:** PLP juga diperlukan dalam sintesis heme, komponen penting dari hemoglobin, yang bertanggung jawab untuk mengangkut oksigen dalam darah. Kekurangan vitamin B6 dapat menyebabkan anemia mikrositik, yang ditandai oleh sel darah merah yang lebih kecil dari normal dan kurangnya hemoglobin.
- 3) **Kesehatan Saraf:** Vitamin B6 mendukung fungsi otak dan sistem saraf. Ini berperan dalam produksi neurotransmitter, yang mengatur mood dan perilaku, serta mendukung perkembangan otak yang sehat.
- 4) **Metabolisme Glikogen:** Vitamin B6 membantu dalam pemecahan glikogen menjadi glukosa, yang merupakan sumber energi utama bagi tubuh, terutama selama aktivitas fisik.
- 5) **Sistem Kekebalan Tubuh:** Vitamin B6 memainkan peran dalam produksi sel darah putih dan antibodi, yang penting untuk fungsi kekebalan tubuh yang optimal.

c. Dampak Kekurangan Vitamin B6

Kekurangan vitamin B6 dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk:

- 1) **Anemia:** Kekurangan B6 dapat mengganggu sintesis hemoglobin, menyebabkan anemia mikrositik, yang ditandai oleh kelelahan, kelemahan, dan sesak napas.
- 2) **Gangguan Saraf:** Kekurangan B6 dapat menyebabkan neuropati perifer, yang ditandai oleh kesemutan, mati rasa, atau rasa sakit pada ekstremitas.
- 3) **Gangguan Mental:** Kekurangan vitamin B6 dapat mempengaruhi produksi neurotransmitter, yang dapat menyebabkan depresi, iritabilitas, kebingungan, dan perubahan suasana hati.

- 4) Masalah Kulit: Dermatitis seboroik, yang ditandai oleh kulit yang meradang dan bersisik, juga dapat terjadi akibat kekurangan B6.

d. Sumber Vitamin B6

Vitamin B6 dapat ditemukan dalam berbagai makanan, baik hewani maupun nabati:

- 1) Daging dan Unggas: Daging ayam, kalkun, dan daging sapi, terutama hati, adalah sumber yang kaya akan vitamin B6.
- 2) Ikan: Seperti salmon, tuna, dan trout.
- 3) Sayuran dan Buah: Seperti pisang, bayam, kentang, dan alpukat.
- 4) Legum dan Kacang-kacangan: Kacang-kacangan seperti buncis, kacang hitam, dan lentil.
- 5) Biji-bijian Utuh dan Sereal yang Diperkaya: Roti gandum utuh, oatmeal, dan sereal yang diperkaya dengan vitamin B6.

e. Kebutuhan Harian

Kebutuhan harian vitamin B6 bervariasi berdasarkan usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan:

- 1) Pria dewasa: Sekitar 1,3-1,7 mg per hari.
- 2) Wanita dewasa: Sekitar 1,3-1,5 mg per hari.
- 3) Wanita hamil atau menyusui: Kebutuhan meningkat menjadi 1,9-2,0 mg per hari.

f. Stabilitas dan Absorpsi

Vitamin B6 cukup stabil saat terkena panas, tetapi sebagian dapat hilang selama proses pemasakan atau pengolahan makanan. Penyerapan vitamin B6 terjadi di usus halus, dan bentuk aktif PLP disimpan dalam jumlah kecil di hati dan otot.

g. Potensi Efek Samping dari Suplemen B6

Meskipun vitamin B6 penting untuk kesehatan, suplemen B6 dalam dosis tinggi dapat menyebabkan efek samping, seperti:

- 1) Neuropati Sensorik: Dosis tinggi vitamin B6 dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan kerusakan saraf, yang menyebabkan kesemutan dan mati rasa di tangan dan kaki.
- 2) Efek Sistem Saraf Pusat: Penggunaan jangka panjang dari suplemen B6 dosis tinggi juga dapat mempengaruhi sistem saraf pusat, menyebabkan gangguan kognitif atau masalah koordinasi.

6. Vitamin B7 (Biotin)

a. Pengertian

Vitamin B7, yang juga dikenal sebagai biotin, adalah salah satu vitamin B kompleks yang larut dalam air. Biotin berperan sebagai koenzim dalam berbagai reaksi enzimatik yang penting untuk metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein. Biotin sering disebut sebagai "vitamin kecantikan" karena perannya dalam menjaga kesehatan rambut, kulit, dan kuku.

b. Fungsi dan Peran

- 1) **Metabolisme Energi:** Biotin berperan sebagai koenzim untuk beberapa enzim karboksilase yang terlibat dalam metabolisme asam lemak, glukoneogenesis (produksi glukosa dari sumber non-karbohidrat), dan metabolisme asam amino. Enzim-enzim ini penting untuk mengubah makanan menjadi energi yang dapat digunakan oleh tubuh.
- 2) **Kesehatan Rambut, Kulit, dan Kuku:** Biotin mendukung sintesis keratin, protein struktural utama dalam rambut, kulit, dan kuku. Kekurangan biotin dapat menyebabkan rambut rontok, dermatitis seboroik (kulit bersisik dan merah), serta kuku yang rapuh dan mudah patah.
- 3) **Sintesis DNA:** Biotin berperan dalam regulasi ekspresi gen melalui modifikasi histon, protein yang berperan dalam pembungkusan DNA. Ini membantu dalam sintesis dan perbaikan DNA, yang penting untuk pertumbuhan dan perbaikan sel.
- 4) **Sistem Saraf:** Biotin penting untuk fungsi sistem saraf yang sehat, membantu dalam sintesis neurotransmitter dan mendukung fungsi saraf normal.

c. Dampak Kekurangan Biotin

Kekurangan vitamin B7 sangat jarang terjadi, tetapi dapat menyebabkan gejala yang cukup serius, termasuk:

- 1) **Rambut Rontok:** Kekurangan biotin sering dikaitkan dengan alopecia (rambut rontok) yang dapat terjadi pada kulit kepala dan bagian tubuh lainnya.
- 2) **Masalah Kulit:** Dermatitis seboroik, dengan gejala kulit merah, bersisik, dan iritasi, sering muncul pada orang dengan kekurangan biotin.
- 3) **Kelelahan dan Depresi:** Karena perannya dalam metabolisme energi dan fungsi otak, kekurangan biotin dapat menyebabkan kelelahan, depresi, dan bahkan gangguan mental seperti halusinasi.
- 4) **Masalah Neurologis:** Kekurangan biotin dapat menyebabkan gejala neurologis seperti kebingungan, kesemutan di tangan dan kaki, serta gangguan koordinasi.

d. Sumber Vitamin B7

Biotin dapat ditemukan dalam berbagai makanan, meskipun dalam jumlah yang relatif kecil. Sumber-sumber biotin yang baik meliputi:

- 1) Telur: Kuning telur adalah sumber biotin yang kaya, meskipun konsumsi putih telur mentah dapat menghambat penyerapan biotin.
- 2) Daging dan Unggas: Daging organ seperti hati, serta daging sapi dan ayam.
- 3) Ikan: Salmon dan sarden mengandung biotin.
- 4) Kacang-kacangan dan Biji-bijian: Kacang tanah, almond, dan biji bunga matahari.
- 5) Produk Susu: Seperti susu, keju, dan yogurt.
- 6) Sayuran: Beberapa sayuran seperti bayam, brokoli, dan kentang manis juga mengandung biotin.
- 7) Buah-buahan: Pisang, alpukat, dan raspberi.

e. Kebutuhan Harian

Kebutuhan harian vitamin B7 umumnya rendah dan dapat dicukupi melalui diet yang seimbang:

- 1) Dewasa (pria dan wanita): Sekitar 30 mikrogram (mcg) per hari.
- 2) Wanita hamil: 30 mcg per hari.
- 3) Wanita menyusui: 35 mcg per hari.

f. Stabilitas dan Absorpsi

Biotin cukup stabil terhadap panas dan proses memasak, sehingga kehilangan vitamin ini selama memasak relatif rendah. Penyerapan biotin terjadi di usus halus, dan sisa yang tidak diserap diekskresikan melalui urin.

g. Potensi Efek Samping dari Suplemen Biotin

Biotin sering digunakan dalam suplemen yang bertujuan untuk meningkatkan kesehatan rambut, kulit, dan kuku. Meskipun kekurangan biotin jarang terjadi, suplemen biotin populer untuk memperbaiki kondisi seperti rambut rontok atau kuku rapuh. Namun, bukti ilmiah mengenai efektivitas suplemen biotin dalam populasi yang tidak kekurangan vitamin ini masih terbatas. Vitamin B7 memiliki profil keamanan yang baik, bahkan dalam dosis tinggi, karena kelebihanannya akan diekskresikan melalui urin. Namun, dalam dosis yang sangat tinggi, biotin dapat mengganggu beberapa tes laboratorium, seperti tes hormon tiroid atau tes jantung, sehingga harus digunakan dengan hati-hati jika seseorang akan menjalani pemeriksaan tersebut.

7. Vitamin B9 (Asam Folat)

a. Pengertian

Vitamin B9, yang dikenal sebagai asam folat atau folat, adalah vitamin larut dalam air yang termasuk dalam kelompok vitamin B kompleks. Folat adalah bentuk alami vitamin B9 yang ditemukan dalam makanan, sedangkan asam folat adalah bentuk sintetis yang biasa terdapat dalam suplemen dan makanan yang diperkaya. Vitamin B9 sangat penting untuk sintesis DNA, produksi sel darah merah, dan perkembangan janin selama kehamilan.

b. Fungsi dan Peran

- 1) Sintesis DNA dan RNA: Asam folat berperan sebagai koenzim dalam sintesis, perbaikan, dan metilasi DNA dan RNA, yang penting untuk pembelahan dan pertumbuhan sel. Fungsi ini sangat krusial selama masa pertumbuhan cepat, seperti kehamilan dan masa kanak-kanak.
- 2) Produksi Sel Darah Merah: Folat diperlukan untuk pembentukan sel darah merah yang sehat. Kekurangan folat dapat menyebabkan anemia megaloblastik, di mana sel darah merah menjadi besar dan tidak matang, sehingga mengurangi kemampuan darah untuk mengangkut oksigen ke seluruh tubuh.
- 3) Metabolisme Homosistein: Asam folat membantu mengubah homosistein menjadi metionin, asam amino esensial. Tingkat homosistein yang tinggi dalam darah dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular, sehingga folat berperan dalam menjaga kesehatan jantung.
- 4) Perkembangan Janin: Salah satu peran terpenting asam folat adalah dalam perkembangan tabung saraf pada janin selama awal kehamilan. Asupan folat yang cukup dapat mencegah cacat tabung saraf, seperti spina bifida dan anensefali, pada bayi yang belum lahir.
- 5) Kesehatan Mental: Folat juga berkontribusi terhadap fungsi otak yang sehat dan dapat berperan dalam mencegah gangguan mental seperti depresi.

c. Dampak Kekurangan Asam Folat

Kekurangan asam folat dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan yang signifikan, termasuk:

- 1) Anemia Megaloblastik: Ditandai dengan kelelahan, lemah, sesak napas, dan pucat akibat produksi sel darah merah yang tidak normal.
- 2) Cacat Tabung Saraf: Kekurangan asam folat selama kehamilan meningkatkan risiko bayi lahir dengan cacat tabung saraf.
- 3) Masalah Kardiovaskular: Tingkat homosistein yang tinggi akibat kekurangan folat dapat meningkatkan risiko penyakit jantung dan stroke.

