



Ilmu Gizi Terapan:

Konsep, Kesehatan, dan Inovasi
untuk Masyarakat Sehat di Era Modern

Bdn. Maulina Mawaddah, S.ST., M.Kes., Endah Tri Wahyuni, S.ST., M.Kes.,
Fadila, S.K.M., M.Gz., Dr. apt. Mellova Amir, M.Sc., Puji Analia, S.Gz., M.Gz.,
Luthfiana Nurkusuma Ningtyas, S.Gz., M.Gizi., Baroroh Barir, S.K.M.,
M.Gz., Muhammad Rafki Pratama, S.Gz., M.Gz., Dr. Trees, S.T.P., M.Kes.,
dan Dian Widya Putri, S.Gz., M.Sc.

Ilmu Gizi Terapan: Konsep, Kesehatan, dan Inovasi untuk Masyarakat Sehat di Era Modern

Bdn. Maulina Mawaddah, S.ST., M.Kes.

Endah Tri Wahyuni, S.ST., M.Kes.

Fadila, S.K.M., M.Gz.

Dr. apt. Mellova Amir, M.Sc.

Puji Analia, S.Gz., M.Gz.

Luthfiana Nurkusuma Ningtyas, S.Gz., M.Gizi.

Baroroh Barir, S.K.M., M.Gz.

Muhammad Rafki Pratama, S.Gz., M.Gz.

Dr. Trees, S.T.P., M.Kes.

Dian Widya Putri, S.Gz., M.Sc.

PT BUKULOKA LITERASI BANGSA

Anggota IKAPI: No. 645/DKI/2024



Ilmu Gizi Terapan: Konsep, Kesehatan, dan Inovasi untuk Masyarakat Sehat di Era Modern

Penulis : Bdn. Maulina Mawaddah, S.ST., M.Kes., Endah Tri Wahyuni, S.ST., M.Kes., Fadila, S.K.M., M.Gz., Dr. apt. Mellova Amir, M.Sc., Puji Analia, S.Gz., M.Gz., Luthfiana Nurkusuma Ningtyas, S.Gz., M.Gizi., Baroroh Barir, S.K.M., M.Gz., Muhammad Rafki Pratama, S.Gz., M.Gz., Dr. Trees, S.T.P., M.Kes., dan Dian Widya Putri, S.Gz., M.Sc.

ISBN : 978-634-250-970-8 (PDF)

Penyunting Naskah : Rikhanatus Saliha, S.Sos

Tata Letak : Rikhanatus Saliha, S.Sos

Desain Sampul : Novikean Keysah Sanisri

Penerbit

Penerbit PT Bukuloka Literasi Bangsa

Distributor: PT Yapindo

Kompleks Business Park Kebon Jeruk Blok I No. 21, Jl. Meruya Ilir Raya No. 88, Kelurahan Meruya Utara, Kecamatan Kembangan, Kota Adm. Jakarta Barat, Provinsi DKI Jakarta, Kode Pos: 11620

Email : penerbit.blb@gmail.com

Whatsapp : 0878-3483-2315

Website : bukuloka.com

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak ciptaan tersebut pertama kali dilakukan pengumuman.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit. Ketentuan Pidana Sanksi Pelanggaran Pasal 2 UU Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta.

Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas tersusunnya buku ajar yang berjudul *Ilmu Gizi Terapan: Konsep, Kesehatan, dan Inovasi untuk Masyarakat Sehat di Era Modern*. Buku ini hadir untuk memberikan pemahaman sederhana mengenai konsep gizi terapan, hubungannya dengan kesehatan, serta inovasi yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendukung pola hidup sehat.

Buku ini ditujukan untuk masyarakat umum agar dapat menjadi bacaan yang mudah dipahami dan bermanfaat bagi siapa saja yang ingin mengenal prinsip gizi seimbang, pemilihan makanan sehat, dan inovasi praktis dalam pengelolaan nutrisi keluarga maupun individu. Dengan bahasa yang ringan dan penjelasan yang jelas, pembaca diajak memahami cara menjaga kesehatan melalui gizi yang tepat dan inovasi yang relevan di era modern.

Jakarta, Desember 2025

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
Bab 1: Ilmu Gizi: Konsep, Fungsi, dan Relevansinya dalam Kesehatan Masyarakat.....	1
1.1 Konsep Dasar Ilmu Gizi	1
1.2 Fungsi dan Peran Zat Gizi	4
1.3 Hubungan Gizi dan Kesehatan Masyarakat.....	7
1.4 Isu dan Tantangan Gizi di Era Modern	10
1.5 Latihan Soal.....	14
Bab 2: Zat Gizi Makro: Fungsi, Kebutuhan, dan Sumber Pangan.....	15
2.1 Mengenal Zat Gizi Makro	15
2.2 Karbohidrat: Sumber Energi Utama	18
2.3 Protein: Penyusun Utama Sel dan Jaringan.....	21
2.4 Lemak: Sumber Energi Cadangan dan Pembawa Vitamin.....	24
2.5 Pengaruh Asupan Zat Gizi Makro terhadap Kesehatan.....	27
2.6 Keseimbangan Asupan Zat Gizi Makro dalam Pola Makan Sehat	30
Bab 3: Zat Gizi Mikro: Vitamin, Mineral, dan Antioksidan... 	34
3.1 Mengenal Zat Gizi Mikro	34
3.2 Jenis dan Fungsi Vitamin	37
3.3 Mineral Esensial dan Perannya.....	47
3.4 Peran Antioksidan dalam Kesehatan	52
3.5 Latihan Soal.....	57
Bab 4: Pencernaan, Absorpsi, dan Metabolisme Zat Gizi: Mekanisme Fisiologis dan Faktor Pengaruh Modern	58
4.1 Sistem Pencernaan dan Proses Enzimatik	58
4.2 Mekanisme Absorpsi Zat Gizi Makro dan Mikro.....	63

4.3 Metabolisme Energi dan Regulasi Hormon.....	68
4.4 Faktor Modern yang Mempengaruhi Pencernaan dan Metabolisme	73
4.5 Latihan Soal.....	77
Bab 5: Penilaian Status Gizi: Metode Antropometri, Biokimia, Klinis, dan Implikasinya pada Kesehatan Holistik	78
5.1 Pengertian Penilaian Status Gizi.....	78
5.2 Metode Antropometri.....	80
5.3 Metode Biokimia dan Klinis.....	81
5.4 Implikasi Penilaian Gizi terhadap Kesehatan Holistik	83
5.5 Latihan Soal.....	84
Bab 6: Gizi dalam Siklus Kehidupan: Dari Janin hingga Lansia	86
6.1 Mengenal Gizi dalam Siklus Kehidupan.....	86
6.2 Tahapan Siklus Kehidupan.....	89
6.3 Permasalahan Gizi Spesifik.....	99
6.4 Strategi Intervensi Gizi.....	102
6.5 Latihan Soal.....	105
Bab 7: Gizi dan Penyakit Tidak Menular: Pencegahan dan Manajemen melalui Nutrisi.....	106
7.1 Hubungan Antara Pola Makan dan Penyakit Tidak Menular	106
7.2 Prinsip Nutrisi dalam Pencegahan Penyakit Tidak Menular	108
7.3 Peran Nutrisi dalam Manajemen Penyakit Tidak Menular.....	110
7.4 Inovasi Teknologi dalam Pemantauan Gizi dan Penyakit Tidak Menular	111
7.5 Latihan Soal.....	113
Bab 8: Gizi, Lingkungan, dan Ketahanan Pangan: Tantangan dan Tren Pola Makan Modern	114
8.1 Gizi dan Perubahan Lingkungan Global	114
8.2 Pola Makan Berkelanjutan dan Planetary Health Diet	118

8.3 Ketahanan Pangan dan Perubahan Sosial Ekonomi	121
8.4 Tren Pola Makan Masyarakat Modern	124
8.5 Latihan Soal.....	129
Bab 9: Inovasi Pangan dan Teknologi Gizi	130
9.1 Definisi Inovasi Pangan.....	130
9.2 Teknologi Baru dalam Pengolahan Pangan.....	132
9.3 Fortifikasi dan Biofortifikasi	135
9.4 Dampak Inovasi terhadap Gizi Masyarakat.....	138
9.5 Latihan Soal.....	140
Bab 10: Kebijakan dan Program Gizi: Pendekatan Nasional dan Internasional.....	141
10.1 Kebijakan Nasional dalam Penanggulangan Masalah Gizi	141
10.2 Program Nasional untuk Peningkatan Status Gizi.....	143
10.3 Pendekatan Internasional dalam Peningkatan Gizi Global.....	145
10.4 Integrasi Kebijakan Nasional dan Internasional dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan	146
10.5 Latihan Soal.....	148
Profil Penulis	149
Daftar Pustaka.....	160

Bab 1: Ilmu Gizi: Konsep, Fungsi, dan Relevansinya dalam Kesehatan Masyarakat

1.1 Konsep Dasar Ilmu Gizi

Ilmu gizi merupakan cabang dari ilmu kesehatan yang memiliki peran sentral dalam memahami bagaimana makanan dan zat gizi memengaruhi fungsi tubuh manusia. Secara konseptual, ilmu ini berfokus pada proses biologis dan kimiawi yang terjadi sejak zat gizi dikonsumsi, dicerna, diserap, hingga dimanfaatkan oleh tubuh untuk mendukung pertumbuhan, perkembangan, serta pemeliharaan kesehatan. Keseimbangan antara asupan dan kebutuhan gizi menjadi kunci utama dalam menjaga homeostasis tubuh, di mana kekurangan atau kelebihan zat gizi dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan. Dalam konteks yang lebih luas, ilmu gizi juga mencakup pemahaman mengenai perilaku makan, budaya konsumsi, serta pengaruh lingkungan terhadap pola makan masyarakat. Oleh karena itu, gizi tidak hanya dipandang sebagai aspek biologis semata, melainkan juga fenomena sosial yang kompleks dan multidimensional.

Dalam kehidupan modern, peran ilmu gizi semakin menonjol seiring dengan meningkatnya prevalensi penyakit tidak menular, seperti diabetes melitus, hipertensi, dan penyakit jantung koroner. Kondisi ini banyak dikaitkan dengan perubahan gaya hidup dan pola makan yang tidak seimbang, seperti konsumsi tinggi lemak jenuh, gula, dan garam, serta rendahnya asupan serat dan mikronutrien. Ilmu gizi berperan dalam merumuskan strategi pencegahan dan pengendalian penyakit tersebut melalui pendekatan berbasis bukti terhadap diet seimbang. Prinsip *balanced diet* atau gizi seimbang menekankan pentingnya proporsi yang tepat antara karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral, dan air untuk memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh. Selain itu, ilmu gizi juga berperan dalam menentukan kebutuhan energi individu berdasarkan faktor usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, dan kondisi fisiologis seperti kehamilan atau penyakit kronis.

Penerapan ilmu gizi tidak hanya terbatas pada tataran individu, tetapi juga berimplikasi besar dalam pembangunan kesehatan masyarakat. Intervensi gizi di tingkat populasi, seperti fortifikasi pangan, program suplementasi, dan promosi gizi seimbang, merupakan bagian integral dari kebijakan kesehatan nasional. Pemerintah dan lembaga kesehatan dunia seperti *World Health Organization (WHO)* menekankan pentingnya penerapan intervensi gizi berbasis masyarakat untuk mengatasi masalah malnutrisi ganda yang masih menjadi tantangan di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia. Fenomena malnutrisi ganda ini mencakup dua ekstrem, yaitu kekurangan gizi pada anak-anak dan

kelebihan gizi pada orang dewasa, yang keduanya memiliki dampak jangka panjang terhadap produktivitas dan kualitas hidup.

Selain itu, ilmu gizi terus berkembang seiring kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang *nutrigenomics*, yaitu studi tentang interaksi antara gen dan zat gizi. Pendekatan ini membuka peluang untuk memahami bagaimana perbedaan genetik individu dapat memengaruhi respons tubuh terhadap makanan tertentu. Dengan demikian, muncul konsep personalisasi diet yang disesuaikan dengan profil genetik, gaya hidup, serta risiko penyakit seseorang. Pendekatan ini diyakini dapat meningkatkan efektivitas intervensi gizi dan menjadi dasar bagi praktik kesehatan preventif di masa depan (Ordovas & Ferguson, 2017). Dalam dunia klinis, penerapan ilmu gizi juga semakin terintegrasi dengan disiplin lain seperti farmakologi, fisiologi, dan psikologi, sehingga menghasilkan pendekatan interdisipliner yang lebih komprehensif dalam menangani masalah kesehatan yang berakar dari pola makan.