- 4) Gangguan Pencernaan: Gejala seperti diare, penurunan berat badan, dan penurunan nafsu makan juga dapat terjadi.

d. Sumber Vitamin B9

Asam folat dapat ditemukan dalam berbagai sumber makanan, terutama dari produk nabati:

- 1) Sayuran Hijau: Bayam, brokoli, asparagus, dan kale adalah sumber folat yang sangat baik.
- 2) Buah-buahan dan Jus: Buah-buahan seperti jeruk, lemon, pisang, dan stroberi, serta jus jeruk.
- 3) Legum: Kacang-kacangan seperti kacang merah, buncis, dan lentil.
- 4) Biji-bijian Utuh dan Produk yang Diperkaya: Roti gandum utuh, sereal yang diperkaya, dan nasi.
- 5) Daging dan Hati: Hati sapi dan hati ayam juga mengandung folat dalam jumlah yang signifikan.

e. Kebutuhan Harian

Kebutuhan harian vitamin B9 bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan, terutama selama kehamilan:

- 1) Dewasa (pria dan wanita): Sekitar 400 mikrogram Dietary Folate Equivalents (DFE) per hari.
- 2) Wanita hamil: 600 mikrogram DFE per hari, untuk mendukung perkembangan janin.
- 3) Wanita menyusui: 500 mikrogram DFE per hari.

f. Stabilitas dan Absorpsi

Asam folat lebih stabil dibandingkan folat alami yang ditemukan dalam makanan, yang dapat rusak oleh paparan cahaya, panas, dan udara. Penyerapan asam folat sintetis di usus lebih efisien dibandingkan dengan folat alami, yang cenderung lebih rentan terhadap degradasi selama proses memasak.

g. Potensi Efek Samping dari Suplemen Asam Folat

Asam folat sering direkomendasikan sebagai suplemen, terutama bagi wanita yang merencanakan kehamilan atau sedang hamil, untuk mencegah cacat tabung saraf. Selain itu, suplemen folat mungkin diresepkan untuk mengatasi defisiensi folat dan untuk mengurangi kadar homosistein dalam darah, yang dapat membantu dalam pencegahan penyakit kardiovaskular.

Meskipun asam folat umumnya aman, konsumsi dalam dosis yang sangat tinggi (di atas 1.000 mikrogram per hari) dapat menutupi gejala kekurangan vitamin B12, yang dapat menyebabkan kerusakan saraf yang tidak terdeteksi.

Oleh karena itu, penggunaan suplemen harus sesuai dengan rekomendasi medis.

8. Vitamin B12 (Kobalamin)

a. Pengertian

Vitamin B12, atau kobalamin, adalah salah satu vitamin B kompleks yang larut dalam air dan memiliki struktur kimia yang paling kompleks. Vitamin ini esensial untuk fungsi normal otak, sistem saraf, dan produksi sel darah merah. Kobalamin mengandung unsur kobalt, yang memberi nama vitamin ini. Vitamin B12 tidak dapat diproduksi oleh tubuh dan harus diperoleh melalui diet atau suplemen.

b. Fungsi dan Peran

- 1) **Produksi Sel Darah Merah:** Vitamin B12 berperan penting dalam sintesis DNA dan RNA yang diperlukan untuk pembentukan sel darah merah di sumsum tulang. Kekurangan vitamin B12 dapat menyebabkan anemia pernisiiosa, di mana sel darah merah yang dihasilkan tidak matang dan berukuran besar (megaloblastik), sehingga mengurangi kemampuan darah untuk membawa oksigen.
- 2) **Fungsi Otak dan Sistem Saraf:** Vitamin B12 adalah kofaktor dalam sintesis mielin, lapisan pelindung yang mengelilingi saraf dan memungkinkan impuls saraf bergerak dengan cepat dan efisien. Kekurangan vitamin B12 dapat menyebabkan kerusakan saraf, kebingungan, gangguan memori, dan bahkan demensia.
- 3) **Metabolisme Homosistein:** Vitamin B12 bekerja bersama dengan asam folat dan vitamin B6 untuk mengubah homosistein, asam amino yang dapat menjadi racun dalam kadar tinggi, menjadi metionin, yang diperlukan untuk berbagai proses biologis. Ini membantu mengurangi risiko penyakit kardiovaskular.
- 4) **Sintesis DNA:** Vitamin B12 diperlukan untuk regenerasi folat dalam bentuk aktifnya, yang penting untuk sintesis DNA. Proses ini sangat penting selama pembelahan dan pertumbuhan sel.

c. Dampak Kekurangan Vitamin B12

Kekurangan vitamin B12 dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan, terutama karena perannya yang penting dalam produksi sel darah merah dan fungsi sistem saraf:

- 1) **Anemia Megaloblastik:** Kekurangan vitamin B12 menyebabkan produksi sel darah merah yang abnormal, yang dapat menyebabkan gejala seperti kelelahan, kelemahan, sesak napas, dan pucat.

- 2) Kerusakan Saraf: Kekurangan B12 yang berlangsung lama dapat menyebabkan neuropati perifer, yang ditandai oleh mati rasa, kesemutan, atau rasa terbakar pada tangan dan kaki.
- 3) Gangguan Kognitif: Kekurangan vitamin B12 juga dikaitkan dengan masalah neurologis, seperti kehilangan memori, kebingungan, depresi, dan bahkan demensia.
- 4) Masalah Gastrointestinal: Kekurangan B12 dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan, penurunan berat badan, dan gangguan pencernaan.

d. Sumber Vitamin B12

Vitamin B12 secara alami ditemukan dalam produk hewani, dan karena itu, vegan atau vegetarian yang ketat berisiko mengalami kekurangan vitamin ini jika tidak mengonsumsi suplemen atau makanan yang diperkaya:

- 1) Daging: Daging sapi, domba, dan babi, terutama hati, merupakan sumber B12 yang kaya.
- 2) Ikan dan Kerang: Ikan seperti salmon, tuna, sarden, serta kerang dan kepiting, mengandung B12 dalam jumlah tinggi.
- 3) Produk Susu: Susu, yogurt, dan keju adalah sumber B12 yang baik.
- 4) Telur: Telur, terutama kuning telur, mengandung vitamin B12.
- 5) Makanan yang Diperkaya: Beberapa sereal, susu nabati, dan produk pengganti daging sering diperkaya dengan vitamin B12 untuk membantu individu yang tidak mengonsumsi produk hewani.

e. Kebutuhan Harian

Kebutuhan harian vitamin B12 relatif kecil, tetapi tetap penting untuk menjaga kadar yang memadai:

- 1) Dewasa (pria dan wanita): 2,4 mikrogram per hari.
- 2) Wanita hamil: 2,6 mikrogram per hari.
- 3) Wanita menyusui: 2,8 mikrogram per hari.

f. Absorpsi dan Metabolisme

Absorpsi vitamin B12 adalah proses yang kompleks dan memerlukan faktor intrinsik, protein yang diproduksi oleh sel parietal di lambung, untuk mengikat B12 dan membawanya ke usus halus untuk diserap. Setelah diserap, B12 disimpan dalam jumlah besar di hati, yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tubuh selama beberapa tahun jika asupan vitamin B12 tiba-tiba berhenti.

g. Potensi Efek Samping dari Suplemen B12

Vitamin B12 sering digunakan dalam pengobatan anemia pernisiiosa dan defisiensi vitamin B12 yang disebabkan oleh malabsorpsi, seperti pada orang dengan kondisi autoimun (misalnya, gastritis atrofi), atau mereka yang

menjalani operasi lambung. B12 juga diberikan sebagai suplemen kepada vegan dan vegetarian untuk mencegah kekurangan.

Vitamin B12 umumnya aman bahkan dalam dosis tinggi, karena kelebihanannya diekskresikan melalui urin. Namun, beberapa orang mungkin mengalami reaksi alergi terhadap suntikan B12, meskipun hal ini jarang terjadi.

9. Vitamin C (Asam Askorbat)

a. Pengertian

Vitamin C, atau asam askorbat, adalah vitamin larut dalam air yang memiliki peran penting dalam berbagai fungsi biologis di dalam tubuh. Vitamin C dikenal karena sifat antioksidannya yang kuat, kemampuannya untuk memperkuat sistem kekebalan tubuh, serta perannya dalam sintesis kolagen. Karena tubuh manusia tidak dapat memproduksi vitamin C sendiri, vitamin ini harus diperoleh melalui makanan atau suplemen.

b. Fungsi dan Peran

- 1) Antioksidan: Vitamin C berfungsi sebagai antioksidan yang kuat, melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas. Radikal bebas adalah molekul tidak stabil yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan berkontribusi terhadap penuaan dan berbagai penyakit kronis.
- 2) Sintesis Kolagen: Salah satu peran utama vitamin C adalah dalam sintesis kolagen, protein struktural yang penting untuk pembentukan kulit, pembuluh darah, tulang, dan jaringan ikat. Kolagen juga membantu proses penyembuhan luka dan menjaga elastisitas kulit.
- 3) Penyerapan Zat Besi: Vitamin C meningkatkan penyerapan zat besi non-heme (zat besi dari sumber nabati) di usus. Ini sangat penting bagi individu yang mengonsumsi diet vegetarian atau vegan, yang mungkin berisiko mengalami kekurangan zat besi.
- 4) Sistem Kekebalan Tubuh: Vitamin C berperan dalam memperkuat sistem kekebalan tubuh dengan merangsang produksi sel darah putih, yang penting untuk melawan infeksi. Vitamin ini juga membantu meningkatkan fungsi fagosit, sel yang menelan patogen berbahaya.
- 5) Produksi Neurotransmitter: Vitamin C berperan dalam biosintesis beberapa neurotransmitter seperti norepinefrin, yang penting untuk fungsi otak dan suasana hati.
- 6) Pencegahan Penyakit Kronis: Karena sifat antioksidannya, vitamin C diyakini membantu dalam pencegahan berbagai penyakit kronis, termasuk penyakit jantung, kanker, dan penyakit neurodegeneratif.

c. Dampak Kekurangan Vitamin C

Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan yang signifikan, termasuk:

- 1) Skorbut: Penyakit langka ini disebabkan oleh kekurangan vitamin C yang parah, yang mengakibatkan gejala seperti gusi berdarah, nyeri sendi, anemia, kelelahan, dan penyembuhan luka yang buruk. Skorbut dapat berakibat fatal jika tidak diobati.
- 2) Penurunan Sistem Kekebalan: Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan penurunan resistensi terhadap infeksi dan memperlambat penyembuhan luka.
- 3) Kulit Kering dan Rusak: Karena perannya dalam sintesis kolagen, kekurangan vitamin C dapat menyebabkan kulit menjadi kering, bersisik, dan mempercepat tanda-tanda penuaan.

d. Sumber Vitamin C

Vitamin C banyak ditemukan dalam berbagai buah-buahan dan sayuran, terutama yang berwarna cerah:

- 1) Buah-buahan Sitrus: Jeruk, lemon, jeruk bali, dan jeruk nipis.
- 2) Buah Lainnya: Stroberi, kiwi, nanas, dan mangga.
- 3) Sayuran: Paprika merah dan hijau, brokoli, bayam, kubis, dan kentang.
- 4) Tomat: Baik dalam bentuk segar maupun sebagai jus atau pasta.

e. Kebutuhan Harian

Kebutuhan harian vitamin C bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan:

- 1) Dewasa (pria): 90 mg per hari.
- 2) Dewasa (wanita): 75 mg per hari.
- 3) Wanita hamil: 85 mg per hari.
- 4) Wanita menyusui: 120 mg per hari.
- 5) Perokok: Tambahan 35 mg per hari, karena merokok meningkatkan kebutuhan vitamin C.

f. Stabilitas dan Absorpsi

Vitamin C sensitif terhadap panas, cahaya, dan udara, sehingga sebagian dari kandungan vitamin ini dapat hilang selama penyimpanan dan proses memasak. Untuk memaksimalkan asupan vitamin C, disarankan untuk mengonsumsi buah dan sayuran dalam keadaan segar atau minimal diproses.

g. Potensi Efek Samping dari Suplemen Vitamin C

Vitamin C sering digunakan sebagai suplemen untuk mencegah atau mengobati flu biasa, meskipun bukti ilmiah tentang efektivitasnya bervariasi. Suplemen vitamin C juga digunakan dalam dosis tinggi sebagai terapi

komplementer untuk beberapa kondisi medis, termasuk pencegahan kanker dan penyakit kardiovaskular, meskipun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan manfaat ini.