Tidak hanya berfokus pada dimensi medis, ilmu gizi juga memegang peranan penting dalam pengembangan ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat. Akses terhadap pangan bergizi yang aman, cukup, dan beragam merupakan hak fundamental setiap individu. Oleh karena itu, kajian ilmu gizi turut berkontribusi dalam perumusan kebijakan pangan nasional yang berorientasi pada kemandirian pangan dan keberlanjutan ekosistem. Dalam era globalisasi, tantangan baru seperti perubahan iklim, urbanisasi, dan globalisasi industri makanan menuntut adaptasi ilmu gizi untuk

menjawab persoalan kompleks terkait keberlanjutan dan keamanan pangan (Fanzo et al., 2020). Dengan demikian, ilmu gizi tidak hanya berperan dalam menjaga kesehatan individu, tetapi juga menjadi bagian integral dalam menjaga keseimbangan sosial, ekonomi, dan lingkungan yang menopang kehidupan manusia secara berkelanjutan.

1.2 Fungsi dan Peran Zat Gizi

1.2.1 Klasifikasi Zat Gizi: Makronutrien dan Mikronutrien

Zat gizi merupakan komponen penting yang dibutuhkan tubuh untuk mempertahankan kehidupan, mendukung pertumbuhan, serta memperbaiki jaringan yang rusak. Berdasarkan jumlah kebutuhan dan fungsinya, zat gizi terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu **makronutrien** dan **mikronutrien**. Makronutrien meliputi karbohidrat, protein, dan lemak, yang berfungsi utama sebagai sumber energi dan bahan pembangun jaringan tubuh. Sedangkan mikronutrien terdiri atas vitamin dan mineral, yang berperan dalam berbagai reaksi biokimia tubuh serta menjaga fungsi fisiologis agar tetap optimal.

Makronutrien diperlukan dalam jumlah besar dan menjadi fondasi utama metabolisme. Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama, di mana setiap gram menghasilkan empat kilokalori energi yang digunakan untuk aktivitas fisik dan fungsi organ. Protein berperan dalam pembentukan enzim, hormon, dan jaringan struktural seperti otot, sementara lemak menjadi cadangan energi

yang efisien serta membantu penyerapan vitamin yang larut dalam lemak (A, D, E, dan K).

Sebaliknya, mikronutrien dibutuhkan dalam jumlah kecil, namun memiliki fungsi yang tidak kalah penting. Vitamin berperan dalam mengatur proses metabolisme dan menjaga sistem kekebalan tubuh, sedangkan mineral seperti zat besi, kalsium, dan zinc berperan dalam pembentukan tulang, transportasi oksigen, serta keseimbangan cairan tubuh (Whitney & Rolfes, 2019).

1.2.2 Fungsi Fisiologis Zat Gizi dalam Tubuh

Setiap zat gizi memiliki fungsi fisiologis yang saling berkaitan dalam menjaga homeostasis tubuh. Karbohidrat berfungsi menyediakan energi cepat melalui proses glikolisis dan oksidasi glukosa, terutama untuk otak dan sel darah merah yang sangat bergantung pada glukosa sebagai sumber energi utama. Protein berperan dalam sintesis enzim dan hormon yang mengatur fungsi tubuh, serta membantu perbaikan jaringan yang rusak akibat aktivitas metabolik atau cedera.

Lemak, selain sebagai sumber energi jangka panjang, juga memiliki fungsi protektif terhadap organ vital, menjaga suhu tubuh, dan menjadi komponen struktural membran sel. Asam lemak esensial seperti *omega-3* dan *omega-6* berperan dalam fungsi kardiovaskular dan sistem saraf. Kekurangan lemak dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan pada penyerapan vitamin lipofilik dan penurunan daya tahan tubuh.

Mikronutrien memiliki peran katalitik dan protektif dalam metabolisme. Vitamin C dan E, misalnya, berfungsi sebagai

antioksidan yang melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas, sementara vitamin B kompleks membantu proses pembentukan energi dari karbohidrat, lemak, dan protein. Mineral seperti zat besi penting dalam pembentukan hemoglobin, sedangkan kalsium dan fosfor diperlukan untuk pembentukan tulang yang kuat. Kekurangan mikronutrien dapat menyebabkan berbagai gangguan seperti anemia, osteoporosis, dan penurunan fungsi imun (Gropper & Smith, 2021).

1.2.3 Keseimbangan Asupan dan Dampaknya terhadap Kesehatan

Keseimbangan asupan zat gizi merupakan faktor utama dalam menjaga kesehatan jangka panjang. Ketidakseimbangan, baik kelebihan maupun kekurangan, dapat menyebabkan gangguan metabolik. Konsumsi karbohidrat dan lemak berlebih, misalnya, dapat memicu obesitas dan resistensi insulin, yang menjadi faktor risiko utama diabetes melitus tipe 2. Sebaliknya, kekurangan energi kronis dapat menyebabkan malnutrisi, kelelahan, serta gangguan pertumbuhan pada anak.

Defisiensi mikronutrien juga memberikan dampak serius terhadap kesehatan masyarakat, terutama di negara berkembang. Kekurangan zat besi dapat menyebabkan anemia yang menurunkan produktivitas kerja dan konsentrasi belajar. Kekurangan vitamin D dan kalsium meningkatkan risiko osteoporosis, sedangkan defisiensi yodium dapat mengakibatkan gangguan tiroid. Oleh karena itu, pola makan seimbang yang mencakup variasi sumber gizi—seperti biji-

bijian, sayur, buah, protein hewani dan nabati—menjadi kunci dalam menjaga status gizi optimal.

Perawat, ahli gizi, dan tenaga kesehatan memiliki tanggung jawab dalam memberikan edukasi mengenai pentingnya gizi seimbang. Upaya pencegahan penyakit tidak menular seperti obesitas, diabetes, dan hipertensi harus dimulai dari pemahaman masyarakat tentang fungsi zat gizi dan pengaturan pola makan yang tepat. Dengan demikian, keseimbangan gizi bukan hanya persoalan nutrisi, tetapi juga investasi jangka panjang bagi kesehatan nasional dan kualitas hidup masyarakat.

1.3 Hubungan Gizi dan Kesehatan Masyarakat

Hubungan antara gizi dan kesehatan masyarakat merupakan aspek fundamental dalam pembangunan manusia yang berkelanjutan. Status gizi mencerminkan keseimbangan antara asupan zat gizi dan kebutuhan tubuh. Ketidakseimbangan gizi, baik kekurangan maupun kelebihan, memiliki implikasi besar terhadap tingkat kesehatan populasi, produktivitas, dan kualitas hidup. Dalam konteks kesehatan masyarakat, gizi bukan hanya persoalan individu, melainkan juga cerminan dari kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan suatu komunitas.

1.3.1 Pengaruh Status Gizi terhadap Kesehatan Populasi

Status gizi yang baik mendukung tumbuh kembang optimal, produktivitas kerja, serta daya tahan tubuh terhadap penyakit. Anak-anak dengan asupan gizi yang cukup akan memiliki kemampuan

kognitif lebih baik, tingkat kehadiran sekolah lebih tinggi, dan potensi produktivitas ekonomi yang lebih besar di masa depan. Sebaliknya, kekurangan gizi menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perkembangan otak yang berdampak jangka panjang terhadap kualitas sumber daya manusia (Black et al., 2017).

Di sisi lain, kelebihan gizi juga menjadi permasalahan serius, terutama di negara berkembang yang mengalami transisi epidemiologi. Pola konsumsi tinggi kalori, lemak jenuh, dan gula sederhana tanpa diimbangi aktivitas fisik menyebabkan meningkatnya prevalensi obesitas dan penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, hipertensi, dan penyakit jantung. Kedua kondisi ekstrem—malnutrisi dan obesitas—sering kali hidup berdampingan dalam satu populasi, dikenal sebagai *double burden of malnutrition*. Fenomena ini menjadi tantangan besar bagi sistem kesehatan masyarakat di Indonesia.

1.3.2 Permasalahan Gizi di Tingkat Masyarakat

Masalah gizi di masyarakat mencerminkan kompleksitas faktor yang saling berinteraksi, meliputi sosial ekonomi, budaya, pendidikan, dan lingkungan. Pada kelompok usia anak, salah satu masalah utama adalah *stunting*, yaitu kondisi gagal tumbuh akibat kekurangan gizi kronis dalam 1.000 hari pertama kehidupan. *Stunting* berdampak pada rendahnya kemampuan belajar, gangguan metabolisme, dan penurunan produktivitas di usia dewasa (Kementerian Kesehatan RI, 2022).

Selain *stunting*, masalah lain seperti *wasting* (gizi kurang akut), anemia defisiensi zat besi, dan kekurangan mikronutrien juga

masih tinggi di beberapa daerah. Pada sisi lain, gaya hidup modern dengan pola makan instan dan minim serat telah memicu peningkatan obesitas pada anak dan dewasa. Ketimpangan akses terhadap pangan bergizi, informasi kesehatan, serta layanan gizi menyebabkan masalah ini terus berulang antar generasi. Oleh karena itu, intervensi gizi harus dilakukan secara lintas sektor dengan pendekatan promotif, preventif, dan edukatif.

1.3.3 Upaya Promosi Gizi Seimbang dalam Program Kesehatan Nasional

Pemerintah Indonesia telah mengadopsi konsep *Gizi Seimbang* sebagai strategi utama dalam upaya meningkatkan kesehatan masyarakat. Konsep ini menekankan empat pilar penting, yaitu konsumsi makanan beragam, perilaku hidup bersih, aktivitas fisik yang cukup, serta pemantauan berat badan secara teratur. Prinsip ini menggantikan konsep lama “empat sehat lima sempurna” agar lebih relevan dengan kondisi masyarakat saat ini.

Program intervensi seperti *Gerakan Masyarakat Hidup Sehat* (GERMAS), *Program Gizi 1000 HPK*, dan *Isi Piringku* merupakan contoh nyata penerapan strategi nasional yang berfokus pada gizi seimbang. Melalui edukasi di sekolah, puskesmas, dan media massa, masyarakat diharapkan mampu memahami pentingnya pemilihan pangan bergizi, pembatasan konsumsi gula, garam, dan lemak, serta pentingnya aktivitas fisik.

Selain pendekatan edukatif, integrasi kebijakan lintas sektor—antara kesehatan, pertanian, dan pendidikan—diperlukan untuk menciptakan ekosistem yang mendukung konsumsi pangan

sehat dan berkelanjutan. Pendekatan berbasis komunitas, seperti pembentukan pos gizi dan dapur sehat di tingkat desa, terbukti efektif dalam meningkatkan status gizi ibu dan anak. Dengan memperkuat kapasitas masyarakat dan tenaga kesehatan, promosi gizi seimbang dapat berjalan lebih efektif serta berkelanjutan.

Secara keseluruhan, hubungan antara gizi dan kesehatan masyarakat bersifat saling menentukan. Peningkatan status gizi tidak hanya memperbaiki kesehatan individu, tetapi juga mendorong kemajuan ekonomi dan sosial bangsa. Oleh karena itu, investasi di bidang gizi merupakan langkah strategis dalam pembangunan sumber daya manusia yang unggul, produktif, dan berdaya saing global.

1.4 Isu dan Tantangan Gizi di Era Modern

Perubahan sosial, ekonomi, dan teknologi yang pesat pada abad ke-21 telah membawa dampak besar terhadap pola makan dan status gizi masyarakat. Globalisasi memperluas akses terhadap berbagai jenis pangan, namun juga memicu pergeseran konsumsi dari makanan tradisional bergizi ke makanan olahan tinggi lemak, gula, dan garam. Situasi ini menimbulkan tantangan ganda, yakni meningkatnya prevalensi gizi lebih dan obesitas, serta masih bertahannya masalah gizi kurang di beberapa wilayah. Di tengah arus modernisasi, isu gizi tidak lagi sekadar permasalahan individu, tetapi telah menjadi persoalan sistemik yang terkait dengan kesehatan publik, ekonomi, dan ketahanan pangan nasional.

1.4.1 Perubahan Pola Konsumsi dan Gaya Hidup

Perkembangan teknologi pangan dan kemudahan akses terhadap *fast food* membuat masyarakat cenderung memilih makanan yang praktis, meskipun rendah nilai gizinya. Peningkatan konsumsi makanan cepat saji, minuman manis kemasan, dan produk ultra-proses menggeser peran pangan alami seperti sayur, buah, dan sumber protein nabati. Akibatnya, terjadi ketidakseimbangan antara asupan energi dan kebutuhan tubuh yang berujung pada peningkatan berat badan dan risiko penyakit degeneratif seperti diabetes melitus tipe 2, hipertensi, dan dislipidemia.