Meskipun vitamin C umumnya aman, dosis tinggi (lebih dari 2.000 mg per hari) dapat menyebabkan efek samping seperti diare, mual, kram perut, dan gangguan pencernaan. Selain itu, konsumsi berlebihan vitamin C dapat meningkatkan risiko batu ginjal pada individu yang rentan.

10. Memastikan Asupan Vitamin Larut Air yang Cukup

- a. Konsumsi Beragam Makanan: Pastikan diet yang bervariasi dengan sumber-sumber vitamin B-kompleks dan vitamin C untuk memastikan asupan yang cukup.
- b. Hindari Pengolahan Berlebihan: Vitamin larut air mudah rusak oleh panas, cahaya, dan air. Oleh karena itu, hindari memasak terlalu lama atau menyimpan makanan terlalu lama untuk mempertahankan kandungan vitamin.
- c. Konsumsi Harian: Karena vitamin larut air tidak disimpan dalam jumlah besar oleh tubuh, penting untuk mengonsumsi makanan yang kaya vitamin ini setiap hari.

Dengan memastikan asupan yang cukup dari vitamin larut air, kita dapat mendukung berbagai fungsi tubuh yang penting, termasuk metabolisme energi, kesehatan kulit, fungsi saraf, dan sistem kekebalan tubuh.

Vitamin larut air, yaitu vitamin B kompleks dan vitamin C, memiliki peran penting dalam berbagai fungsi biologis dan berinteraksi dengan zat gizi lainnya dalam tubuh. Berikut adalah penjelasan mengenai cara kerja vitamin larut air, faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan, serta zat gizi yang berinteraksi dengan vitamin tersebut.

C. Pencernaan, Metabolisme, Transportasi, dan absorpsi Vitamin Larut Air (Vitamin B Kompleks Dan Vitamin C) di Dalam Tubuh

1. Pencernaan

a. Proses Pencernaan

Pencernaan vitamin larut air biasanya tidak memerlukan proses emulsi seperti vitamin larut lemak. Vitamin larut air sebagian besar ditemukan dalam makanan nabati dan hewani. Selama pencernaan, makanan yang mengandung vitamin ini dipecah menjadi komponen yang lebih sederhana di lambung dan usus halus oleh enzim pencernaan.

b. Peran Enzim

Enzim dalam lambung dan pankreas membantu memecah makanan menjadi asam amino, glukosa, dan vitamin. Misalnya, beberapa vitamin B kompleks dapat dilepaskan dari protein dalam makanan melalui proses pencernaan yang berlangsung di lambung dan usus halus.

2. Absorpsi

Proses Absorpsi: Vitamin larut air diserap terutama di usus halus, terutama di bagian duodenum dan jejunum. Proses absorpsi vitamin larut air terjadi melalui beberapa mekanisme:

- a. Difusi Pasif: Vitamin larut air seperti vitamin C dapat diserap melalui difusi pasif, di mana vitamin bergerak dari konsentrasi tinggi ke rendah dalam lumen usus ke dalam sel usus.
- b. Transportasi Aktif: Beberapa vitamin B kompleks, seperti vitamin B12, memerlukan transportasi aktif. Vitamin B12 berikatan dengan protein pengikat intrinsic yang diproduksi oleh sel-sel lambung, dan kemudian diserap melalui reseptor khusus di usus halus.

Kondisi yang Mempengaruhi Absorpsi: Penyerapan vitamin larut air dipengaruhi oleh keadaan pencernaan yang sehat dan adanya zat gizi lain dalam makanan. Kadar pH yang terlalu tinggi atau rendah dapat mempengaruhi efektivitas absorpsi.

3. Transportasi

- a. Transportasi dalam Sirkulasi Darah: Setelah diserap, vitamin larut air masuk ke dalam aliran darah melalui kapiler usus. Tidak seperti vitamin larut lemak, vitamin larut air tidak memerlukan lipoprotein untuk transportasi.
- b. Distribusi ke Jaringan Tubuh: Vitamin larut air didistribusikan ke seluruh tubuh melalui darah. Karena sifatnya yang larut dalam air, vitamin ini mudah dibawa ke sel-sel dan jaringan tubuh yang memerlukannya.

4. Metabolisme

- a. Metabolisme Vitamin Larut Air: Vitamin larut air terlibat dalam berbagai reaksi biokimia dan proses metabolik di dalam tubuh:
- b. Vitamin B Kompleks: Berperan dalam metabolisme energi, sintesis neurotransmitter, dan pembentukan sel darah merah. Setiap jenis vitamin B memiliki fungsi khusus, misalnya, vitamin B6 penting dalam metabolisme protein, sedangkan asam folat berperan dalam sintesis DNA.
- c. Vitamin C: Berfungsi sebagai antioksidan dan berperan dalam sintesis kolagen, penyerapan zat besi non-heme, dan pemeliharaan sistem imun. Vitamin C juga terlibat dalam berbagai reaksi redoks dalam tubuh.

5. Ekskresi

Penyimpanan dan Ekskresi: Vitamin larut air tidak disimpan dalam jumlah besar dalam tubuh, dan kelebihan yang tidak diperlukan akan diekskresikan melalui urin. Oleh karena itu, asupan vitamin larut air perlu dilakukan secara teratur melalui diet untuk menjaga kadar yang optimal dalam tubuh.

D. Cara Kerja Vitamin Larut Air dengan Zat Gizi Lain

1. Vitamin B Kompleks:

a. Interaksi dengan Zat Gizi Lain:

Vitamin B kompleks, yang meliputi B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niasin), B5 (asam pantotenat), B6 (piridoksin), B7 (biotin), B9 (asam folat), dan B12 (kobalamin), berperan penting dalam metabolisme energi dan sintesis sel. Misalnya, vitamin B6 berfungsi dalam metabolisme protein dan pembentukan neurotransmitter, sementara asam folat berperan dalam pembentukan sel darah merah.

b. Kombinasi dengan Zat Gizi:

Vitamin B berinteraksi dengan mineral seperti magnesium dan seng, yang penting dalam berbagai proses biokimia yang melibatkan vitamin B.

2. Vitamin C:

Interaksi dengan Zat Gizi Lain: Vitamin C berperan sebagai antioksidan dan membantu dalam sintesis kolagen, penyerapan zat besi, dan pemeliharaan sistem imun. Vitamin C juga berinteraksi dengan vitamin E, di mana vitamin C membantu meregenerasi vitamin E yang teroksidasi.

Kombinasi dengan Zat Gizi: Penyerapan zat besi non-heme dari sumber nabati dapat meningkat dengan konsumsi vitamin C. Ini penting untuk mencegah anemia defisiensi besi, terutama pada vegetarian.

E. Faktor yang Mempercepat Penyerapan Vitamin Larut Air

1. Kombinasi dengan Makanan:

Makanan yang kaya serat dan vitamin, seperti buah-buahan dan sayuran segar, dapat membantu meningkatkan penyerapan vitamin larut air. Misalnya, konsumsi jeruk (sumber vitamin C) bersama dengan makanan yang mengandung zat besi dapat meningkatkan penyerapan zat besi.

2. Kondisi Pencernaan yang Sehat:

Saluran pencernaan yang sehat dengan flora usus yang seimbang dapat meningkatkan penyerapan vitamin larut air, karena proses fermentasi dan pencernaan yang optimal.

3. Kelembapan yang Cukup:

Asupan cairan yang cukup mendukung fungsi pencernaan dan membantu penyerapan vitamin larut air.

F. Faktor yang Menghambat Penyerapan Vitamin Larut Air

1. Kondisi Pencernaan yang Buruk:

Gangguan pencernaan, seperti sindrom iritasi usus besar (IBS) atau penyakit celiac, dapat menghambat penyerapan vitamin larut air.

2. Diet Rendah Nutrisi:

Pola makan yang kurang bervariasi dan rendah buah-buahan serta sayuran dapat mengurangi asupan vitamin larut air.

3. Obat-obatan:

Beberapa obat-obatan seperti antasida atau obat penurun kolesterol, dapat mengganggu penyerapan vitamin B12 dan asam folat.

4. Kekurangan Mineral:

Kekurangan mineral tertentu, seperti magnesium dan seng, dapat mengganggu metabolisme vitamin B kompleks.

G. Perkembangan Terbaru tentang Vitamin Larut Air

1. Vitamin C dan Kesehatan Imun:

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa vitamin C dapat meningkatkan respons imun tubuh, terutama dalam melawan infeksi virus. Suplementasi vitamin C diketahui dapat memperpendek durasi dan keparahan gejala flu. Penelitian juga menemukan bahwa kadar vitamin C yang cukup dapat membantu mengurangi risiko pneumonia.

2. Sumber: Vitamin B12 dan Kesehatan Mental:

Penelitian terkini menunjukkan bahwa vitamin B12 berperan penting dalam kesehatan mental dan mood. Defisiensi vitamin B12 telah dikaitkan dengan peningkatan risiko depresi dan gangguan kecemasan. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi vitamin B12 dapat membantu meningkatkan mood dan kesehatan mental secara keseluruhan.

3. Asam Folat dan Kesehatan Jantung:

Penelitian baru menunjukkan bahwa asam folat (vitamin B9) memiliki efek positif pada kesehatan jantung dengan menurunkan kadar homosistein dalam darah. Kadar homosistein yang tinggi dapat meningkatkan risiko penyakit jantung, sehingga asupan asam folat yang cukup sangat penting bagi kesehatan jantung.

4. Vitamin B6 dan Metabolisme Energi:

Penelitian menunjukkan bahwa vitamin B6 (piridoksin) berperan penting dalam metabolisme energi dan pengaturan kadar gula darah. Defisiensi vitamin B6 dapat menyebabkan masalah metabolisme dan berkontribusi pada peningkatan risiko diabetes tipe 2.

H. Latihan

Kerjakanlah soal di bawah ini. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar:

1. Vitamin larut air adalah vitamin yang:
 - a. Disimpan dalam tubuh dalam jumlah besar
 - b. Larut dalam lemak dan disimpan di hati
 - c. Mudah larut dalam air dan tidak disimpan dalam jumlah besa
 - d. Dibutuhkan dalam jumlah kecil dan disimpan di otot
 - e. Tidak memerlukan asupan harian
2. Vitamin yang membantu penyerapan zat besi dari makanan adalah:
 - a. Vitamin A
 - b. Vitamin B12
 - c. Vitamin C
 - d. Vitamin D
 - e. Vitamin K
3. Kekurangan vitamin B1 (Tiamin) dapat menyebabkan penyakit:
 - a. Pellagra
 - b. Beri-beri
 - c. Skorbit
 - d. Anemia
 - e. Osteomalasia
4. Vitamin yang penting untuk pembentukan DNA dan sangat dibutuhkan selama kehamilan adalah:
 - a. Vitamin B12
 - b. Vitamin B6
 - c. Vitamin B9 (Asam folat)
 - d. Vitamin C
 - e. Vitamin B5

5. Fungsi utama dari vitamin B2 (Riboflavin) adalah:
 - a. Menjaga kesehatan mata dan kulit
 - b. Menghasilkan sel darah merah
 - c. Menyembuhkan luka
 - d. Mengatur kadar gula darah
 - e. Mengatur fungsi tiroid
6. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan penyakit yang ditandai dengan gusi berdarah, yaitu:
 - a. Skorbut
 - b. Anemia
 - c. Osteoporosis
 - d. Beri-beri
 - e. Pellagra
7. Vitamin B12 berperan dalam pembentukan:
 - a. Serotonin
 - b. Hemoglobin
 - c. Sel darah merah
 - d. Kolagen
 - e. Keratin
8. Vitamin yang berperan dalam metabolisme asam amino dan produksi neurotransmitter adalah:
 - a. Vitamin B1
 - b. Vitamin B3
 - c. Vitamin B5
 - d. Vitamin B6
 - e. Vitamin B12
9. Sumber makanan utama vitamin B7 (Biotin) adalah:
 - a. Buah sitrus dan sayuran hijau
 - b. Kacang-kacangan, telur, dan ikan
 - c. Daging merah dan biji-bijian
 - d. Produk susu dan mentega
 - e. Sayuran berdaun hijau dan minyak ikan

10. Vitamin B3 (Niasin) dapat membantu mencegah penyakit:
- a. Anemia pernisiiosa
 - b. Osteomalasia
 - c. Pellagra
 - d. Skorbut
 - e. Kretinisme

Kunci Jawaban:

1. c. Mudah larut dalam air dan tidak disimpan dalam jumlah besar
2. c. Vitamin C
3. b. Beri-beri
4. c. Vitamin B9 (Asam folat)
5. a. Menjaga kesehatan mata dan kulit
6. a. Skorbut
7. c. Sel darah merah
8. d. Vitamin B6
9. b. Kacang-kacangan, telur, dan ikan
10. c. Pellagra

I. Rangkuman Materi

Vitamin larut air adalah jenis vitamin yang dapat larut dalam air dan umumnya tidak disimpan dalam tubuh dalam jumlah besar. Karena itu, vitamin ini harus dikonsumsi secara teratur melalui makanan. Vitamin larut air berperan penting dalam berbagai proses metabolisme tubuh. Ada dua kelompok utama vitamin larut air: Vitamin B kompleks dan Vitamin C.

1. Vitamin B Kompleks

Vitamin B terdiri dari beberapa jenis yang berfungsi dalam metabolisme energi, pembentukan sel darah merah, serta fungsi saraf dan otak. Berikut adalah beberapa vitamin B yang termasuk dalam kelompok ini:

- Vitamin B1 (Tiamin): Berperan dalam metabolisme karbohidrat dan fungsi sistem saraf. Kekurangan tiamin bisa menyebabkan penyakit beri-beri.
- Vitamin B2 (Riboflavin): Membantu metabolisme energi serta menjaga kesehatan kulit dan mata. Kekurangan riboflavin bisa menyebabkan peradangan mulut dan lidah.
- Vitamin B3 (Niasin): Terlibat dalam metabolisme energi, menjaga fungsi pencernaan, serta kesehatan kulit dan saraf. Kekurangan niasin bisa menyebabkan pellagra.

- Vitamin B5 (Asam Pantotenat): Berperan dalam sintesis koenzim A, penting untuk metabolisme asam lemak.
- Vitamin B6 (Piridoksin): Berfungsi dalam metabolisme asam amino, pembentukan hemoglobin, dan neurotransmitter. Kekurangannya bisa menyebabkan anemia dan gangguan saraf.
- Vitamin B7 (Biotin): Terlibat dalam metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein, serta penting untuk kesehatan kulit, rambut, dan kuku.
- Vitamin B9 (Asam Folat): Penting untuk pembentukan DNA dan sel darah merah, serta sangat diperlukan selama kehamilan untuk mencegah cacat lahir pada janin.
- Vitamin B12 (Kobalamin): Berperan dalam produksi sel darah merah dan pemeliharaan fungsi saraf. Kekurangan vitamin ini bisa menyebabkan anemia pernisiiosa dan kerusakan saraf.

2. Vitamin C (Asam Askorbat)

Vitamin C memiliki peran penting dalam sintesis kolagen, penyembuhan luka, dan sebagai antioksidan yang melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Vitamin ini juga meningkatkan penyerapan zat besi dan memperkuat sistem imun. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan penyakit kudis (scurvy) yang ditandai dengan gusi berdarah dan penyembuhan luka yang lambat.

3. Sifat-sifat Umum Vitamin Larut Air

- a. Tidak disimpan dalam jumlah besar: Tubuh hanya menyimpan vitamin larut air dalam jumlah kecil, sehingga harus dikonsumsi secara rutin melalui makanan.
- b. Cepat larut dalam air: Vitamin ini mudah larut dalam air sehingga mudah terbuang melalui urine jika ada kelebihan.
- c. Rentan terhadap kerusakan: Vitamin larut air dapat rusak akibat paparan panas, cahaya, dan udara, sehingga cara memasak dan menyimpan makanan mempengaruhi kandungan vitaminnya.

4. Sumber Makanan

Vitamin B kompleks dan vitamin C banyak ditemukan dalam sayuran hijau, buah-buahan, biji-bijian, kacang-kacangan, daging, ikan, dan produk susu.

J. Glosarium

ATP	= Adenosin Triphosphate
CoA	= Koenzim A
DNA	= Deoxyribo Nucleic Acid
FAD	= Flavin adenina dinukleotida
GABA	= Gamma-Aminobutyric Acid

HDL	= High Density Lipoprotein
LDL	= Low Density Lipoprotein
NADPH	= Nikotinamid Adenin Dinukleotida Fosfat
NE	= Niacin Equivalens
PLP	= Piridoksal Fosfat
TPP	= Thiamin Pynophosphate

K. Daftar Pustaka

- Almatsier, S. 2011. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Arisman, M. B. 2009. *Gizi dalam Daur Kehidupan*. EGC. Jakarta.
- Aroda, V. R., & et al. (2021). Folic acid and cardiovascular health: A review. *Current Atherosclerosis Reports*, 23(3), 15.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Stryer, L. (2015). *Biochemistry*. W. H. Freeman.
- Fitriani, F., & et al. (2020). Peran vitamin C dalam meningkatkan sistem imun. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 14(2), 99-105.
- H. D., S. M. J. W. (2017). *Principles of Nutrition*. [Publisher information needed].
- Hidayati, S., & et al. (2019). Asam folat dan kesehatan ibu hamil. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 14(1), 25-32.
- Hvas, A. M., & et al. (2004). Vitamin B12 and psychiatric disorders. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 109(1), 1-9.
- Khomsan, A. (2018). *Dasar-Dasar Gizi*. Gadjah Mada University Press.
- Nani, H. (2019). *Pangan dan Gizi*. Penerbit Universitas Airlangga.
- Puri, S., & et al. (2017). Vitamin B12 deficiency and its neuropsychiatric consequences. *Psychological Medicine*, 47(1), 33-43.
- Retno, S., & Yuyun, S. (2016). *Gizi untuk Kesehatan*. Penerbit Andi.
- Ross, A. C., Caballero, B., & Cousins, R. J. (2014). *Modern Nutrition in Health and Disease*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Susanto, S. (2017). *Ilmu Gizi*. Sagung Seto.
- Okabe, R. L., & et al. (2020). *Nutrition and Diagnosis-Related Care*. Jones & Bartlett Learning.
- Smolin, L. A., & Grosvenor, M. B. (2016). *Nutrition: Science and Applications*. Wiley.
- Widyastuti, S. (2019). *Gizi dan Kesehatan*. Universitas Diponegoro.
- Zhang, X., & et al. (2016). Folic acid supplementation and cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis. *Circulation*, 133(12), 1147-1157.

BAB 7

Vitamin Larut Lemak

Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran

Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran adalah untuk memberikan pengetahuan tentang vitamin larut lemak yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Tujuan Instruksional:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan jenis bahan makanan yang mengandung vitamin larut lemak.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi vitamin larut lemak bagi tubuh manusia.
3. Mahasiswa mampu menjelaskan dampak akibat kekurangan vitamin larut lemak.
4. Mahasiswa mampu menganalisis cara pencegahan akibat kekurangan vitamin larut lemak.

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu mengembangkan teori dan IPTEKS dalam bidang gizi
2. Mampu memecahkan masalah gizi terkait pangan dan kesehatan
3. Mampu melakukan penelitian ilmiah di bidang gizi
4. Mampu mengaplikasikan dasar ilmu gizi dalam pemecahan masalah gizi
5. Mampu menjadi pemimpin dan bekerja secara profesional
6. Mampu menginterpretasikan pengetahuan ilmiah dan melakukan riset bidang gizi
7. Mampu berpikir luas dengan landasan ilmiah
8. Mampu menjelaskan teori dasar, iptek gizi, dan ilmu terkait
9. Mampu berkomunikasi efektif dalam pelayanan konseling, edukasi gizi, dan dietetik
10. Mampu mengelola pelayanan gizi berdasarkan penilaian gizi yang sudah baku

Uraian Materi

Vitamin larut lemak walaupun hanya tersedia dalam tubuh dalam jumlah kecil, tetapi berfungsi sebagai koenzim atau bagian dari enzim dalam beberapa tahap reaksi metabolisme energi, pertumbuhan, dan pemeliharaan tubuh. Ini adalah senyawa kimia yang sangat penting yang diperlukan untuk kesehatan dan pertumbuhan tubuh yang baik. Sebagian besar koenzim adalah apoenzim, yaitu vitamin yang terikat dengan protein. Vitamin terdiri dari dua bagian: vitamin larut air dan vitamin larut lemak. Vitamin larut air adalah Vitamin B dan C, sedangkan vitamin larut lemak adalah Vitamin A, D, E, dan K. Setiap vitamin larut lemak melakukan fungsi tertentu untuk tubuh. Sebagian besar vitamin larut lemak diserap bersama dengan lipida lain. Untuk absorpsi, pancreas dan cairan empedu diperlukan. Sebagai bagian dari lipoprotein, vitamin larut lemak dibawa ke hati melalui sistem limfe. Di sana ia disimpan di berbagai jaringan tubuh dan biasanya tidak dikeluarkan dari tubuh melalui urin.

A. Vitamin A

1. Pengertian

Vitamin A adalah vitamin larut lemak pertama yang ditemukan. Secara umum vitamin A adalah nama generik untuk semua retinoid dan prekursor, provitamin A, atau karotenoid yang memiliki aktivitas biologi sebagai retinol. Dalam tubuh, retinol diubah menjadi retinal atau retinoic acid untuk melakukan fungsi tertentu. disebut vitamin A adalah bentuk karotenoid.

2. Fungsi Vitamin A

a. Untuk Penglihatan

Kebutuhan vitamin A untuk penglihatan normal muncul ketika kita keluar dari cahaya terang dan masuk ke cahaya remang. Mata membutuhkan waktu untuk melihat, seperti yang terjadi ketika bertemu dengan mobil dengan lampu yang menyilaukan pada malam hari. Jumlah vitamin A yang tersedia di dalam darah untuk pembentukan rodopsin berkorelasi langsung dengan kecepatan mata beradaptasi terhadap cahaya terang.

b. Diferensiasi Sel

Jika sel-sel tubuh mengalami perubahan dalam sifat atau fungsinya, ini disebut diferensiasi sel. Kekurangan vitamin A dapat terjadi pada tiap tahap perkembangan tubuh, seperti pada tahap pembentukan sperma dan sel telur, pembuahan, pembentukan struktur dan organ tubuh, pertumbuhan dan perkembangan janin, masa bayi, anak-anak, dewasa, dan masa tua.. Dalam bentuk asam retinoat, vitamin A dianggap berperan aktif dalam kegiatan inti

sel, mengatur faktor penentu keturunan dan gen yang memengaruhi sintesis protein. Bentuk dan fungsi sel berubah selama diferensiasi sel. Perubahan dalam perwujudan gen-gen dapat dikaitkan dengan ini.

c. Kekebalan Tubuh

Vitamin A memengaruhi fungsi kekebalan tubuh manusia dan hewan. Ada korelasi kuat antara status vitamin A dan risiko penyakit infeksi pernapasan; hubungan antara kekurangan vitamin A dan diare belum jelas; dan kekurangan vitamin A pada campak cenderung menyebabkan komplikasi kematian.

d. Pertumbuhan dan perkembangan

Vitamin A berpengaruh terhadap sintesis protein dengan demikian terhadap pertumbuhan sel. Tanpa vitamin A pertumbuhan tulang terhambat dan bentuk tulang tidak normal dan kegagalan pertumbuhan terjadi pada anak-anak. Dalam hal ini vitamin A berfungsi sebagai asam retinoat.

e. Reproduksi

Vitamin A dalam bentuk retinol diperlukan untuk pembentukan sperma, pertumbuhan sel telur, dan perkembangan janin dalam kandungan. Wanita yang kekurangan vitamin A mungkin hamil, tetapi mereka mungkin keguguran atau mengalami masalah saat melahirkan. Persiapan wanita untuk menyusui dan kebutuhan janin akan meningkatkan kebutuhan vitamin A selama kehamilan.