Selain pola makan, gaya hidup modern yang minim aktivitas fisik memperburuk kondisi tersebut. Peningkatan penggunaan *gadget*, transportasi bermotor, serta pekerjaan sedentari menyebabkan pembakaran energi menurun drastis. Kombinasi antara konsumsi energi berlebih dan aktivitas rendah menciptakan lingkungan obesogenik, yaitu kondisi sosial yang mendorong penimbunan lemak dalam tubuh (Ng & Popkin, 2019).

Untuk mengatasi hal ini, diperlukan perubahan perilaku yang berkelanjutan melalui edukasi gizi sejak usia dini. Edukasi tersebut tidak hanya berfokus pada nilai nutrisi, tetapi juga pada keterampilan memilih dan menyiapkan makanan sehat. Kampanye *healthy lifestyle* yang terintegrasi dengan platform digital dapat menjadi sarana efektif dalam membangun kesadaran gizi masyarakat modern.

1.4.2 Ketimpangan Gizi dan Dampak Globalisasi

Globalisasi turut memperluas kesenjangan gizi antara kelompok ekonomi tinggi dan rendah. Di satu sisi, masyarakat perkotaan mengalami peningkatan prevalensi obesitas akibat konsumsi berlebihan dan pola hidup tidak aktif. Di sisi lain, sebagian wilayah pedesaan masih berjuang melawan kekurangan energi kronis dan *stunting* pada anak. Fenomena ini dikenal sebagai *double burden of malnutrition* atau beban ganda malnutrisi.

Selain faktor ekonomi, arus globalisasi juga memengaruhi persepsi terhadap makanan. Produk impor dan makanan siap saji sering kali dianggap lebih bergengsi dibandingkan pangan lokal. Padahal, banyak bahan pangan tradisional Indonesia—seperti tempe, ikan laut, dan umbi-umbian—memiliki nilai gizi tinggi dan berpotensi besar dalam mendukung ketahanan pangan. Pemanfaatan kembali sumber pangan lokal perlu digalakkan sebagai strategi menghadapi ketergantungan terhadap produk industri yang tidak selalu sehat.

Perubahan iklim menjadi faktor tambahan yang memperumit masalah gizi. Variabilitas iklim yang ekstrem dapat mengganggu produktivitas pertanian, menurunkan kualitas hasil panen, dan meningkatkan harga pangan bergizi. Hal ini berimplikasi langsung pada ketersediaan protein hewani, buah, dan sayuran, terutama di negara berkembang (Myers et al., 2017). Dengan demikian, isu gizi modern tidak dapat dipisahkan dari dimensi lingkungan dan keberlanjutan pangan.

1.4.3 Inovasi dan Kebijakan Gizi Berkelanjutan

Menghadapi kompleksitas masalah gizi di era modern membutuhkan inovasi multidimensi yang melibatkan sektor kesehatan, pendidikan, pertanian, dan teknologi informasi. Pemerintah perlu memperkuat kebijakan pangan nasional yang berorientasi pada ketersediaan dan keterjangkauan makanan bergizi. Program fortifikasi, diversifikasi pangan lokal, dan pengawasan iklan makanan anak merupakan langkah strategis untuk menjaga kualitas konsumsi masyarakat.

Inovasi di bidang pendidikan gizi dapat dilakukan melalui integrasi kurikulum berbasis *digital nutrition education* di sekolah dan universitas. Platform interaktif yang menggabungkan edukasi visual, permainan edukatif, dan konsultasi daring dengan ahli gizi mampu menarik perhatian generasi muda. Sementara itu, penelitian di bidang *functional food* dan teknologi pangan ramah lingkungan dapat mendukung terciptanya produk yang tidak hanya sehat tetapi juga berkelanjutan secara ekonomi.

Kolaborasi lintas sektor menjadi kunci dalam mewujudkan masyarakat yang sehat dan berdaya saing. Pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat perlu berperan aktif dalam membentuk sistem pangan yang adil, adaptif, dan berkelanjutan. Dengan pendekatan yang komprehensif, tantangan gizi di era modern dapat diubah menjadi peluang untuk membangun generasi yang produktif dan berdaya tahan tinggi terhadap perubahan global.

1.5 Latihan Soal

1. Jelaskan pengertian ilmu gizi dan peranannya dalam kesehatan masyarakat.
2. Apa perbedaan antara makronutrien dan mikronutrien?
3. Mengapa keseimbangan gizi penting untuk kesehatan tubuh?
4. Sebutkan tiga masalah gizi utama yang sering terjadi di masyarakat Indonesia.
5. Bagaimana pengaruh modernisasi terhadap pola konsumsi masyarakat?

Bab 2: Zat Gizi Makro: Fungsi, Kebutuhan, dan Sumber Pangan

2.1 Mengenal Zat Gizi Makro

2.1.1 Definisi Zat Gizi Makro

Zat gizi makro merupakan kelompok nutrisi utama yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah besar untuk mendukung berbagai fungsi fisiologis dan metabolik. Kelompok zat gizi ini meliputi karbohidrat, protein, dan lemak, yang masing-masing berperan penting dalam penyediaan energi, pembentukan jaringan tubuh, serta pengaturan proses biologis. Berbeda dengan zat gizi mikro seperti vitamin dan mineral yang dibutuhkan dalam jumlah kecil, zat gizi makro menjadi sumber utama kalori yang dibutuhkan tubuh untuk menjalankan aktivitas sehari-hari.

Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama karena mudah diubah menjadi glukosa yang digunakan oleh sel tubuh, terutama otak dan sistem saraf. Protein, di sisi lain, berperan sebagai bahan penyusun jaringan, enzim, dan hormon, serta berfungsi dalam perbaikan sel yang rusak. Sementara itu, lemak berfungsi sebagai cadangan energi, pelindung organ vital, dan media bagi penyerapan vitamin yang larut dalam lemak seperti vitamin A, D, E, dan K.

Kombinasi seimbang dari ketiga zat ini menjadi kunci dalam menjaga keseimbangan energi serta mendukung metabolisme tubuh yang optimal (Whitney & Rolfes, 2019).

Selain fungsi dasarnya, zat gizi makro juga berinteraksi secara kompleks dalam sistem tubuh. Ketidakseimbangan asupan, baik kelebihan maupun kekurangan salah satu zat gizi makro, dapat menyebabkan gangguan metabolik seperti obesitas, malnutrisi, atau gangguan fungsi organ. Oleh karena itu, pemahaman terhadap jenis dan fungsi zat gizi makro menjadi dasar penting dalam penerapan pola makan sehat dan perencanaan diet seimbang.

2.1.2 Peran Zat Gizi Makro dalam Kesehatan

Zat gizi makro memiliki peran yang esensial dalam menjaga kesehatan tubuh secara menyeluruh. Karbohidrat, sebagai sumber energi utama, menyediakan sekitar 45–65% dari total kebutuhan energi harian. Energi yang dihasilkan dari oksidasi glukosa digunakan untuk mendukung berbagai aktivitas, termasuk kontraksi otot, fungsi otak, dan kerja sistem organ lainnya. Namun, konsumsi karbohidrat sederhana yang berlebihan dapat meningkatkan risiko resistensi insulin dan penyakit metabolik seperti diabetes melitus tipe 2.

Protein memainkan peran sentral dalam pembentukan jaringan baru, pemeliharaan massa otot, serta produksi enzim dan hormon. Dalam kondisi kekurangan asupan energi, protein juga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif melalui proses glukoneogenesis. Sementara itu, lemak berperan tidak hanya sebagai penyimpanan energi, tetapi juga sebagai komponen struktural

membran sel dan pengatur proses hormonal. Asupan lemak tak jenuh ganda seperti asam lemak omega-3 dan omega-6 telah terbukti bermanfaat dalam menjaga kesehatan jantung dan menurunkan kadar kolesterol jahat (*low-density lipoprotein* atau LDL) (Rodriguez et al., 2020).

Secara umum, keseimbangan antara ketiga jenis zat gizi makro sangat menentukan status gizi dan kesehatan seseorang. Ketidakseimbangan asupan makronutrien dapat menyebabkan gangguan metabolisme seperti sindrom metabolik, gangguan kardiovaskular, maupun penurunan imunitas. Oleh karena itu, pemenuhan kebutuhan zat gizi makro harus disesuaikan dengan usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi fisiologis individu.

2.1.3 Implikasi Zat Gizi Makro terhadap Kesehatan Masyarakat

Dalam konteks kesehatan masyarakat, pemahaman terhadap peran zat gizi makro sangat penting untuk mencegah penyakit tidak menular yang banyak disebabkan oleh pola makan tidak seimbang. Pola konsumsi tinggi lemak jenuh dan gula sederhana yang umum ditemukan pada masyarakat modern menjadi faktor utama meningkatnya prevalensi obesitas, hipertensi, dan diabetes. Sebaliknya, kekurangan protein dan energi pada kelompok masyarakat berpenghasilan rendah dapat menyebabkan malnutrisi kronis, penurunan produktivitas, serta gangguan pertumbuhan pada anak.

Pemerintah dan lembaga kesehatan dunia seperti *World Health Organization* (WHO) telah menetapkan pedoman gizi seimbang yang menekankan pentingnya variasi dan proporsi asupan

zat gizi makro. Edukasi gizi yang berkelanjutan diperlukan agar masyarakat memahami pentingnya konsumsi makanan bergizi seimbang dengan memperhatikan sumber karbohidrat kompleks, protein berkualitas, dan lemak sehat. Dalam jangka panjang, penerapan pola makan yang baik akan berkontribusi terhadap peningkatan kualitas hidup, daya tahan tubuh, serta pencegahan penyakit degeneratif.

2.2 Karbohidrat: Sumber Energi Utama

2.2.1 Fungsi Karbohidrat (*Functions of Carbohydrates*)

Karbohidrat merupakan salah satu makronutrien utama yang berfungsi sebagai sumber energi utama bagi tubuh manusia. Sekitar 45–65% dari total kebutuhan energi harian direkomendasikan berasal dari karbohidrat, karena senyawa ini mudah dicerna dan cepat diubah menjadi glukosa, yang kemudian digunakan sebagai bahan bakar oleh sel-sel tubuh. Otak, sistem saraf, serta sel darah merah sangat bergantung pada glukosa sebagai sumber energi utama, karena organ-organ tersebut tidak dapat menggunakan lemak secara langsung untuk menghasilkan energi (Gropper & Smith, 2021).

Selain sebagai sumber energi, karbohidrat juga berperan penting dalam proses metabolisme lemak dan protein. Ketika asupan karbohidrat tidak mencukupi, tubuh akan menggunakan protein dan lemak sebagai sumber energi alternatif melalui proses *gluconeogenesis* dan *ketogenesis*. Kondisi ini dapat menyebabkan

ketidakseimbangan metabolik yang berdampak pada kesehatan, seperti kelelahan, kehilangan massa otot, dan gangguan fungsi otak. Oleh karena itu, konsumsi karbohidrat yang cukup sangat penting untuk menjaga keseimbangan energi dan fungsi fisiologis tubuh.

Karbohidrat juga berfungsi dalam pengaturan kadar gula darah, penyimpanan energi dalam bentuk glikogen di hati dan otot, serta membantu penyerapan nutrisi lain. Selain itu, beberapa jenis karbohidrat seperti serat pangan (*dietary fiber*) memiliki peran non-energetik yang signifikan, seperti memperlancar sistem pencernaan, menurunkan kadar kolesterol, dan mengontrol berat badan.

2.2.2 Jenis Karbohidrat (*Types of Carbohydrates*)

Secara umum, karbohidrat dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu karbohidrat sederhana dan karbohidrat kompleks. Karbohidrat sederhana terdiri atas gula monosakarida dan disakarida yang mudah diserap oleh tubuh. Contohnya termasuk glukosa, fruktosa, sukrosa, dan laktosa. Jenis karbohidrat ini memberikan energi cepat, namun peningkatan kadar glukosa darah yang tajam sering kali diikuti dengan penurunan yang cepat, sehingga dapat menyebabkan rasa lelah atau lapar dalam waktu singkat.

Sebaliknya, karbohidrat kompleks terdiri atas polisakarida seperti pati (*starch*), glikogen, dan serat. Karbohidrat kompleks memerlukan waktu lebih lama untuk dicerna karena struktur kimianya yang lebih besar dan kompleks, sehingga menghasilkan pelepasan energi yang lebih stabil dan berkelanjutan. Pangan sumber karbohidrat kompleks seperti beras merah, gandum utuh, kentang,

dan sayuran bertepung tidak hanya menyediakan energi, tetapi juga mengandung vitamin, mineral, dan serat yang mendukung kesehatan metabolik.

Pemilihan jenis karbohidrat yang dikonsumsi berperan penting dalam pengendalian kadar glukosa darah dan pencegahan penyakit metabolik. Indeks glikemik (*glycemic index*) merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur seberapa cepat karbohidrat dalam makanan meningkatkan kadar gula darah. Konsumsi karbohidrat dengan indeks glikemik rendah diketahui dapat membantu mencegah resistensi insulin dan menurunkan risiko diabetes tipe 2 (Hu, 2018).

2.2.3 Kebutuhan dan Sumber Karbohidrat (*Carbohydrate Requirements and Sources*)

Kebutuhan karbohidrat seseorang bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, serta kondisi fisiologis dan kesehatan individu. Pada orang dewasa sehat dengan tingkat aktivitas sedang, kebutuhan karbohidrat biasanya berkisar antara 200–300 gram per hari. Atlet atau individu dengan aktivitas fisik berat memerlukan asupan yang lebih tinggi untuk menjaga cadangan glikogen otot dan mencegah kelelahan. Sebaliknya, pada penderita diabetes atau kondisi tertentu, konsumsi karbohidrat perlu diatur agar kadar glukosa darah tetap terkendali.

Sumber karbohidrat dalam diet sangat beragam. Bahan makanan seperti beras, roti, pasta, kentang, jagung, serta buah-buahan dan sayuran merupakan sumber utama karbohidrat alami. Selain itu, produk susu juga mengandung laktosa, yaitu karbohidrat

alami yang berperan dalam penyediaan energi. Namun, konsumsi karbohidrat olahan dan gula tambahan sebaiknya dibatasi karena dapat menyebabkan lonjakan kadar glukosa darah dan meningkatkan risiko obesitas serta penyakit kardiovaskular.

Pola konsumsi karbohidrat yang seimbang tidak hanya mencakup jumlah, tetapi juga kualitasnya. Karbohidrat kompleks yang kaya serat dan nutrisi sebaiknya menjadi komponen utama dalam diet harian, sementara karbohidrat sederhana sebaiknya dikonsumsi dalam jumlah terbatas. Dengan demikian, pengaturan asupan karbohidrat yang tepat dapat membantu mempertahankan kesehatan metabolik, meningkatkan energi, dan mendukung fungsi fisiologis tubuh secara optimal.

2.3 Protein: Penyusun Utama Sel dan Jaringan

Protein merupakan salah satu makromolekul esensial yang berperan penting dalam struktur, fungsi, dan regulasi seluruh jaringan tubuh. Sebagai penyusun utama sel dan jaringan, protein tidak hanya berfungsi sebagai komponen struktural, tetapi juga sebagai agen fungsional yang mendukung berbagai proses biokimia penting. Dalam konteks fisiologi manusia, protein terlibat dalam pertumbuhan, perbaikan jaringan, transportasi molekul, serta mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi. Karena itu, pemenuhan kebutuhan protein dalam jumlah dan kualitas yang tepat menjadi aspek vital dalam menjaga kesehatan dan keseimbangan metabolisme tubuh.

2.3.1 Fungsi Protein

Protein memiliki beragam fungsi biologis yang mendukung kehidupan seluler. Salah satu fungsi utama protein adalah sebagai bahan penyusun jaringan tubuh seperti otot, kulit, tulang, dan organ. Dalam proses anabolisme, protein berperan dalam pembentukan jaringan baru, sedangkan pada proses katabolisme, protein digunakan untuk memperbaiki sel yang rusak. Selain itu, protein juga berfungsi sebagai komponen penting dalam pembentukan enzim dan hormon yang mengatur berbagai proses metabolik. Misalnya, enzim amilase membantu pencernaan karbohidrat, sedangkan hormon insulin berperan dalam pengaturan kadar glukosa darah.

Di sisi lain, protein berperan dalam menjaga fungsi sistem imun melalui pembentukan antibodi atau *immunoglobulin* yang bertugas mengenali dan menetralkan antigen berbahaya seperti bakteri dan virus. Protein juga berfungsi sebagai pengangkut molekul penting dalam darah, seperti hemoglobin yang membawa oksigen, serta lipoprotein yang mengangkut lipid ke jaringan tubuh. Beberapa jenis protein struktural seperti kolagen dan keratin memberikan kekuatan dan elastisitas pada jaringan ikat serta kulit. Dengan demikian, protein tidak hanya berperan sebagai bahan bangunan tubuh, tetapi juga sebagai regulator dan pelindung dalam sistem fisiologis yang kompleks (Wu, 2016).

2.3.2 Kebutuhan Protein

Kebutuhan protein seseorang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk usia, jenis kelamin, status kesehatan, dan tingkat

aktivitas fisik. Pada individu dewasa sehat, asupan protein yang direkomendasikan berkisar antara 10–35% dari total kalori harian. Rata-rata kebutuhan protein yang dianjurkan oleh *World Health Organization* (WHO) adalah sekitar 0,8 gram per kilogram berat badan per hari bagi orang dewasa. Namun, kebutuhan ini dapat meningkat pada individu dengan aktivitas fisik tinggi, seperti atlet, atau pada kondisi tertentu seperti kehamilan, penyembuhan luka, dan penyakit kronis yang membutuhkan regenerasi jaringan intensif.

Asupan protein yang tidak mencukupi dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, penurunan massa otot, serta melemahnya sistem kekebalan tubuh. Sebaliknya, konsumsi protein yang berlebihan tanpa diimbangi dengan kebutuhan energi total dapat menimbulkan beban metabolik pada ginjal akibat peningkatan ekskresi nitrogen. Oleh karena itu, keseimbangan asupan protein harus diperhatikan agar fungsi metabolik tubuh tetap optimal dan risiko gangguan kesehatan dapat diminimalkan (Phillips et al., 2016).

2.3.3 Sumber Protein

Sumber protein dalam makanan secara umum terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu protein hewani dan protein nabati. Protein hewani berasal dari produk seperti daging, ikan, telur, dan susu. Jenis protein ini memiliki komposisi asam amino esensial yang lengkap dan mudah diserap oleh tubuh, sehingga disebut sebagai *high-quality protein*. Contohnya, telur mengandung protein dengan *biological value* hampir 100%, yang berarti hampir seluruhnya dapat digunakan oleh tubuh untuk sintesis jaringan.

Sebaliknya, protein nabati berasal dari bahan seperti kacang-kacangan, biji-bijian, tahu, dan tempe. Meskipun protein nabati memiliki kandungan asam amino esensial yang tidak selalu lengkap, kombinasi berbagai sumber nabati dapat menghasilkan profil asam amino yang seimbang. Keunggulan protein nabati terletak pada kandungan serat, antioksidan, dan lemak tak jenuh yang lebih tinggi, sehingga bermanfaat dalam pencegahan penyakit kardiovaskular. Dalam konteks diet berkelanjutan, protein nabati juga lebih ramah lingkungan karena membutuhkan sumber daya alam yang lebih sedikit dibandingkan protein hewani. Oleh sebab itu, pemilihan sumber protein yang bervariasi dan seimbang sangat dianjurkan untuk mendukung kesehatan dan keberlanjutan gizi masyarakat modern.

2.4 Lemak: Sumber Energi Cadangan dan Pembawa Vitamin

2.4.1 Fungsi Lemak

Lemak merupakan salah satu makronutrien utama yang memiliki peran vital dalam tubuh manusia. Secara fisiologis, lemak berfungsi sebagai sumber energi cadangan yang efisien karena setiap gram lemak dapat menghasilkan sekitar sembilan kilokalori, lebih dari dua kali lipat energi yang dihasilkan oleh karbohidrat atau protein. Selain sebagai sumber energi, lemak juga berperan dalam melindungi organ-organ internal dari benturan dan perubahan suhu ekstrem melalui pembentukan jaringan adiposa. Fungsi lain yang

tidak kalah penting adalah kemampuannya dalam membantu penyerapan vitamin yang larut dalam lemak, yaitu vitamin A, D, E, dan K. Vitamin-vitamin tersebut memerlukan keberadaan lemak untuk dapat diserap secara optimal di usus halus dan menjalankan fungsinya dalam tubuh, seperti menjaga kesehatan mata, tulang, sistem imun, serta berperan sebagai antioksidan alami (Gropper & Smith, 2020).

Selain itu, lemak berkontribusi dalam pembentukan struktur sel, terutama pada membran fosfolipid yang membentuk lapisan pelindung sel. Asam lemak esensial seperti asam linoleat dan asam alfa-linolenat juga berperan sebagai prekursor sintesis *eicosanoids*, senyawa yang mengatur berbagai proses fisiologis termasuk inflamasi, tekanan darah, dan fungsi kekebalan tubuh. Oleh karena itu, keberadaan lemak dalam diet bukan hanya sebagai sumber energi, melainkan juga komponen penting dalam menjaga fungsi biologis tubuh secara keseluruhan.

2.4.2 Jenis Lemak

Secara umum, lemak dapat dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu lemak jenuh, lemak tak jenuh, dan lemak trans. Lemak jenuh umumnya ditemukan pada produk hewani seperti daging merah, mentega, dan susu penuh lemak. Konsumsi berlebihan lemak jenuh dikaitkan dengan peningkatan kadar kolesterol *low-density lipoprotein (LDL)* yang dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular.

Sebaliknya, lemak tak jenuh—yang terdiri atas lemak tak jenuh tunggal (*monounsaturated fat*) dan lemak tak jenuh ganda

(*polyunsaturated fat*)—dikenal memiliki efek positif terhadap kesehatan jantung. Lemak jenis ini banyak ditemukan dalam minyak zaitun, alpukat, ikan berlemak seperti salmon, serta kacang-kacangan. Lemak tak jenuh ganda juga mengandung asam lemak omega-3 dan omega-6 yang berperan penting dalam menurunkan peradangan dan menjaga elastisitas pembuluh darah.

Adapun lemak trans merupakan bentuk lemak buatan yang dihasilkan melalui proses hidrogenasi minyak nabati agar menjadi lebih padat. Lemak trans banyak ditemukan pada makanan olahan seperti margarin, kue kering, dan makanan cepat saji. Berbeda dengan lemak alami, lemak trans memiliki dampak buruk terhadap kesehatan karena dapat meningkatkan kadar *LDL* sekaligus menurunkan *high-density lipoprotein (HDL)*, sehingga meningkatkan risiko aterosklerosis dan penyakit jantung koroner (Mozaffarian et al., 2006). Oleh sebab itu, pembatasan konsumsi lemak trans menjadi salah satu rekomendasi utama dalam pedoman gizi seimbang.

2.4.3 Kebutuhan dan Sumber Lemak

Kebutuhan lemak harian bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi fisiologis individu. Berdasarkan rekomendasi gizi seimbang, lemak sebaiknya menyumbang sekitar 20–35% dari total asupan energi harian. Proporsi ini dianggap ideal untuk menjaga keseimbangan metabolik tanpa menimbulkan risiko penumpukan lemak berlebih dalam tubuh. Dalam praktiknya, pemilihan jenis lemak yang dikonsumsi menjadi faktor kunci dalam menjaga kesehatan metabolik.

Sumber lemak sehat meliputi minyak nabati seperti minyak zaitun, minyak kanola, dan minyak biji rami; buah-buahan seperti alpukat; serta kacang-kacangan dan biji-bijian seperti almond, kenari, dan chia seed. Selain itu, ikan laut dalam seperti tuna dan salmon juga merupakan sumber utama asam lemak omega-3 yang bermanfaat dalam menurunkan kadar trigliserida dan menjaga kesehatan kardiovaskular. Di sisi lain, konsumsi lemak jenuh dan lemak trans perlu dikendalikan dengan menggantinya menggunakan lemak tak jenuh, sehingga keseimbangan lipid dalam tubuh tetap terjaga dan risiko penyakit degeneratif dapat diminimalkan.

Dengan demikian, lemak bukan sekadar sumber energi cadangan, tetapi juga unsur penting dalam menjaga fungsi biologis tubuh dan kesehatan jangka panjang. Kombinasi asupan lemak sehat yang seimbang, disertai pola makan bergizi, merupakan strategi efektif dalam mendukung metabolisme optimal dan mencegah berbagai gangguan kesehatan yang terkait dengan pola konsumsi lemak yang tidak tepat.