Senyawa-senyawa retinoid berperan dalam berbagai mekanisme seluler yang bermasalah, yang dapat menyebabkan kekurangan atau kekurangan vitamin A. Gangguan penglihatan yang terjadi pada senja hari, juga dikenal sebagai buta senja, terjadi karena kekurangan vitamin A. Ini terjadi saat stok vitamin A dalam hati hampir habis. Deplesi kemudian menyebabkan keratinisasi jaringan epitel di mata, paru-paru, traktus gastrointestinal, dan genitourinarius. Ini juga menyebabkan penurunan sekresi mucus. Kebutaan disebabkan oleh seroftalmia, kerusakan jaringan mata. Salah satu faktor yang menyebabkan kekurangan vitamin A adalah diet yang tidak sehat, yang berarti orang tidak mengonsumsi banyak sayuran, yang merupakan sumber vitamin A.

B. Vitamin D

Salah satu jenis vitamin yang paling umum ditemukan dalam makanan hewani, seperti ikan, telur, susu, dan produk olahannya, seperti keju, adalah vitamin D. Vitamin ini berdampak paling besar pada tulang karena dapat membantu metabolisme kalsium dan mineralisasi tulang. Saat terkena cahaya matahari (sinar ultraviolet), sel kulit akan segera memproduksi vitamin D.

Dikenal sebagai prohormon steroid, vitamin D dihasilkan oleh sekelompok senyawa steroid, yang terutama ditemukan pada hewan tetapi juga dalam tanaman dan ragi. Melalui berbagai proses metabolik, vitamin D dapat menghasilkan hormon Kalsitriol, yang memainkan peran penting dalam metabolisme kalsium dan fosfat. Penyakit rakhtis pada anak-anak dan osteomalasia pada orang dewasa disebabkan oleh kekurangan atau kekurangan vitamin D. Kekurangan kalsium dan fosfat menyebabkan pelunakan tulang.

C. Vitamin E

Vitamin E membantu menjaga kesehatan sel darah merah, hati, jaringan kulit, dan mata. Vitamin ini juga dapat melindungi paru-paru manusia dari udara yang tercemar. Tubuh menggunakan vitamin E sebagai antioksidan alami untuk mencapai manfaat kesehatan ini. Banyak sumber vitamin E termasuk ikan, ayam, kuning telur, ragi, dan minyak tumbuh-tumbuhan. Kekurangan vitamin E dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang fatal, seperti kemandulan, meskipun hanya dalam jumlah kecil. Selain itu, otot dan saraf akan mengalami gangguan selama periode yang lama. Anemia pada bayi yang baru lahir dapat terjadi karena kekurangan atau kekurangan vitamin E. Banyaknya lemak tak jenuh ganda dapat meningkatkan kebutuhan vitamin E. Defisiensi vitamin E dapat menyebabkan gejala neurologis. Ini dapat disebabkan oleh konsumsi minyak mineral, paparan oksigen (seperti dalam tenda oksigen), atau penyakit yang menghambat penyerapan lemak. Pengolahan makanan yang bersifat komersial, termasuk pembekuan, merusak vitamin E. Minyak biji bunga matahari, biji softlower, kedelai, dan biji gandum adalah sumber vitamin E yang baik.

D. Vitamin K

Vitamin K memiliki tiga bentuk, yaitu vitamin K1, K2, dan K3:

- Vitamin K1

Juga dikenal sebagai filokuinon atau fitomenadion, vitamin K1 merupakan bentuk alami yang ditemukan dalam sayuran hijau seperti bayam, sawi hijau, dan kangkung.

- Vitamin K2

Juga dikenal sebagai menakuinon, vitamin K2 merupakan bentuk alami yang disintesis oleh bakteri dalam usus manusia. Vitamin K2 memiliki rantai samping yang lebih panjang dibandingkan vitamin K1, sehingga bisa mengalir lebih lama di dalam darah.

- Vitamin K3

Juga dikenal sebagai menadione, vitamin K3 merupakan bentuk sintetis yang tidak direkomendasikan karena bisa mengakibatkan anemia hemolitik.

Vitamin K merupakan vitamin yang larut dalam lemak dan memiliki peran penting dalam pembekuan darah. Vitamin K juga membantu proses penyembuhan luka, mengurangi risiko osteoporosis, dan penyakit jantung.

Jika kekurangan vitamin K tubuh dapat mengalami pendarahan karena vitamin ini sangat penting untuk pembentukan sistem peredaran darah yang baik dan penutupan luka, kesulitan untuk membekukan darah ketika ada luka atau pendarahan. Vitamin K juga membantu mengaktifkan reaksi karboksilasi asam amino asam glutamat. Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan kita akan vitamin K kita harus banyak mengonsumsi susu, kuning telur, dan sayuran segar.

Penyakit hemoragik pada bayi baru lahir dapat terjadi karena kekurangan atau kekurangan vitamin K. Ini karena plasenta tidak memberikan vitamin K dengan baik. Malabsorpsi lemak, yang terkait dengan disfungsi pankreas, penyakit biliaris, atrofi mukosa intestinal, atau penyebab steatorrhea lainnya, dapat menyebabkan defisiensi vitamin K. Vitamin K mudah ditemukan di banyak jaringan hewan dan tanaman yang dikonsumsi. Di samping itu, antibiotik di usus besar juga dapat menyebabkan kekurangan vitamin K.

E. Latihan

Petunjuk: Pilihlah salah satu jawaban yang anda anggap benar!

1. Fungsi vitamin ini adalah mencegah dan menyembuhkan riketsia yaitu penyakit dimana tulang tidak mampu melakukan klasifikasi.
Apa nama vitamin tersebut?
A. Vitamin D
B. Vitamin B
C. Vitamin A
D. Vitamin E
E. Vitamin K
2. Kekurangan vitamin ini dapat mengakibatkan xeroftalmia dan xerosis konjungtiva sehingga lama kelamaan dapat mengakibatkan terjadinya bercak bitot dan xerosis kornea. Apakah nama vitamin tersebut?
A. Vitamin B
B. Vitamin K
C. Vitamin E

- D. Vitamin D
- E. Vitamin A

3. Berfungsi sebagai antioksidan, sintesis DNA, mencegah penyakit jantung koroner dan mencegah keguguran serta merangsang reaksi kekebalan.

Apakah vitamin tersebut?

- A. Vitamin B
- B. Vitamin K
- C. Vitamin E
- D. Vitamin D
- E. Vitamin A

4. Sifat vitamin ini cukup tahan panas dan tidak tahan terhadap alkali dan cahaya. Defisiensi vitamin ini menyebabkan darah tidak dapat menggumpal.

Apakah vitamin tersebut?

- A. Vitamin B
- B. Vitamin K
- C. Vitamin E
- D. Vitamin D
- E. Vitamin A

5. Dalam makanan vitamin ini berbentuk ester retinil sedangkan di dalam tubuh dapat berbentuk retinol, retinal dan retinoat.

Apakah vitamin tersebut?

- A. Vitamin B
- B. Vitamin K
- C. Vitamin E
- D. Vitamin D
- E. Vitamin A

6. Bentuk vitamin ini terdiri dari filokinon, menakinon dan menadion. Apakah vitamin tersebut?

- A. Vitamin B
- B. Vitamin K
- C. Vitamin E
- D. Vitamin D
- E. Vitamin A

F. Kunci Jawaban

- | | | |
|------|------|------|
| 1. A | 3. C | 5. E |
| 2. E | 4. B | 6. B |

G. Rangkuman Materi

Vitamin larut lemak adalah vitamin yang diserap tubuh dan disimpan di dalam jaringan lemak dan organ hati. Vitamin ini sulit dikeluarkan melalui keringat atau urine, sehingga perlu diwaspadai agar tidak berlebihan.

Berikut adalah beberapa hal yang perlu diketahui tentang vitamin larut lemak:

1. Jenis vitamin larut lemak: Vitamin A, D, E, dan K

Fungsi vitamin larut lemak:

- Vitamin A menjaga kesehatan mata dan sistem kekebalan tubuh
- Vitamin D membantu penyerapan dan metabolisme kalsium, serta menjaga kesehatan tulang
- Vitamin E menjaga kesehatan kulit, mata, otak, dan organ reproduksi
- Vitamin K mengaktifkan protein dan kalsium yang penting untuk pembekuan darah

2. Cara penyerapan: Vitamin larut lemak melewati sistem limfatik usus halus dan dialirkan dalam darah.
3. Sumber vitamin larut lemak: Sayur, buah, telur, hati, dan susu.
4. Konsumsi lemak sehat: Vitamin larut lemak membutuhkan lemak sehat untuk bisa dicerna tubuh.

H. Daftar Pustaka

- Andri Kusmayadi dkk. 2023. Dasar Ilmu Gizi. PT. Sada Kurnia Pustaka
- Arie Dwi Alristina dkk. 2021. Ilmu Gizi Dasar. Penerbit CV. Sarnu Untung
- Dewi Nugraheni dkk. Buku Ajar Dasar Ilmu Gizi Kesehatan Masyarakat. PT. Sonpedia Publishing Indonesia
- Elsa Yuniarti dan Sari Ramadhani. 2023. Vitamin. PT. Sonpedia Publishing Indonesia
- Hardinsyah dkk. 2017. Ilmu Gizi Teori dan Aplikasi. Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Ida Mardalena. 2017. Dasar-dasar Ilmu Gizi dalam Keperawatan.
- Vivi Trianan. (2019). Macam-Macam Vitamin Dan Fungsinya Dalam Tubuh Manusia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 40-47.
- Qomariyah, I.N. 2016. Vitamin Dan Mineral. Universitas Insan Budi Utomo.
- Solichan dkk. 2022. Ilmu Gizi Dasar. Penerbit Pradina Pustaka
- Tri Wiji Lestari dan Ria Ambarwati. 2018. Buku Ajar Gizi dan Diet. PT. Nasya Expanding Management.

BAB 8

Perhitungan Kebutuhan Energi dan Zat Gizi

Pendahuluan

Materi pembelajaran ini yaitu Perhitungan Kebutuhan Energi dan Zat Gizi, Rumus dan Komponen Perhitungannya. Tujuan pembelajaran ini adalah mahasiswa dapat menjelaskan dan mempraktikkan perhitungan energi dan zat gizi meliputi berbagai rumus dan komponen perhitungan energi dengan tepat. Sasaran pembaca materi ini yaitu mahasiswa program diploma 3, diploma 4, dan sarjana gizi, serta profesional gizi. Pada bab ini terdapat beberapa sub-bab materi, antara lain:

1. Kebutuhan energi dan komponen yang mempengaruhi
2. Beberapa rumus perhitungan kebutuhan energi
3. Perhitungan kebutuhan zat gizi makro
4. Perhitungan kebutuhan zat gizi mikro

Buku ini dirancang menggunakan tulisan, gambar dan Latihan yang benar untuk membantu pemahaman mahasiswa. Untuk memudahkan proses maupun hasil belajar mahasiswa, pendekatan atau metode pembelajaran yang digunakan berupa metode ceramah, *case study* dan *problem-based learning*. Bentuk pengajaran dengan penjelasan konsep, prinsip dan fakta dan sesi tanya jawab. Metode ceramah dikombinasikan dengan metode demonstrasi, dan penyelesaian kasus. Untuk memperdalam pemahaman mahasiswa mengenai materi ini, mahasiswa membacanya dengan seksama tulisan dalam buku ini kemudian mencoba melakukan perhitungan kebutuhan energi dan zat gizi individu masing-masing. Selain itu mahasiswa juga mengerjakan latihan yang terdapat pada akhir pembelajaran.

Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran

Tujuan Instruksional:

1. Menjelaskan tentang kebutuhan energi dan komponen yang mempengaruhinya
2. Menjelaskan dan menghitung kebutuhan energi dengan berbagai rumus
3. Menjelaskan dan menghitung kebutuhan zat gizi makro
4. Menjelaskan dan menghitung kebutuhan zat gizi mikro

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan tentang kebutuhan energi dan komponen yang mempengaruhinya
2. Mampu menjelaskan dan menghitung kebutuhan energi dengan berbagai rumus
3. Mampu menjelaskan dan menghitung kebutuhan zat gizi makro
4. Mampu menjelaskan dan menghitung kebutuhan zat gizi mikro

Uraian Materi

A. Kebutuhan Energi

Energi merupakan hasil metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak. Energi berfungsi sebagai zat tenaga untuk metabolisme, pertumbuhan, pengaturan suhu, dan aktivitas fisik. Kelebihan energi akan disimpan dalam bentuk glikogen sebagai cadangan energi jangka pendek dan dalam bentuk lemak sebagai cadangan jangka Panjang.

Kebutuhan energi seseorang merujuk pada jumlah energi yang diperlukan seseorang untuk menjalani aktivitas sehari-hari dan mempertahankan fungsi tubuh yang optimal. Kebutuhan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas, komposisi tubuh, status kesehatan, dan metabolisme.

1. Usia: Anak-anak dan remaja biasanya memerlukan lebih banyak energi untuk pertumbuhan, sementara kebutuhan energi cenderung menurun seiring bertambahnya usia.
2. Jenis Kelamin: Pria umumnya memiliki kebutuhan energi yang lebih tinggi dibandingkan wanita, terutama karena perbedaan massa otot.
3. Tingkat Aktivitas: Orang yang lebih aktif secara fisik, seperti atlet, memerlukan lebih banyak kalori dibandingkan dengan mereka yang lebih banyak duduk.
4. Komposisi Tubuh: Individu dengan lebih banyak massa otot cenderung membakar lebih banyak energi bahkan saat istirahat.
5. Kesehatan dan Metabolisme: Kondisi kesehatan tertentu dan tingkat metabolisme basal juga mempengaruhi kebutuhan energi.

Memenuhi kebutuhan energi yang tepat penting untuk kesehatan, keseimbangan berat badan, dan fungsi tubuh yang optimal. Jika kebutuhan energi tidak terpenuhi, bisa menyebabkan penurunan berat badan, kelelahan, dan masalah kesehatan lainnya. Sebaliknya, kelebihan kalori dapat menyebabkan penambahan berat badan dan masalah kesehatan terkait.

Angka kebutuhan gizi adalah jumlah zat minimal yang diperlukan seseorang atau individu agar dapat hidup sehat, yang digunakan untuk mempertahankan hidup, menunjang pertumbuhan, melakukan aktivitas fisik, pemeliharaan tubuh, metabolisme basal, pernafasan serta pencernaan dan ekskresi. Angka kebutuhan gizi dipengaruhi oleh variasi kebutuhan tinggi atau rendahnya aktivitas dan faktor yang lainnya. Kebutuhan gizi laki – laki dan perempuan berbeda, begitu pula dengan bayi, anak – anak dan orang dewasa juga mempunyai kebutuhan yang berbeda pula. Orang dengan aktivitas banyak akan mempunyai kebutuhan gizi yang lebih besar dibandingkan seseorang dengan aktivitas sedikit. Kebutuhan energi total pada

orang dewasa diperlukan untuk: 1) Angka Metabolisme Basal (AMB), 2) Aktivitas fisik, 3) Efek makanan atau pengaruh dinamik khusus (Specific Dynamic Action/SDA).

1. Metabolisme Basal

Metabolisme basal biasa disebut juga Angka Metabolisme Basal (AMB) atau *Basal Metabolic Rate* (BMR) yaitu energi yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dasar tubuh saat istirahat, seperti pernapasan dan sirkulasi darah. Kebutuhan energi terbesar pada umumnya diperlukan untuk metabolisme dasar. Kebutuhan energi basal atau AMB ditentukan oleh umur, ukuran dan komposisi tubuh. Perbedaan pada umur akan menyebabkan AMBnya juga akan berbeda, begitu pula dengan berat badan dan tinggi badan.

Nilai AMB setiap individu berbeda-beda dipengaruhi oleh:

- Ukuran tubuh
- Komposisi tubuh
- Umur
- Lama tidur
- Suhu tubuh
- Sekresi kelenjar endokrin
- Kehamilan
- Status Gizi
- Suhu lingkungan

2. Aktivitas fisik

Aktivitas fisik memerlukan energi di luar kebutuhan untuk metabolisme basal. Energi yang digunakan selama berbagai aktivitas fisik, mulai dari berjalan hingga berolahraga. Aktivitas fisik adalah gerakan yang dilakukan oleh otot tubuh dan sistem penunjangnya. Banyaknya energi yang dibutuhkan bergantung pada berapa banyaknya otot yang bergerak, berapa lama dan berapa berat pekerjaan yang dilakukan.

3. Specific Dynamic Action (SDA)

Pengaruh termis makanan atau kegiatan dinamik khusus adalah energi tambahan yang diperlukan tubuh untuk pencernaan makanan, absorpsi dan metabolisme zat – zat gizi yang menghasilkan energi. SDA bergantung pada jumlah energi yang dikonsumsi, yaitu kurang lebih 10% kebutuhan energi untuk metabolisme basal dan untuk aktivitas fisik. Namun, pengaruh SDA ini dapat diabaikan.

B. Beberapa Rumus Perhitungan Kebutuhan Energi

1. Rumus Brocca

Rumus Brocca adalah salah satu metode untuk menghitung kebutuhan energi harian individu. Rumus ini biasanya digunakan untuk memperkirakan total kebutuhan kalori berdasarkan berat badan dan aktivitas fisik. Berikut adalah langkah-langkah menggunakan rumus Brocca:

- Hitung berat badan ideal:
 - $BB \text{ ideal} = (TB \text{ dalam cm} - 100) \times 0.9$
- Hitung kebutuhan energi dasar (BMR):
 - Untuk pria: $BMR = BB \text{ ideal} \times 30 \text{ kkal}$
 - Untuk wanita: $BMR = BB \text{ ideal} \times 25 \text{ kkal}$
- Tentukan faktor aktivitas:
 - Sangat ringan = 10% x BMR
 - Ringan = 20% x BMR
 - Sedang = 30% x BMR
 - Berat = 40% x BMR
- Total kebutuhan energi:
 - Kebutuhan energi harian = BMR + faktor aktivitas

2. Rumus Harris Benedict

Rumus Harris-Benedict adalah metode yang umum digunakan untuk menghitung kebutuhan energi dasar (Basal Metabolic Rate, BMR) dan total kebutuhan kalori harian berdasarkan faktor aktivitas. Berikut adalah langkah-langkah untuk menghitungnya:

- Hitung kebutuhan energi dasar (BMR):
 - Untuk pria: $BMR = 66 + (13,7 \times BB) + (5 \times TB) - (6,8 \times U)$
 - Untuk wanita: $BMR = 655 + (9,6 \times BB) + (1,8 \times TB) - (4,7 \times U)$
- Tentukan faktor aktivitas:

Tabel 8.1 Tingkat Faktor Aktivitas

Aktivitas Fisik	Jenis Kelamin	
	Laki - laki	Perempuan
Sangat Ringan (tidur, tirah baring, duduk, menulis, mengetik)	1,3	1,3
Ringan (menyapu, menjahit, mencuci, pekerjaan rumah)	1,65	1,55
Sedang (sekolah, kuliah, kerja kantoran, berkebun)	1,76	1,7
Berat (tukang katu, bangunan)	2,1	2,0

- c. Total kebutuhan energi:
 - o Kebutuhan energi harian = BMR x faktor aktivitas

3. Rumus Mifflin-St. Jeor

Langkah-langkah menghitung kebutuhan energi menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Menghitung kebutuhan BMR:

Laki – laki, $BMR = (10 \times BB) + (6,25 \times TB) - (5 \times U) + 5$

Wanita, $BMR = (10 \times BB) + (6,25 \times TB) - (5 \times U) - 161$

Sumber: Nelms et al, 2011

- b. Tentukan kebutuhan aktivitas

Tabel 8.2 Tingkat Aktivitas Fisik

Tingkat Aktivitas Fisik (PAL)	Faktor PAL
Terbaring di tempat tidur	1,2
Dapat turun dari tempat tidur, aktivitas ringan	1,3
Kerja banyak duduk, sedikit atau tidak ada aktivitas olahraga berat	1,6-1,7
Kerja banyak berdiri atau melakukan olahraga atau kegiatan rekreasi berat (30-60 menit, 4-5 kali per minggu)	1,8-1,9
Pekerjaan berat atau olahraga yang sangat aktif	2,0-2,4

- c. Total kebutuhan energi:
 - o Kebutuhan energi harian = BMR x faktor aktivitas

C. Kebutuhan Zat Gizi Makro

Setelah mengetahui seberapa besar kebutuhan energi harian, maka Langkah selanjutnya adalah menghitung kebutuhan gizi makro dan mikro. Jenis zat gizi makro yang perlu dihitung kebutuhannya yaitu karbohidrat, protein, dan lemak. Setiap zat gizi makro mempunyai persentase tertentu dari total kebutuhan energi. Kebutuhan protein adalah sebesar 10 – 15% dari kebutuhan energi total. Setelah menemukan besarnya energi untuk protein, ubahlah ke dalam gram. Protein sebanyak 1 gram setara dengan 4 energi. Kebutuhan lemak adalah sebesar 10 – 25% dari kebutuhan energi total. Lemak sebanyak 1 gram setara dengan 9 energi. Kebutuhan karbohidrat adalah sebesar 60 – 75% dari kebutuhan energi total. Karbohidrat sebanyak 1 gram setara dengan 4 energi.

1. Kebutuhan Protein

Kebutuhan protein berhubungan dengan massa tubuh, untuk menghitung kebutuhan protein disarankan menggunakan berat badan aktual, jika data berat badan tidak diperoleh maka gunakan berat badan ideal.

Dewasa sehat: 0,8 – 1,0 g/kg BB

Usia lanjut direkomendasikan protein ditingkatkan menjadi 1,0 – 1,5 g/kg BB sehari atau 12% – 14% dari total kebutuhan energi

2. Kebutuhan Lemak

Seperti halnya kebutuhan energi dan protein, kecukupan lemak seseorang juga dipengaruhi oleh ukuran tubuh (terutama berat badan), usia atau tahap pertumbuhan, perkembangan, dan aktivitas. Jika kebutuhan energi meningkat, maka kebutuhan akan zat gizi makro juga meningkat, termasuk kebutuhan lemak. Pola konsumsi pangan harian yang dianjurkan sebaiknya memenuhi keseimbangan rasio energi dari protein, lemak, dan karbohidrat, atau disebut sebagai kisaran distribusi presentase energi dari zat gizi makro (*Average Macronutrients Energy Distribution Range*, AMDR). Secara umum pola konsumsi pangan remaja dan dewasa yang baik jika perbandingan konsumsi energi dari karbohidrat 50-60%, protein 10-20%, dan lemak 20-30% dari total kebutuhan energi.