2.5 Pengaruh Asupan Zat Gizi Makro terhadap Kesehatan

2.5.1 Keseimbangan Energi dan Berat Badan

Asupan zat gizi makro, yang meliputi karbohidrat, protein, dan lemak, memiliki peran mendasar dalam menjaga keseimbangan energi tubuh. Keseimbangan energi terjadi ketika jumlah energi yang diperoleh dari makanan sebanding dengan energi yang

digunakan oleh tubuh untuk aktivitas metabolik, fisik, dan termoregulasi. Ketidakseimbangan antara asupan dan pengeluaran energi dapat menyebabkan perubahan berat badan yang signifikan. Kelebihan energi yang dikonsumsi secara berkelanjutan akan disimpan sebagai lemak tubuh, sehingga meningkatkan risiko obesitas, resistensi insulin, serta penyakit metabolik lainnya seperti diabetes tipe 2. Sebaliknya, defisit energi yang berkepanjangan dapat menyebabkan penurunan berat badan berlebih, gangguan hormon, dan penurunan fungsi sistem imun.

Kebutuhan energi individu bergantung pada faktor usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, serta status fisiologis. Karbohidrat menjadi sumber energi utama, menyumbang sekitar 45–65% dari total energi harian. Protein berperan penting dalam perbaikan jaringan dan fungsi enzimatis, sedangkan lemak berfungsi sebagai cadangan energi jangka panjang serta komponen struktural membran sel. Penelitian menunjukkan bahwa keseimbangan antara makronutrien, bukan hanya total asupan energi, berperan penting dalam mempertahankan komposisi tubuh yang sehat (Hu, 2018). Dengan demikian, pengaturan proporsi karbohidrat, protein, dan lemak dalam diet harus disesuaikan dengan kebutuhan metabolik individu agar tercapai status gizi optimal.

2.5.2 Kesehatan Jantung dan Peran Protein terhadap Fungsi Tubuh

Kualitas asupan lemak dalam diet memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan kardiovaskular. Lemak tak jenuh, terutama asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acids*)

yang terdapat pada ikan laut, kacang-kacangan, dan minyak nabati, terbukti dapat menurunkan kadar kolesterol LDL (*low-density lipoprotein*) serta meningkatkan kolesterol HDL (*high-density lipoprotein*). Sebaliknya, konsumsi lemak jenuh dan lemak trans yang berlebihan berhubungan dengan peningkatan risiko aterosklerosis dan penyakit jantung koroner. Mekanisme protektif lemak tak jenuh terjadi melalui perbaikan profil lipid darah, penurunan tekanan darah, dan peningkatan fungsi endotel vaskular. Oleh sebab itu, rekomendasi diet sehat menekankan pentingnya menggantikan sumber lemak jenuh dengan lemak tak jenuh, seperti minyak zaitun, alpukat, dan ikan berlemak (Mozaffarian, 2016).

Selain peran lemak, protein juga memegang fungsi vital dalam pemeliharaan jaringan tubuh dan keseimbangan fisiologis. Protein berfungsi sebagai bahan pembangun untuk otot, kulit, enzim, hormon, serta antibodi yang menjaga sistem imun tubuh. Kekurangan protein dapat menyebabkan penurunan massa otot (*muscle wasting*), gangguan penyembuhan luka, serta menurunnya daya tahan terhadap infeksi. Di sisi lain, konsumsi protein yang berlebihan, terutama dari sumber hewani dengan kandungan lemak jenuh tinggi, dapat meningkatkan risiko gangguan ginjal dan kardiovaskular jika tidak diimbangi dengan asupan cairan dan serat yang cukup.

Dalam konteks fisioterapi dan rehabilitasi kesehatan, kecukupan asupan protein menjadi penting karena proses pemulihan jaringan otot dan perbaikan sel sangat bergantung pada ketersediaan asam amino esensial. Selain itu, kombinasi antara pola makan

seimbang dan aktivitas fisik yang teratur terbukti dapat meningkatkan *metabolic flexibility*, yaitu kemampuan tubuh menyesuaikan penggunaan sumber energi berdasarkan kebutuhan. Oleh karena itu, pendekatan nutrisi yang berfokus pada keseimbangan zat gizi makro tidak hanya relevan bagi individu sehat, tetapi juga penting dalam proses penyembuhan dan pencegahan penyakit kronis.

Dengan memperhatikan keseimbangan energi, kualitas lemak, dan kecukupan protein, asupan zat gizi makro dapat dioptimalkan untuk mendukung kesehatan jangka panjang. Pendekatan diet yang seimbang dan berbasis bukti ilmiah memungkinkan individu mempertahankan berat badan ideal, menjaga kesehatan jantung, serta mempertahankan fungsi fisiologis tubuh yang optimal.

2.6 Keseimbangan Asupan Zat Gizi Makro dalam Pola Makan Sehat

Keseimbangan asupan zat gizi makro merupakan fondasi utama dalam pembentukan pola makan sehat yang mendukung fungsi fisiologis tubuh secara optimal. Zat gizi makro meliputi karbohidrat, protein, dan lemak, yang masing-masing memiliki peran penting dalam menjaga energi, pertumbuhan jaringan, serta regulasi metabolisme. Pola makan yang seimbang tidak hanya mencakup kecukupan energi, tetapi juga memperhatikan proporsi antar komponen gizi agar sesuai dengan kebutuhan individu

berdasarkan usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan.

Pendekatan ilmiah terhadap keseimbangan gizi menekankan pentingnya variasi makanan dan pengaturan porsi yang tepat. Konsumsi berlebihan terhadap salah satu komponen makronutrien dapat menyebabkan gangguan metabolik, seperti obesitas, diabetes melitus tipe 2, atau dislipidemia. Sebaliknya, kekurangan asupan tertentu dapat menurunkan daya tahan tubuh, memperlambat proses penyembuhan, dan mengganggu keseimbangan hormonal. Oleh karena itu, penerapan prinsip keseimbangan gizi harus berlandaskan pemahaman terhadap fungsi biologis masing-masing zat gizi makro serta kontribusinya terhadap kesehatan tubuh secara menyeluruh.

2.6.1 Pola Makan Seimbang

Pola makan seimbang mencerminkan kombinasi proporsional dari karbohidrat, protein, dan lemak yang dikonsumsi setiap hari. Berdasarkan rekomendasi Organisasi Kesehatan Dunia (*World Health Organization*), karbohidrat idealnya menyumbang sekitar 45–65% dari total energi harian, protein 10–20%, dan lemak 20–35% (WHO, 2020). Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama, terutama bagi otak dan sistem saraf, sedangkan protein berperan dalam pembentukan jaringan, enzim, dan hormon. Lemak, meskipun sering dianggap negatif, berperan penting dalam penyerapan vitamin yang larut lemak (A, D, E, K) dan sebagai cadangan energi jangka panjang.

Untuk menjaga keseimbangan tersebut, pemilihan sumber makanan harus dilakukan dengan cermat. Karbohidrat kompleks

seperti beras merah, gandum utuh, dan umbi-umbian lebih disarankan dibandingkan karbohidrat sederhana, karena memiliki indeks glikemik yang lebih rendah dan kaya serat. Sementara itu, sumber protein sebaiknya berasal dari kombinasi hewani dan nabati, seperti ikan, telur, kacang-kacangan, dan tempe, guna memastikan asupan asam amino esensial terpenuhi. Lemak sehat dapat diperoleh dari minyak zaitun, alpukat, dan ikan berlemak yang kaya *omega-3 fatty acids*, yang berperan dalam menjaga kesehatan jantung dan fungsi otak (Mozaffarian, 2016).

Selain komposisi, pola makan seimbang juga memperhatikan jadwal konsumsi yang teratur. Pembagian porsi makan tiga kali sehari dengan dua kali selingan membantu menjaga stabilitas kadar glukosa darah dan mencegah rasa lapar berlebihan yang dapat memicu pola makan tidak sehat. Dengan demikian, keseimbangan zat gizi makro bukan hanya terkait dengan jumlah, tetapi juga pola konsumsi yang berkesinambungan.

2.6.2 Konsumsi Sayuran dan Buah

Sayuran dan buah-buahan merupakan komponen integral dalam pola makan seimbang karena mengandung berbagai zat gizi mikro seperti vitamin, mineral, dan antioksidan yang berperan dalam menjaga fungsi tubuh dan mencegah penyakit degeneratif. Kandungan serat yang tinggi pada sayuran dan buah juga mendukung kesehatan sistem pencernaan dengan meningkatkan pergerakan usus dan mencegah konstipasi. Selain itu, serat membantu mengontrol kadar gula darah serta menurunkan kadar kolesterol jahat (*low-density lipoprotein* atau LDL).

Konsumsi sayuran dan buah secara rutin telah dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit kronis seperti penyakit jantung koroner, hipertensi, dan beberapa jenis kanker. Rekomendasi umum menyarankan konsumsi minimal lima porsi sayuran dan buah setiap hari, dengan variasi warna dan jenis untuk menjamin keberagaman zat gizi yang diperoleh. Warna yang berbeda menunjukkan kandungan fitokimia yang berbeda pula, misalnya likopen pada tomat, beta-karoten pada wortel, dan antosianin pada buah beri.

Selain kandungan gizinya, sayuran dan buah juga memiliki peran dalam pengaturan keseimbangan energi karena umumnya rendah kalori namun tinggi volume. Hal ini menjadikan keduanya ideal untuk mendukung pengendalian berat badan secara sehat. Dalam konteks masyarakat modern yang cenderung mengonsumsi makanan olahan tinggi lemak dan gula, peningkatan konsumsi sayuran dan buah merupakan langkah strategis untuk memperbaiki pola makan menuju gaya hidup yang lebih sehat dan berkelanjutan.

Dengan demikian, keseimbangan zat gizi makro dalam pola makan sehat tidak dapat dipisahkan dari peran zat gizi mikro yang terkandung dalam sayuran dan buah. Keduanya bekerja secara sinergis dalam mempertahankan fungsi tubuh, meningkatkan imunitas, serta mencegah berbagai gangguan metabolik. Pola makan yang seimbang, beragam, dan berbasis bahan pangan alami menjadi dasar utama bagi tercapainya kesehatan optimal dan kualitas hidup yang baik.

Bab 3: Zat Gizi Mikro: Vitamin, Mineral, dan Antioksidan

3.1 Mengenal Zat Gizi Mikro

Zat gizi mikro merupakan komponen esensial dalam sistem metabolisme tubuh yang berperan penting dalam menjaga kesehatan, pertumbuhan, dan fungsi fisiologis manusia. Meskipun dibutuhkan dalam jumlah yang relatif kecil dibandingkan zat gizi makro seperti karbohidrat, protein, dan lemak, zat gizi mikro memiliki peran vital dalam hampir seluruh proses biokimia tubuh. Kelompok zat gizi mikro terdiri atas vitamin dan mineral yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam mendukung aktivitas enzimatik, pembentukan jaringan, serta regulasi sistem imun dan hormonal. Tanpa kecukupan zat gizi mikro, proses metabolisme tidak dapat berlangsung optimal, sehingga meningkatkan risiko berbagai penyakit defisiensi dan gangguan metabolik.

Vitamin merupakan salah satu jenis zat gizi mikro yang berfungsi sebagai koenzim dalam berbagai reaksi kimia di tubuh. Vitamin dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu vitamin larut lemak (A, D, E, dan K) dan vitamin larut air (kompleks B dan C). Vitamin A berperan dalam menjaga kesehatan penglihatan dan

sistem imun, sedangkan vitamin D berfungsi dalam metabolisme kalsium dan kesehatan tulang. Vitamin E berperan sebagai antioksidan yang melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas, sementara vitamin K penting untuk proses pembekuan darah. Di sisi lain, vitamin B kompleks berperan dalam metabolisme energi, sementara vitamin C berfungsi dalam pembentukan kolagen dan meningkatkan daya tahan tubuh. Kekurangan salah satu vitamin dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang serius, seperti anemia akibat defisiensi vitamin B12 atau skorbut akibat kekurangan vitamin C (Gropper & Smith, 2021).

Selain vitamin, mineral juga merupakan bagian penting dari zat gizi mikro yang berperan dalam berbagai proses fisiologis tubuh. Mineral dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu makromineral seperti kalsium, fosfor, magnesium, dan natrium yang dibutuhkan dalam jumlah relatif lebih besar, serta mikromineral seperti zat besi, seng, tembaga, dan yodium yang diperlukan dalam jumlah sangat kecil. Zat besi berperan penting dalam pembentukan hemoglobin untuk transportasi oksigen, sementara yodium diperlukan untuk sintesis hormon tiroid yang mengatur metabolisme tubuh. Seng berperan dalam penyembuhan luka dan fungsi imun, sedangkan kalsium dan fosfor merupakan komponen utama dalam pembentukan tulang dan gigi. Ketidakseimbangan asupan mineral dapat mengganggu homeostasis tubuh, misalnya defisiensi zat besi yang menyebabkan anemia atau kelebihan natrium yang memicu hipertensi.