3. Kebutuhan Karbohidrat

Ukuran tubuh dan massa otot seseorang yang semakin besar dan aktivitas fisik yang semakin tinggi berpengaruh pada kebutuhan karbohidrat yang semakin tinggi pula. Ada dua pendekatan untuk menghitung kebutuhan karbohidrat bagi setiap kelompok umur dan jenis kelamin.

Cara pertama dengan *by deference*. Cara ini dilakukan setelah kebutuhan energi, protein dan lemak diketahui. Kebutuhan karbohidrat adalah sisa dari perhitungan total kebutuhan energi dikurangi total energi dari kebutuhan protein dan kebutuhan lemak, dengan prinsip sebagai berikut:

$$Keb. Karbohidrat = \frac{Keb. E - (Keb. Protein (g) \times 4) - (Keb. Lemak (g) \times 9)}{4}$$

Cara kedua adalah dengan menggunakan hasil review yang dilakukan IOM (2005) bahwa kebutuhan karbohidrat bayi yang didasarkan karbohidrat ASI yang cukup yaitu 60 g/org/hari. Selanjutnya pada remaja dan dewasa 100 g/org/hari,

Tabel Anjuran proporsi energi dari lemak, karbohidrat, dan protein menurut kelompok umur

Zat gizi makro	Kecukupan terhadap Total Energi (%)			
	Bayi (0-11 bl)	Anak (1-3 th)	Anak (4-18 th)	Dewasa
Protein	5	15	15	15
Lemak	55	35	30	25
Karbohidrat	40	50	55	60

D. Kebutuhan Zat Gizi Mikro

Zat gizi mikro yaitu zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah yang sedikit. Kelompok ini terdiri dari berbagai macam vitamin dan mineral. Kebutuhan zat gizi mikro tidak bisa diperkirakan atau diperhitungkan dengan rumus kebutuhan gizi makro, namun cukup dilihat berdasarkan angka kecukupannya saja karena jumlah zat gizi mikro sangat kecil, jenisnya banyak, dan biasanya kebutuhannya relatif sama untuk setiap kelompok umur. Kecukupan zat gizi mikro dapat dilihat pada tabel Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang disarankan untuk masyarakat Indonesia menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tahun 2019.

E. Latihan

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk membantu mahasiswa dalam mengerjakan kasus latihan ini, silahkan pelajari kembali materi tentang:

1. Komponen perhitungan kebutuhan energi
2. Beberapa rumus perhitungan energi
3. Perhitungan kebutuhan zat gizi makro

Kasus

Seorang klien laki-laki berusia 40 tahun, memiliki tinggi badan 165 cm dan berat badan 63 kg ingin mempertahankan berat badan dan menjaga kesehatannya sehingga mendatangi ahli gizi untuk mengetahui asupan energi dan zat gizi yang harus dipenuhi setiap hari. Aktivitas harian sedang dan tidak ada olahraga berat.

Soal

Hitung kebutuhan energi dan zat gizi makro klien tersebut dengan rumus Mifflin-St.Jeor!

Kunci Jawaban

1. Perhitungan kebutuhan energi
 - a. BMR berdasarkan rumus Mifflin-St. Jeor untuk laki-laki

$$\begin{aligned}
 \text{BMR} &= (10 \times \text{BB}) + (6,25 \times \text{TB}) - (5 \times \text{U}) + 5 \\
 &= (10 \times 63) + (6,25 \times 165) - (5 \times 40) + 5 \\
 &= 630 + 1031,25 - 200 + 5 \\
 &= 1466,25 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

b. Faktor aktivitas (PAL)

Aktivitas harian sedang dan tidak ada olahraga berat = 1,6

c. Kebutuhan energi total

$$\begin{aligned}
 \text{TEE} &= \text{BMR} \times \text{PAL} \\
 &= 1.466,25 \times 1,6 \\
 &= 2.346 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan zat gizi makro

a. Kebutuhan protein

$$\text{Kebutuhan Protein} = 12\% \times \text{Total Energi} = 12\% \times 2.346 = 281,5 \text{ kkal}$$

$$\text{Kebutuhan Protein dalam gram (dibagi 4)} = 281,5 : 4 = 70,4 \text{ gram}$$

b. Kebutuhan lemak

$$\text{Kebutuhan Lemak} = 25\% \times \text{Total Energi} = 25\% \times 2.346 = 586,5 \text{ kkal}$$

$$\text{Kebutuhan Lemak dalam gram (dibagi 9)} = 586,5 : 9 = 65 \text{ gram}$$

c. Kebutuhan karbohidrat

$$\text{Kebutuhan Protein} = 63\% \times \text{Total Energi} = 63\% \times 2.346 = 1.478 \text{ kkal}$$

$$\text{Kebutuhan Protein dalam gram (dibagi 4)} = 1.478 : 4 = 369,5 \text{ gram}$$

F. Rangkuman Materi

Kebutuhan energi seseorang adalah jumlah energi yang diperlukan seseorang untuk menjalani aktivitas sehari-hari dan mempertahankan fungsi tubuh yang optimal. Kebutuhan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas, komposisi tubuh, status kesehatan, dan metabolisme. Kebutuhan energi total pada orang dewasa diperlukan untuk: 1) Angka Metabolisme Basal (AMB), 2) Aktivitas fisik, 3) Efek makanan atau pengaruh dinamik khusus (Specific Dynamic Action/ SDA).

Pola konsumsi pangan harian yang dianjurkan sebaiknya memenuhi keseimbangan rasio energi dari protein, lemak, dan karbohidrat, atau disebut sebagai kisaran distribusi presentase energi dari zat gizi makro. Secara umum pola konsumsi pangan remaja dan dewasa yang baik jika perbandingan konsumsi energi dari karbohidrat 50-60%, protein 10-20%, dan lemak 20-30% dari total kebutuhan energi. Kebutuhan zat gizi mikro yang mencakup vitamin dan mineral dapat dilihat pada tabel Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang disarankan untuk masyarakat Indonesia menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tahun 2019.

G. Glosarium

AMB	: Angka Metabolisme Basal
AKG	: Angka Kecukupan Gizi
BB	: Berat Badan
BBA	: Berat Badan Aktual
BBI	: Berat Badan Ideal
BMR	: <i>Basal Metabolic Rate</i>
PAL	: <i>Physical Activity Level</i>
RMR	: <i>Resting Metabolic Rate</i>
TEE	: <i>Total Energy Expenditure</i>
TB	: Tinggi Badan
U	: Umur

H. Daftar Pustaka

- Almatsier, S. (2009). *Penuntun Diet*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiansyah, & Supariasa, D. N. (2016). *Ilmu gizi teori dan aplikasi*. Jakarta: EGC.
- Hardinsyah dan B., Dodik. (1994). *Penilaian dan Perencanaan Konsumsi Pangan*. Jurusan Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga, IPB. Bogor.
- Hardinsyah, Hadi Riyadi, V. N. (2013) 'Kecukupan Energi, Protein, Lemak dan Karbohidrat', (May 2016).
- Hardinsyah, M. & Supariasa, I., (2016). *Ilmu gizi teori dan aplikasi*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Kemenkes, (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia*, Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- PERSAGI & AsDI. (2019). *Penuntun Diet dan Terapi Gizi Edisi 4*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Profil Penulis

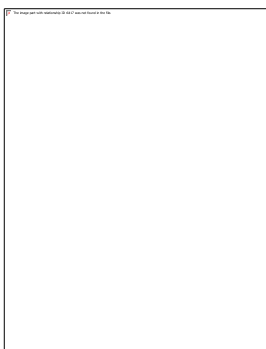


Lilia Faridatul Fauziah, S.Tr.Keb., M.Gz lahir di Pulau Bunyu, Bulungan, Kalimantan Utara tanggal 30 Maret 1988 dan menyelesaikan pendidikan D-III Kebidanan di STIKES NU Tuban pada tahun 2010. Sejak tahun 2010 ia mulai bekerja di IIK NU Tuban sebagai asisten dosen dan melanjutkan kuliah D-IV Bidan Pendidik di STIKES Mitra Husada Kediri dan menyelesaikan pendidikan tersebut pada tahun 2014. Pada tahun 2019 ia berhasil menyelesaikan pendidikan Magister Gizi di Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Institut Ilmu Kesehatan Nahdlatul Ulama (IIKNU) Tuban dan ditempatkan pada Fakultas Kesehatan, Program Studi Sarjana Gizi, dan juga aktif dalam berbagai kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi lainnya seperti melakukan penelitian, pengabdian masyarakat, menulis buku, dan publikasi.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: 3003lili@gmail.com

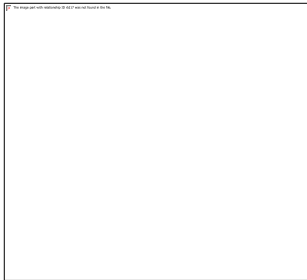


Dr Rahmawati SKM., M.Kes., Lahir di Ujung Pandang Tanggal 10 Februari 1979. Menyelesaikan Pendidikan Strata 1 Tahun 2002, Strata 2 Tahun 2013 dan Strata 3 Tahun 2022 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Gorontalo dengan mengambil peminatan gizi masyarakat. Saat ini tercatat sebagai dosen tetap di Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Gorontalo. Riwayat penelitian antara lain *Determination Of Vegetable And Fruit-Eating Patterns In Adolescents*. Diterbitkan pada Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation; 32(3) ISSN 2651-4451 | e-ISSN 2651-446X Tahun 2021, *The Effect Of Nutritional Education On Adolescent Fruit Vegetable Eating Patterns, Based On Planned Behavior Theory* diterbitkan pada Nat. Volatiles & Essent. Oils, 2021; 8(6): 1750-1759 dan sebuah buku berjudul Pengembangan Permainan interaktif pola makan remaja ISBN : 978-623-95888-7-8. Penulis bisa dihubungi melalui email: rahma.amma97@gmail.com.