Dalam konteks kesehatan masyarakat modern, pemenuhan kebutuhan zat gizi mikro menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Pola konsumsi masyarakat yang cenderung tinggi lemak, gula, dan garam tetapi rendah serat, buah, serta sayuran menyebabkan banyak individu mengalami kekurangan mikronutrien meskipun asupan energi mencukupi. Fenomena ini dikenal sebagai *hidden hunger*, yaitu kondisi di mana tubuh kekurangan zat gizi esensial tanpa menunjukkan gejala klinis yang jelas pada tahap awal. *Hidden hunger* menjadi masalah serius karena dapat menurunkan produktivitas, menghambat pertumbuhan anak, serta meningkatkan risiko penyakit degeneratif seperti diabetes dan penyakit jantung.

Selain faktor pola makan, urbanisasi dan meningkatnya konsumsi makanan olahan juga memperburuk kondisi asupan mikronutrien. Proses pengolahan pangan sering kali menyebabkan hilangnya sebagian besar vitamin dan mineral yang terkandung dalam bahan pangan alami. Misalnya, pemanasan berlebihan dapat merusak vitamin C dan beberapa vitamin B kompleks, sedangkan penyimpanan yang lama dapat menurunkan kandungan zat besi dan seng. Oleh karena itu, upaya fortifikasi pangan—yaitu penambahan zat gizi mikro ke dalam bahan makanan pokok seperti tepung terigu, garam, dan susu—menjadi strategi penting dalam meningkatkan status gizi masyarakat. Program ini telah terbukti efektif dalam menekan angka anemia dan defisiensi yodium di berbagai negara berkembang (World Health Organization, 2020).

Dengan demikian, zat gizi mikro memiliki peran yang sangat signifikan dalam menjaga keseimbangan metabolisme dan

kesehatan manusia. Kekurangan maupun kelebihan zat gizi mikro sama-sama dapat menimbulkan dampak negatif terhadap fungsi tubuh, sehingga diperlukan upaya pengaturan asupan yang seimbang melalui pola makan bergizi, konsumsi bahan pangan alami, serta program fortifikasi dan suplementasi yang tepat. Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya zat gizi mikro harus terus ditingkatkan melalui edukasi gizi dan kebijakan kesehatan publik yang berkelanjutan, agar tercapai kondisi kesehatan yang optimal dan produktivitas yang berkelanjutan dalam jangka panjang.

3.2 Jenis dan Fungsi Vitamin

3.2.1 Pengertian dan Klasifikasi Vitamin

Vitamin merupakan senyawa organik esensial yang diperlukan tubuh dalam jumlah kecil untuk menunjang berbagai proses metabolisme. Meskipun tidak menghasilkan energi secara langsung seperti karbohidrat, lemak, atau protein, vitamin berfungsi sebagai *coenzyme* atau katalisator dalam berbagai reaksi biokimia yang penting bagi kelangsungan hidup. Karena sebagian besar vitamin tidak dapat disintesis oleh tubuh, kebutuhan ini harus dipenuhi melalui asupan makanan yang seimbang (Gropper & Smith, 2021).

Secara umum, vitamin diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu vitamin larut lemak dan vitamin larut air. **Vitamin larut lemak** meliputi vitamin A, D, E, dan K, yang disimpan dalam jaringan lemak dan hati. Sementara itu, **vitamin**

larut air mencakup vitamin B kompleks (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, dan B12) serta vitamin C, yang tidak disimpan dalam tubuh dalam jumlah besar sehingga perlu dikonsumsi secara rutin. Perbedaan sifat kelarutan ini memengaruhi cara penyerapan, penyimpanan, serta ekskresi vitamin dari tubuh.

3.2.2 Fungsi dan Peran Vitamin Larut Lemak

Vitamin larut lemak memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan fisiologis tubuh.

- 1. Vitamin A (Retinol)** berperan dalam menjaga kesehatan mata, terutama dalam proses adaptasi penglihatan terhadap cahaya redup. Kekurangan vitamin A dapat menyebabkan rabun senja (*night blindness*) dan gangguan epitel jaringan.
- 2. Vitamin D (Kalsiferol)** berfungsi dalam penyerapan kalsium dan fosfor di usus, yang sangat penting bagi pembentukan tulang dan gigi. Kekurangan vitamin D dapat menyebabkan penyakit tulang seperti rakhitis pada anak dan osteomalasia pada orang dewasa (Whitney & Rolfes, 2019).
- 3. Vitamin E (Tokoferol)** berfungsi sebagai antioksidan yang melindungi membran sel dari kerusakan akibat radikal bebas. Selain itu, vitamin ini berperan dalam menjaga sistem imun dan kesehatan kulit.
- 4. Vitamin K (Filokuinon dan Menakuinon)** berperan dalam proses pembekuan darah dengan membantu sintesis protein koagulasi di hati. Kekurangan vitamin K dapat menyebabkan perdarahan abnormal atau gangguan koagulasi.

Keempat jenis vitamin larut lemak tersebut bekerja secara sinergis dalam menjaga fungsi tubuh yang optimal. Namun, karena disimpan dalam jaringan lemak, konsumsi berlebihan dapat menyebabkan akumulasi toksik, terutama untuk vitamin A dan D.

3.2.3 Fungsi dan Peran Vitamin Larut Air

Vitamin larut air berperan penting dalam metabolisme energi, fungsi saraf, serta sistem kekebalan tubuh.

- 1. Vitamin B kompleks** memiliki berbagai fungsi spesifik. Vitamin B1 (tiamin) berperan dalam metabolisme karbohidrat, B2 (riboflavin) dan B3 (niasin) dalam proses oksidasi sel, B6 (piridoksin) dalam metabolisme asam amino, serta B12 (kobalamin) dan B9 (asam folat) dalam pembentukan sel darah merah. Kekurangan vitamin B kompleks dapat menyebabkan anemia, kelelahan, dan gangguan saraf.
- 2. Vitamin C (Asam Askorbat)** berfungsi sebagai antioksidan kuat yang membantu pembentukan kolagen, meningkatkan penyerapan zat besi, dan memperkuat sistem kekebalan tubuh. Kekurangan vitamin C dapat menyebabkan penyakit skorbut, ditandai dengan gusi berdarah dan luka yang sulit sembuh (Gropper & Smith, 2021). Vitamin larut air tidak disimpan dalam jumlah besar di dalam tubuh, kelebihanannya akan diekskresikan melalui urin. Oleh karena itu, konsumsi harian yang cukup sangat penting untuk menjaga keseimbangan metabolisme tubuh.

3.2.4. Vitamin dan Sumber Makanannya

Untuk dapat memenuhi kebutuhan vitamin, baik vitamin larut lemak maupun larut air, maka perlu diketahui jenis makanan mana saja yang tinggi kandungan vitamin atau sebagai sumber utama vitamin.

Tabel Vitamin dan Sumber Makanannya

Vitamin	Makanan Sumber Utama (Prioritas)	Catatan Penting (Bioavailabilitas / Fortifikasi)	Referensi (tahun)
Vitamin A (Retinol / Provitamin A Karotenoid)	Hati (sapi, ayam), minyak ikan, telur, susu/produk susu, wortel, ubi jalar, bayam, labu, papaya.	Preformed vitamin A (retinol) tertinggi pada organ/hewan; provitamin A (β -karoten) banyak di sayur dan buah berwarna oranye/hijau gelap. Fortifikasi (susu, margarin, sereal) umum di beberapa negara	ODS/NIH (2025); Li <i>et al.</i> , (2023).
Vitamin D (Kolekalciferol/ Ergokalciferol)	Ikan berlemak (salmon, sarden, mackerel),	Sumber makanan terbatas, sehingga paparan sinar matahari dan fortifikasi penting. Makanan fortifikasi	Alnafisah et al., (2024).

Vitamin	Makanan Sumber Utama (Prioritas)	Catatan Penting (Bioavailabilitas / Fortifikasi)	Referensi (tahun)
	minyak ikan, kuning telur, hati, jamur terpapar UV; makanan fortifikasi (susu/plant milk, margarin, sereal)	meningkatkan asupan populasi	
Vitamin E (Tokoferol)	Kacang-kacangan (almond, hazelnut, kacang tanah, kedelai), biji bunga matahari, minyak nabati,	Vitamin E larut dalam lemak banyak tersebar pada minyak dan kacang-kacangan; pengolahan/ penyimpanan mempengaruhi kandungannya.	Kaye et al., PMC (2025); Shim et al., (2022).

Vitamin	Makanan Sumber Utama (Prioritas)	Catatan Penting (Bioavailabilitas / Fortifikasi)	Referensi (tahun)
	alpukat, sayuran hijau.		
Vitamin K (K1- Filokuinonl; K2- Menakuinon)	Sayuran berdaun hijau (bayam, kale, sawi), brokoli, minyak sayur (K1), makanan fermentasi (keju, natto, tempe menediakan vitamin K terutama K2)	K1 dominan pada tumbuhanl K2 dari fermentasi/hewan dan berperan penting untuk tulang dan vascular. Intake bervariasi antar budaya makanan.	Dupuy et al., PMC (2025); Regulska- Ilow et al., (2022).
Vitamin C (Asam Askorbat)	Buah sitrus (jeruk, lemon), jambu biji, stroberi,	Rentan hilang oleh pemasakan/penyimpan an, sehingga dianjurkan konsumsi buah/sayur	Alberts et al., Molecules (2025)

Vitamin	Makanan Sumber Utama (Prioritas)	Catatan Penting (Bioavailabilitas / Fortifikasi)	Referensi (tahun)
	kiwi; sayuran: paprika merah/hijau, brokoli, kubis, tomat, kentang.	segar/mentah untuk meningkatkan asupan. Asupan vitamin C yang cukup meningkatkan penyerapan Fe non heme.	
Vitamin B1 (Tiamin)	Gandum utuh dan produk sereal utuh, beras merah, daging, hati, kacang-kacangan, polong-polongan, biji-bijian.	Tiamin mudah rusak oleh pemasakan lama; banyak Negara juga melakukan fortifikasi tiamin pada tepung terigu	Kaźmierczak-Barańska <i>et al.</i> , (2025); Martel, <i>et al.</i> (2024).
Vitamin B2 (Riboflavin)	Susu dan produk susu, hati,	Tahan terhadap panas, tapi mudah rusak oleh cahaya (degradasi	Peechakara (2024);

Vitamin	Makanan Sumber Utama (Prioritas)	Catatan Penting (Bioavailabilitas / Fortifikasi)	Referensi (tahun)
	daging, telur, sayuran hijau, beberapa sereal yang difortifikasi	pada botol kaca terang)	Lysne et al., (2023).
Vitamin B3 (Niasin)	Daging (ayam, sapi), ikan, gandum utuh, kacang-kacangan (kacang tanah), biji-bijian, ragi.	Banyak mengandung prekursor (triptofan) yang dapat dikonversi menjadi niasin.	ODS/NIH (2022); Freese & Lysne, (2023).
Vitamin B5 (Asam Pantotenat)	Hati sapi, kuning telur, daging (ayam, sapi), ikan	Bioavailabilitas pantothenic acid dari makanan alami berkisar 40–60% pada pola makan populasi tertentu. Kandungan	USDA FoodData Central (2024);

Vitamin	Makanan Sumber Utama (Prioritas)	Catatan Penting (Bioavailibilitas / Fortifikasi)	Referensi (tahun)
Vitamin B6 (Piridoksin)	Ikan, daging (hati), unggas,	Tersebar luas di makanan; bioavailibilitas berbeda menurut	ODS/NIH (2023); Bjørke-
	salmon, susu dan produk susu (yoghurt), jamur (<i>shiitake</i> , <i>champignon</i>) , alpukat, kacang tanah, biji bunga matahari, kacang merah, kentang, brokoli, tomat, sereal dan susu fortifikasi.	dapat berkurang secara signifikan selama pengolahan thermal dan leaching (mis. Roasting kacang 25- 92% tergantung suhu, sehingga pemilihan metode pemasakan (kukus, tumis cepat) penting untuk pempertahankan kandungannya. Dalam fortifikasi, bentuk garam seperti kalsium pantothenate digunakan karena lebih stabil dan efisien diserap.	Freese, et al. (2023); Hrubša, al. (2022)

Vitamin	Makanan Sumber Utama (Prioritas)	Catatan Penting (Bioavailabilitas / Fortifikasi)	Referensi (tahun)
	kentang dan sayuran, pisang, beberapa kacang-kacangan, sereal dan tepung yang difortifikasi	sumber (pada beberapa studi, hewan memiliki bioavailabilitas lebih tinggi dari tumbuhan).	Monsen <i>et al.</i> , (2023).
Vitamin B9 (Asam Folat)	Sayuran hijau gelap (bayam, kangkung), kacang-kacangan/legume (lentil, kacang polong), hati, asparagus, brokoli, sereal dan	Folat alami kurang stabil pada pemasakan; asam folat terdapat pada produk fortifikasi dan suplemen lebih stabil dan lebih mudah diserap. Penting untuk masa pra-konsepsi/trimester awal kehamilan.	ODS/NIH (2022); Li <i>et al.</i> , (2025)

Vitamin	Makanan Sumber Utama (Prioritas)	Catatan Penting (Bioavailabilitas / Fortifikasi)	Referensi (tahun)
	tepung yang difortifikasi		
Vitamin B12 (Kobalamin)	Produk hewani: daging merah (terutama hati), ikan dan kerang, susu dan produk susu, telur; alternative: makanan yang difortifikasi (susu nabati, sereal, ragi)	Hampir tidak ada vitamin B12 yang dapat diandalkan pada sumber tumbuhan alami, sehingga rentan defisiensi pada kelompok yang menganut diet vegetarian, kecuali konsumsi makanan yang difortifikasi atau suplemen.	Rakuša et al., (2022); Obeid et al., (2019).