Rizki Widyan Aisya, S.Gz., M.Gz. Lahir di Kudus, 19 Mei 1993. Pendidikan tinggi yang telah ditempuh oleh penulis yaitu jenjang S1 pada Program Studi Ilmu Gizi, Universitas Muhammadiyah Surakarta lulus pada tahun 2015. Kemudian melanjutkan pendidikan S2 pada Universitas Diponegoro dan lulus tahun pada tahun 2018. Penulis mengawali karir sebagai dosen di Universitas Muhammadiyah Kudus pada tahun 2020 sampai sekarang. Saat ini penulis sebagai dosen di Program Studi Gizi Universitas Muhammadiyah Kudus mengampu mata kuliah Ilmu Gizi Dasar, Penilaian Status Gizi, Pendidikan Gizi, Sosiologi Antropologi, Konseling Gizi, dan Manajemen Program Gizi. Selain mengajar, penulis juga aktif melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi lainnya yaitu penelitian dan pengabdian masyarakat dengan berbagai luaran seperti hak cipta dan publikasi baik nasional maupun internasional. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: rizkiwidyanaisya@gmail.com
Motto: "Sesulit apapun permasalahan yang dihadapi pasti ada jalan keluar"

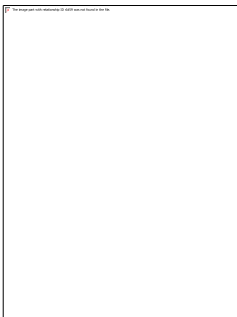
Profil Penulis



Siti Chodijah, S.Gz. Lahir di Jakarta, 5 Maret 1984. Pendidikan tinggi yang telah ditempuh oleh penulis yaitu jenjang D3 Jurusan Gizi Di Poltekkes Kemenkes Jakarta II tahun 2006, S1 pada Program Studi Gizi, Universitas Esa Unggul tahun 2011. Saat ini penulis sedang melanjutkan pendidikan S2 Gizi Kemas pada Universitas Indonesia. Riwayat pekerjaan diawali pada tahun 2008 penulis bekerja sebagai ahli gizi di RSUD Kab. Natuna, Lalu 2009-2014 penulis bekerja sebagai Nutrisi Di Puskesmas Kecamatan Di Kab Natuna. Pada

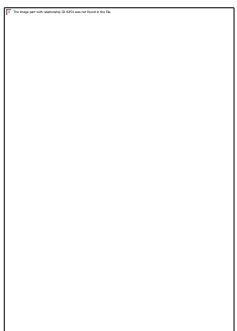
tahun 2015-sekarang penulis bekerja di Jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Jakarta II sebagai Asisten Dosen mengampu mata kuliah Gizi Kuliner, Pengembangan Kuliner, Penyuluhan dan Konseling Gizi, dan Pendidikan dan Pelatihan Gizi dan masih banyak lagi. Penulis aktif dalam berbagai kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu sebagai Peneliti dan melakukan Pengabdian Masyarakat, membuat publikasi, Narasumber Seminar, penulis juga sebagai owner salah satu media social Instagram tentang edukasi gizi dan kesehatan @temangiziid2024. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: siti.chodijah@poltekkesjkt2.ac.id

Motto: " Tidak Ada Usaha Yang Tidak Membuahkan Hasil, Iringilah Usaha Dengan Doa"



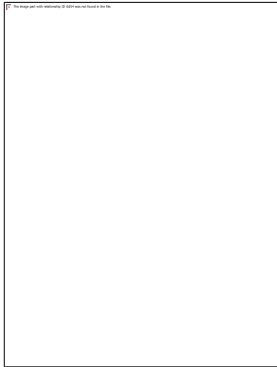
Arlen Defitri Nazar, S.ST, M.Biomed. Lahir di Batusangkar, 10 November 1972. Pendidikan tinggi yang telah ditempuh oleh penulis yaitu jenjang D3 Gizi pada Akademi Gizi Padang tahun 1994, jenjang D4 Gizi pada Program Studi Gizi, Universitas Brawijaya Malang tahun 1999. Kemudian melanjutkan pendidikan S2 di Prodi Ilmu Biomedik pada Universitas Andalas Padang dan lulus pada tahun 2007. Penulis bekerja sebagai Dosen tetap di Jurusan Gizi Poltekkes Padang sejak tahun 1995. Saat ini penulis bekerja di Poltekkes Padang mengampu mata kuliah Ilmu Gizi, Anatomi

Fisiologi, Biokimia Gizi dan Dietetika. Penulis aktif dalam berbagai kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu sebagai Fasilitator Sumatera Barat dalam Tatalaksana Anak Gizi Buruk, serta narasumber di beberapa Seminar. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: arlendefitri1972@gmail.com



Chaerunnimah, SKM, M.Kes, Lahir di Ujungpandang, 3 Mei 1975. Pendidikan tinggi yang telah ditempuh oleh penulis yaitu jenjang S1 pada Program Studi Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin tahun 1999. Kemudian melanjutkan pendidikan S2 bidang Gizi Kesehatan Masyarakat pada Universitas Airlangga dan lulus tahun 2009 pada tahun 2011. Riwayat pekerjaan diawali sebagai dosen pada tahun 2003 sampai sekarang (2024) di Poltekkes Kemenkes Makassar Jurusan Gizi. Saat ini penulis mengampu mata kuliah Gizi Dasar, Gizi dalam Daur Kehidupan, Pertumbuhan dan Perkembangan, Konseling Gizi, Pendidikan dan Penyuluhan Gizi, Epidemiologi dan Kesehatan Masyarakat. Penulis aktif dalam berbagai kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu sebagai penulis buku, publikasi, seminar. Penulis juga melakukan pengabdian pada masyarakat di bidang gizi yang berfokus pada kesehatan ibu dan anak. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: chaerunnimah@poltekkes-mks.ac.id

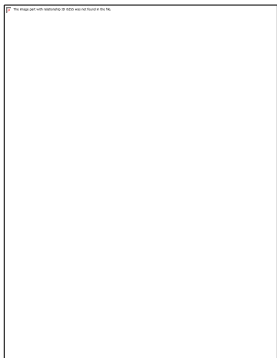
Profil Penulis



Nunung Sri Mulyani, S.Gz, M. Biomed, Dietisien Lahir di Banda Aceh, 14 Oktober 1976. Pendidikan tinggi yang telah ditempuh oleh penulis yaitu jenjang S1 pada Program Studi Gizi dan Kesehatan, Universitas Gajah Mada tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan S2 pada Universitas Sumatera Utara dan lulus tahun pada tahun 2014. Riwayat pekerjaan diawali pada tahun 2001 lulus menjadi staf di Akademi Gizi Banda Aceh dan tahun 2018 lulus menjadi dosen tersertifikasi. Saat ini penulis bekerja di Poltekkes Kemenkes Aceh mengampu mata kuliah Ilmu Gizi, Gizi Dalam Daur Kehidupan, Kimia Pangan, Biokimia Gizi, Imunologi Gizi, Diagnosa Gizi dan *Nutrition Care Process*. Penulis aktif

dalam berbagai kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu sebagai penulis buku, publikasi, seminar, penelitian dan pengabdian masyarakat. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: nunungsri.mulyani@poltekkesaceh.ac.id

Motto: "Living your life well"



Purbowati, S.Gz., M.Gizi Lahir di Tulungagung, 14 Mei 1987. Pendidikan tinggi yang ditempuh penulis yaitu Sarjana Gizi pada STIKes Ngudi Waluyo lulus tahun 2010, kemudian melanjutkan studi Magister Gizi di Universitas Diponegoro lulus tahun 2014. Penulis mengawali karir sebagai dosen di Universitas Ngudi Waluyo pada tahun 2013 sampai 2021. Saat ini penulis sebagai dosen di Program Studi Gizi Universitas Muhammadiyah Kudus dan mengampu mata kuliah Ilmu Gizi Dasar, Penilaian Status Gizi, Dietetika Penyakit Infeksi, Dietetika Penyakit Tidak Menular, Konseling Gizi. Selain mengajar, penulis juga aktif melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi lainnya yaitu

penelitian dan pengabdian masyarakat dengan berbagai luaran seperti hak cipta dan publikasi baik nasional maupun internasional.

Penulis dapat dihubungi melalui email: purbowati@umkudus.ac.id

Motto: "Lebih baik gagal daripada melewatkan kesempatan "

SINOPSIS

Buku ajar **“Ilmu Gizi”** disusun sebagai sumber utama bagi mahasiswa, tenaga kesehatan, dan masyarakat umum yang ingin memahami dasar-dasar ilmu gizi secara komprehensif. Buku ini mengupas berbagai konsep penting terkait nutrisi, kebutuhan gizi, dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Materi dalam buku ini meliputi:

1. **Angka Kecukupan Gizi (AKG):** Penjelasan tentang pengertian, fungsi, karakteristik, serta cara penggunaan AKG. Penjelasan mulai dari komponen Dietary Reference Intakes (DRI), termasuk Recommended Dietary Allowance (RDA), Adequate Intake (AI), Tolerable Upper Intake Level (UL), dan Estimated Average Requirement (EAR).
2. **Golongan Pangan:** Klasifikasi makanan berdasarkan kandungan nutrisinya, serta perannya dalam memenuhi kebutuhan tubuh.
3. **Serat Pangan:** Pembahasan mengenai jenis-jenis serat, fungsinya dalam kesehatan, dan sumber pangan yang kaya serat.
4. **Lemak dan Protein:** Analisis mendalam tentang peran lemak dan protein sebagai makronutrien, sumbernya, serta efeknya terhadap kesehatan.
5. **Vitamin Larut Air dan Vitamin Larut Lemak:** Ulasan tentang fungsi, sumber pangan, serta kebutuhan harian untuk masing-masing jenis vitamin.
6. **Perhitungan Kebutuhan Energi dan Zat Gizi:** Panduan praktis dalam menghitung kebutuhan energi dan zat gizi berdasarkan usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan.

Buku ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang aplikatif dan relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan terkini. Setiap bab dilengkapi dengan contoh kasus, ilustrasi, dan panduan praktis yang memudahkan pembaca untuk mengaplikasikan konsep-konsep gizi dalam kehidupan sehari-hari.

Dengan pendekatan yang sistematis dan bahasa yang mudah dipahami, buku ini diharapkan dapat menjadi sumber inspirasi dan panduan dalam mendukung pola hidup sehat dan seimbang.

Buku Ajar “Ilmu Gizi” adalah pilihan tepat bagi siapa saja yang ingin memahami pentingnya gizi dalam menjaga kesehatan dan kualitas hidup.

Buku ajar “Ilmu Gizi” disusun sebagai sumber utama bagi mahasiswa, tenaga kesehatan, dan masyarakat umum yang ingin memahami dasar-dasar ilmu gizi secara komprehensif. Buku ini mengupas berbagai konsep penting terkait nutrisi, kebutuhan gizi, dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Materi dalam buku ini meliputi:

1. Angka Kecukupan Gizi (AKG): Penjelasan tentang pengertian, fungsi, karakteristik, serta cara penggunaan AKG. Penjelasan mulai dari komponen Dietary Reference Intakes (DRI), termasuk Recommended Dietary Allowance (RDA), Adequate Intake (AI), Tolerable Upper Intake Level (UL), dan Estimated Average Requirement (EAR).
2. Golongan Pangan: Klasifikasi makanan berdasarkan kandungan nutrisinya, serta perannya dalam memenuhi kebutuhan tubuh.
3. Serat Pangan: Pembahasan mengenai jenis-jenis serat, fungsinya dalam kesehatan, dan sumber pangan yang kaya serat.
4. Lemak dan Protein: Analisis mendalam tentang peran lemak dan protein sebagai makronutrien, sumbernya, serta efeknya terhadap kesehatan.
5. Vitamin Larut Air dan Vitamin Larut Lemak: Ulasan tentang fungsi, sumber pangan, serta kebutuhan harian untuk masing-masing jenis vitamin.
6. Perhitungan Kebutuhan Energi dan Zat Gizi: Panduan praktis dalam menghitung kebutuhan energi dan zat gizi berdasarkan usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan.

Buku ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang aplikatif dan relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan terkini. Setiap bab dilengkapi dengan contoh kasus, ilustrasi, dan panduan praktis yang memudahkan pembaca untuk mengaplikasikan konsep-konsep gizi dalam kehidupan sehari-hari.

Dengan pendekatan yang sistematis dan bahasa yang mudah dipahami, buku ini diharapkan dapat menjadi sumber inspirasi dan panduan dalam mendukung pola hidup sehat dan seimbang.

Buku Ajar “Ilmu Gizi” adalah pilihan tepat bagi siapa saja yang ingin memahami pentingnya gizi dalam menjaga kesehatan dan kualitas hidup.

Penerbit :

PT Nuansa Fajar Cemerlang (Kanit)

Grand Slipi Tower Lt. 5 Unit F

Jalan S. Parman Kav. 22-24

Kel. Palmerah, Kec. Palmerah

Jakarta Barat, DKI Jakarta, Indonesia, 11480

Telp: (021) 29866919

ISBN 978-634-7097-33-0