3.3 Mineral Esensial dan Perannya

Mineral esensial merupakan unsur anorganik yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah tertentu untuk mendukung berbagai

fungsi fisiologis dan biokimia. Walaupun tidak menghasilkan energi seperti karbohidrat, lemak, atau protein, mineral memiliki peranan vital dalam menjaga keseimbangan elektrolit, mengatur metabolisme, serta memelihara struktur jaringan tubuh. Kekurangan atau kelebihan mineral dapat menimbulkan gangguan kesehatan serius, sehingga keseimbangan asupannya menjadi aspek penting dalam pola makan sehat dan seimbang.

3.3.1 Kalsium dan Fungsinya bagi Tubuh

Kalsium merupakan mineral paling melimpah dalam tubuh manusia, dengan sekitar 99% tersimpan dalam tulang dan gigi. Fungsinya tidak hanya terbatas pada pembentukan dan pemeliharaan struktur rangka, tetapi juga berperan dalam kontraksi otot, transmisi impuls saraf, serta pembekuan darah. Kalsium juga berinteraksi dengan hormon paratiroid dan vitamin D dalam mengatur kadar kalsium plasma agar tetap stabil.

Kekurangan kalsium, terutama pada anak-anak dan lansia, dapat menyebabkan *rickets* atau osteoporosis yang ditandai dengan kerapuhan tulang. Sebaliknya, asupan berlebihan dapat memicu pembentukan batu ginjal (*nephrolithiasis*). Oleh karena itu, konsumsi kalsium harus disesuaikan dengan kebutuhan harian, yang pada orang dewasa berkisar antara 1.000 hingga 1.200 mg per hari (Mahan, Raymond, & Escott-Stump, 2020).

3.3.2 Zat Besi dan Perannya dalam Pembentukan Hemoglobin

Zat besi (*iron*) adalah komponen utama hemoglobin, protein dalam sel darah merah yang berfungsi mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh. Selain itu, zat besi juga

berperan dalam sintesis DNA dan metabolisme energi di tingkat seluler. Kekurangan zat besi merupakan salah satu masalah gizi mikro paling umum di dunia, terutama pada wanita hamil dan anak-anak, yang dapat menyebabkan anemia defisiensi besi.

Anemia ditandai dengan kelelahan, pucat, penurunan konsentrasi, serta gangguan kekebalan tubuh. Untuk mencegahnya, diperlukan konsumsi makanan sumber zat besi seperti daging merah, hati, dan sayuran berdaun hijau. Penyerapan zat besi non-heme dari sumber nabati dapat ditingkatkan dengan asupan vitamin C yang membantu reduksi ion ferrik menjadi ferus yang lebih mudah diserap oleh usus (Gropper & Smith, 2021).

3.3.3 Seng dan Yodium sebagai Pengatur Sistem Metabolisme

Seng (*zinc*) berperan penting dalam berbagai proses enzimatik yang berkaitan dengan penyembuhan luka, fungsi sistem imun, pertumbuhan, serta reproduksi. Mineral ini berfungsi sebagai kofaktor bagi lebih dari 300 enzim yang terlibat dalam sintesis protein, pembelahan sel, dan metabolisme asam nukleat. Kekurangan seng dapat menghambat penyembuhan luka, menurunkan daya tahan tubuh, serta mengganggu perkembangan kognitif pada anak-anak.

Yodium (*iodine*) merupakan unsur esensial yang dibutuhkan untuk sintesis hormon tiroid, yaitu tiroksin (T₄) dan triiodotironin (T₃). Kedua hormon ini berperan dalam mengatur metabolisme energi, pertumbuhan, dan perkembangan otak. Kekurangan yodium dapat menyebabkan pembesaran kelenjar tiroid (*gondok*) serta gangguan perkembangan otak pada janin dan anak. Upaya fortifikasi

garam beryodium telah menjadi strategi global yang efektif untuk menanggulangi defisiensi yodium, terutama di negara berkembang.

3.3.4 Makanan Sumber Mineral Esensial

1. **Kalsium** — ditemukan pada produk susu (yoghurt dan keju), ikan sarden, salmon, kacang-kacangan, sayuran hijau (kale, brokoli, sawi putih). Selain itu terdapat juga pada jus buah dan minuman fortifikasi, pengganti susu (sari kedelai dan almond), tempe, tahu, sereal siap saji. Penyerapan kalsium bervariasi tergantung jenis makanannya. Penyerapan dari produk susu dan makanan nutrifikasi sekitar 30%, sementara penyerapan dari tanaman tertentu mungkin jauh lebih rendah karena terdapat senyawa pembentuk garam yang tidak dapat dicerna dengan kalsium. (NIH., 2025)
2. **Zat besi** — ditemukan pada daging tanpa lemak, hati, dan makanan laut, sebagai sumber zat besi heme. Bahan makanan nabati, yaitu kacang-kacangan, buncis, dan sayuran, mengandung zat besi nonheme. Sumber lain seperti gandum dan tepung lainnya sering difortifikasi dengan zat besi, sehingga olahannya seperti roti, produk sereal dan produk biji-bijian lainnya juga merupakan sumber makanan yang baik untuk zat besi nonheme. Bioavailabilitas zat besi heme lebih baik daripada nonheme; komponen makanan lain, seperti asam askorbat dan fitat, dapat memengaruhi bioavailabilitas zat besi nonheme secara signifikan. (NIH., 2025)
3. **Seng** — banyak terdapat pada daging, ikan, dan makanan laut, telur, produk susu. Kacang-kacangan dan biji-bijian utuh juga

mengandung seng, namun bioavailabilitasnya lebih rendah daripada yang berasal dari makanan hewani karena makanan mengandung senyawa fitat (NIH., 2022).

4. **Yodium** — ditemukan pada hasil laut (seperti ikan, udang, rumput laut), produk susu (keju dan yoghurt), dan garam yang difortifikasi dengan yodium (Muawanah, dkk., 2018; Untailawan dkk., 2019).

3.3.5 Dampak Kekurangan Mineral terhadap Kesehatan

Defisiensi mineral esensial berdampak luas terhadap sistem tubuh. Kekurangan zat besi menyebabkan anemia, kekurangan kalsium menimbulkan gangguan tulang, sedangkan defisiensi seng dan yodium berakibat pada penurunan fungsi imun dan gangguan endokrin. Sebaliknya, konsumsi mineral yang berlebihan juga dapat menimbulkan toksisitas. Oleh karena itu, keseimbangan asupan mineral melalui pola makan bergizi seimbang menjadi kunci dalam menjaga kesehatan metabolik dan fisiologis tubuh.

Pemahaman terhadap peran mineral esensial sangat penting dalam bidang gizi masyarakat, karena menjadi dasar bagi penyusunan kebijakan intervensi gizi dan fortifikasi pangan. Dalam konteks ini, edukasi gizi yang komprehensif diperlukan agar masyarakat mampu memilih sumber pangan yang kaya mineral sesuai dengan kebutuhan tubuh masing-masing.

3.4 Peran Antioksidan dalam Kesehatan

3.4.1 Konsep dan Mekanisme Kerja Antioksidan

Antioksidan alami merupakan senyawa penting yang dapat menangkal radikal bebas dengan menetralkan radikal bebas dan melindungi tubuh dari kerusakan oksidatif atau mencegah kerusakan sel dalam tubuh manusia (Silvia, 2018, Nawaly *et al.*, 2013). Antioksidan berperan penting dalam melindungi tubuh terhadap efek merugikan dari *radikal bebas*, yaitu molekul tidak stabil yang terbentuk akibat proses metabolisme normal maupun paparan eksternal seperti polusi, radiasi ultraviolet, dan asap rokok. Ketidakseimbangan antara jumlah radikal bebas dan kemampuan tubuh untuk menetralsirnya menyebabkan kondisi yang dikenal sebagai *stres oksidatif*, yang dapat merusak sel, protein, serta DNA. Menurut Nawaly *et al.* (2013), radikal bebas yang sangat reaktif dapat merusak membran fosfolipid, mempercepat penuaan, dan menimbulkan berbagai penyakit.

Mekanisme kerja antioksidan melibatkan donasi elektron kepada radikal bebas tanpa berubah menjadi radikal baru, sehingga memutus rantai reaksi oksidatif yang berpotensi merusak jaringan tubuh. Menurut Halliwell dan Gutteridge (2015), sistem pertahanan antioksidan tubuh terdiri dari dua jenis utama, yaitu antioksidan endogen (yang diproduksi tubuh) seperti *glutathione peroxidase* dan *superoxide dismutase*, serta antioksidan eksogen (yang diperoleh dari makanan) seperti vitamin C, vitamin E, dan senyawa fitokimia.

Kedua jenis antioksidan ini bekerja secara sinergis dalam menjaga integritas seluler dan fungsi fisiologis yang optimal.

3.4.2 Jenis dan Sumber Alami Antioksidan

Jenis-jenis antioksidan dapat berasal dari vitamin, mineral, fitokimia, maupun enzim tubuh. Beberapa kelompok utama antioksidan alami meliputi:

1. Antioksidan Vitamin

- **Vitamin C (asam askorbat)** larut dalam air dan berfungsi antioksidan kuat yang menetralkan *free radicals* di cairan ekstraseluler, meningkatkan sistem imun, dan regenerasi vitamin E.
- **Vitamin E (α -tokoferol dan tototrienol)** larut dalam lemak dan melindungi membran sel dari peroksidasi lipid.
- **Vitamin A dan β -karoten** antioksidan karotenoid yang larut dalam lemak, penting untuk kesehatan mata.

2. Antioksidan Mineral

- **Selenium** mineral penting yang menjadi kofaktor enzim antioksidan seperti *glutathione peroxidase*.
- **Seng (zink)** mineral penting yang berperan dalam pembentukan enzim antioksidan (SOD)
- **Fitokimia (Senyawa Non-Gizi)** Senyawa tumbuhan yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan yang kuat, seperti *flavonoid*, *karotenoid*, dan *phenolic acids*, yang banyak terdapat pada buah beri, wortel, tomat, dan sayuran hijau.

- **Flavonoid** jenis: quercetin, catechin, anthocyanin. Sumbernya pada teh hijau, berries (*blueberry, blackberry*), apel, bawang merah, anggur.
- **Karotenoid (selain β -karoten)** Jenis: Lutein dan zeaxanthin yang terdapat pada sayur bayam dan kale; likopen terdapat pada tomat, semangka, dan jambu merah.
- **Polifenol (*phenolic acid*)** terdapat pada cokelat hitam, teh hijau dan teh hitam, buah anggur dan produk anggur, buah zaitun dan minyak zaitun.
- **Resveratrol** terdapat pada kulit anggur merah, *blueberry*, dan kacang tanah.
- **Kurkumin** terdapat pada kunyit.
- **Allicin** terdapat pada bawang putih.
- **Sulforaphane** terdapat pada sayuran *cruciferous* seperti: brokoli, kembang kol, kubis dan kale.

3. Antioksidan Enzimatik (Diproduksi Tubuh)

membutuhkan mineral pendukung untuk sintesis senyawa enzimatik yang bersifat sebagai antioksidan tubuh. Jenis antioksidan enzimatik tubuh dan jenis mineral yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- **Superoxide dismutase (SOD)** membutuhkan zink, tembaga, dan mangan.
- **Gluthatione peroxidase** membutuhkan selenium.
- **Catalase** membutuhkan zat besi (Fe).

Sumber antioksidan sangat beragam, baik dari bahan alami maupun sintetik. Antioksidan alami banyak ditemukan dalam

makanan nabati, terutama buah-buahan, sayuran, biji-bijian, serta minuman seperti teh hijau dan kopi. Indonesia kaya akan rempah-rempah, dan tanaman lokal yang juga merupakan sumber antioksidan alami (Silvia, 2018). Buah-buahan Indonesia seperti naga, sirsak, jambu merah, manggis, dan tomat menunjukkan aktivitas antioksidan dengan nilai IC50 berkisar 0,01408-660,08 ppm, yang disebabkan oleh kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik, tanin, dan antosianin (Rahmi, 2017).

Rempah-rempah tradisional Indonesia seperti jahe, kunyit, kayu manis, secang, dan andaliman juga berpotensi sebagai sumber antioksidan alami untuk pangan fungsional (Helmalia *et al.*, 2019). Selain itu, terdapat tanaman non-pangan seperti kelor, nyamplung, dan ketapang mengandung antioksidan alami dalam bentuk flavonoid, beta karoten, dan asam lemak (Handayani *et al.*, 2024). Senyawa antioksidan umumnya berupa vitamin C, vitamin E, beta karoten, selenium, dan flavonoid (Silvia, 2018). Menurut Pandey dan Rizvi (2009), kombinasi konsumsi berbagai sumber antioksidan alami memberikan efek protektif yang lebih kuat dibandingkan konsumsi tunggal, karena setiap senyawa memiliki mekanisme kerja yang berbeda dalam menetralkan radikal bebas.

3.4.3 Manfaat Antioksidan bagi Kesehatan

Peran antioksidan dalam kesehatan telah banyak diteliti dan terbukti berkontribusi dalam pencegahan berbagai penyakit degeneratif. Antioksidan membantu memperlambat proses penuaan sel dengan mencegah kerusakan oksidatif pada jaringan tubuh. Dalam konteks kesehatan kardiovaskular, senyawa seperti *flavonoid*

dan *polyphenol* berperan dalam menurunkan kadar kolesterol LDL teroksidasi serta meningkatkan elastisitas pembuluh darah, sehingga mengurangi risiko aterosklerosis dan penyakit jantung koroner (Lobo *et al.*, 2010).

Selain itu, konsumsi antioksidan juga dikaitkan dengan pencegahan beberapa jenis kanker. Vitamin C dan E, misalnya, berperan dalam menghambat pembentukan *nitrosamine* yang bersifat karsinogenik, sementara karotenoid seperti likopen dan β -karoten membantu memperkuat sistem imun dan menghambat pertumbuhan sel abnormal. Antioksidan juga mendukung fungsi kognitif dengan melindungi neuron dari kerusakan akibat stres oksidatif yang berhubungan dengan penyakit neurodegeneratif seperti Alzheimer dan Parkinson.

3.4.4 Implikasi Konsumsi Antioksidan dalam Gaya Hidup Modern

Dalam gaya hidup modern yang cenderung menghadirkan paparan tinggi terhadap polutan dan stres, kebutuhan tubuh akan asupan antioksidan meningkat. Oleh karena itu, pola makan seimbang dengan porsi besar buah dan sayuran berwarna, serta konsumsi rutin teh hijau atau madu alami, dapat membantu menjaga keseimbangan oksidatif tubuh.

Namun, konsumsi suplemen antioksidan dalam dosis tinggi perlu diwaspadai. Studi menunjukkan bahwa kelebihan antioksidan tertentu dapat mengganggu fungsi fisiologis alami tubuh, misalnya dengan menghambat proses sinyal oksidatif yang dibutuhkan untuk pertahanan imun. Oleh karena itu, pendekatan yang dianjurkan

adalah memperoleh antioksidan dari sumber alami yang kaya nutrisi dan mudah diserap tubuh.

Dengan demikian, antioksidan memiliki peran vital dalam menjaga kesehatan dan mencegah penyakit kronis. Pemahaman mengenai sumber, mekanisme kerja, serta efeknya terhadap tubuh menjadi dasar penting bagi pengembangan strategi diet preventif dan gaya hidup sehat berbasis zat gizi alami.

3.5 Latihan Soal

1. Jelaskan perbedaan antara vitamin larut lemak dan vitamin larut air beserta contohnya.
2. Sebutkan peran mineral kalsium, zat besi, dan yodium dalam tubuh manusia.
3. Apa fungsi utama antioksidan dan sebutkan sumber alaminya.
4. Mengapa kelebihan zat gizi mikro juga dapat membahayakan tubuh?
5. Sebutkan tiga strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan status gizi mikro masyarakat.

Bab 4: Pencernaan, Absorpsi, dan Metabolisme Zat Gizi: Mekanisme Fisiologis dan Faktor Pengaruh Modern

4.1 Sistem Pencernaan dan Proses Enzimatik

Sistem pencernaan merupakan rangkaian organ dan proses fisiologis yang berfungsi mengubah makanan kompleks menjadi zat gizi sederhana yang dapat diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh. Proses ini mencakup berbagai tahapan mekanis dan kimiawi yang terjadi secara berurutan di dalam organ-organ seperti mulut, lambung, usus halus, serta kelenjar pencernaan seperti pankreas, hati, dan kantung empedu. Tujuan utama dari sistem pencernaan adalah menyediakan zat gizi esensial, seperti glukosa, asam amino, asam lemak, vitamin, dan mineral, yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, perbaikan jaringan, serta produksi energi. Dalam konteks fisiologi farmasi, pemahaman tentang sistem pencernaan sangat penting karena banyak obat yang diberikan secara oral

mengalami proses yang serupa dengan zat gizi, yaitu melalui tahap pencernaan, absorpsi, dan metabolisme di saluran cerna.

Strategi pencernaan dari berbagai bahan gizi seperti karbohidrat, protein dan lemak berbeda. Karbohidrat dalam makanan dapat berupa campuran dari gula sederhana, oligosakarida dan karbohidrat kompleks. Beberapa yang mudah dicerna adalah pati terdiri dari amilosa yang memiliki rantai lurus dan amilopektin rantai bercabang bersama dengan sejumlah kecil glikogen dari jaringan hewan. Ada tipe pati yang resisten untuk dicerna di usus kecil tapi dicerna sempurna didalam usus besar (kolon) yang disebut sebagai pati resisten. Struktur kimia pati ini identik dengan pati yang lebih mudah dicerna, namun rantai polisakarida bersifat semi-kristal, sehingga ikatannya tidak dapat diakses oleh enzim pencernaan pati biasa. Karbohidrat lain yang kurang dapat dicerna disebut sebagai polisakarida non-pati atau lebih umum disebut serat makanan. Selulosa, salah satu komponen fraksi polisakarida non-pati, terdiri dari rantai panjang unit β -1,4 glukosil. Karbohidrat yang mudah dicerna merupakan bagian terbesar yang diabsorpsi di usus halus dalam bentuk monosakarida. Strategi dalam proses pencernaan adalah karbohidrat harus sudah dalam bentuk monosakarida pada saat di usus halus. Lemak yang dikonsumsi mayoritas dalam bentuk triasilgliserol bersama dengan sejumlah kecil kolesterol dan lemak lain seperti fosfolipid. Pencernaan dan penyerapan lemak mengharuskan lemak dibuat mudah diakses oleh enzim yang memecahnya untuk dapat dicerna. Hal ini dicapai melalui emulsifikasi—pembentukan tetesan mikroskopis—di mana rasio

luas permukaan, tempat enzim dapat bekerja, terhadap massa sangat besar. Oleh karena itu, dalam mempertimbangkan pencernaan dan penyerapan lemak, kita memperhatikan perubahan fisiko-kimia dan proses enzimatik. Protein di dalam makanan berada dalam berbagai bentuk yang membuat adanya sedikit perbedaan penanganannya dalam proses pencernaan. Protein dihidrolisis menjadi asam amino bebas dan dipeptida untuk diserap.

Tahap awal pencernaan dimulai di mulut, di mana makanan dihancurkan secara mekanis oleh gigi menjadi partikel-partikel kecil melalui proses pengunyahan (*mastication*). Selain itu, air liur yang dihasilkan oleh kelenjar saliva yang terletak di sepanjang garis rahang: parotis, submandibula, dan sublingual di buffer oleh kandungan ion bikarbonat dan fosfatnya, serta mengandung sejumlah enzim dan glikoprotein musin yang memberikan sifat pelumasnya. Enzim utama dalam air liur adalah *amilase saliva* (atau *ptialin*) yang mulai memecah karbohidrat kompleks seperti pati menjadi maltosa.. Proses ini menandai awal dari pencernaan enzimatik. Setelah ditelan, makanan memasuki lambung melalui kerongkongan, di mana terjadi pencernaan kimiawi lanjutan. Lambung menghasilkan asam klorida (HCl). Lingkungan asam di lambung akan menghentikan kerja enzim amilase saliva. Namun, aktivitas kontraksi lambung yang lebih besar di dekat pilorus, dan setelah makan banyak, bolus makanan yang datang dari kerongkongan mungkin tetap tidak terganggu, dan amilase saliva terus bekerja hingga selama satu jam di bagian atas lambung. Diperkirakan hingga 50% pati makanan (tetapi biasanya kurang) dapat dicerna pada saat makanan meninggalkan lambung.

Dalam lingkungan asam sebagian besar protein akan terdenaturasi, dimana struktur kuartener, tersier, dan sekundernya hilang. Hal ini membuat rantai peptida lebih mudah diakses oleh enzim proteolitik, yang memutus ikatan peptida yang menghubungkan antar asam amino. Enzim proteolitik yang diproduksi oleh sel induk atau zimogenik antara lain adalah pepsin. Enzim dilepaskan sebagai pepsinogen yang tidak aktif seperti pada semua enzim proteolitik ekstraseluler. Enzim ini diaktifkan oleh proses hidrolisis ikatan peptida tunggal yang dikatalisis oleh ion hidrogen, Pepsin memiliki pH optimum yang sangat asam, sekitar 2. Pepsin terutama bekerja pada ikatan peptida di tengah rantai peptida, hingga sisi terminal asam amino aromatik. Dengan demikian, protein dipecah menjadi rantai yang lebih pendek. Lingkungan asam di lambung tidak hanya mengaktifkan pepsinogen yang dihasilkan oleh pankreas menjadi pepsin, tetapi juga berperan dalam membunuh mikroorganisme yang masuk bersama makanan.

Dari lambung, makanan setengah cair yang disebut *kimus* bergerak menuju usus halus, yang merupakan pusat utama pencernaan dan absorpsi zat gizi. Di bagian duodenum (usus dua belas jari), cairan pankreas dan empedu yang dihasilkan oleh hati memainkan peran krusial. Cairan pankreas mengandung berbagai enzim penting, antara lain *amilase pankreas* untuk melanjutkan pemecahan karbohidrat, *lipase* untuk memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol, serta *protease* seperti tripsin dan kimotripsin yang menyempurnakan pencernaan protein menjadi peptida kecil dan asam amino bebas. Bersamaan dengan itu empedu, garam empedu berupa asam kolat, glikokolat yang disekresikan dari hati dan disimpan di kantung empedu membantu proses emulsifikasi

lemak, yakni pemecahan lemak menjadi butiran kecil agar lebih mudah dicerna oleh lipase (Guyton & Hall, 2021).

Setelah proses pencernaan selesai, zat gizi yang telah dipecah akan diserap oleh dinding usus halus melalui permukaan mukosa yang memiliki struktur mikroskopis berupa vili dan mikrovili. Struktur ini memperluas area permukaan penyerapan sehingga efisiensinya meningkat secara signifikan. Karbohidrat diserap dalam bentuk monosakarida seperti glukosa, galaktosa dan fruktosa, protein dalam bentuk asam amino, sedangkan lemak diserap sebagai kilomikron suatu bentuk senyawa misel. Proses absorpsi ini bersifat selektif dan diatur oleh berbagai mekanisme transport, seperti difusi pasif, difusi terfasilitasi, dan transport aktif, bergantung pada sifat kimiawi zat yang diserap.

Selain fungsi pencernaan dan penyerapan zat gizi, sistem pencernaan juga berperan dalam metabolisme obat. Banyak obat yang diberikan secara oral harus melewati saluran pencernaan, sehingga interaksi antara enzim pencernaan dan senyawa farmasi dapat memengaruhi efektivitas terapeutik. Misalnya, enzim esterase dalam usus dapat menghidrolisis obat ester menjadi bentuk aktif, sedangkan kondisi pH lambung dapat menguraikan obat yang tidak stabil dalam lingkungan asam. Oleh karena itu, pemahaman tentang sistem pencernaan sangat penting dalam perancangan formulasi obat agar bioavailabilitasnya optimal.

Peran enzim dalam sistem pencernaan tidak terbatas pada pemecahan zat gizi, tetapi juga mencerminkan kompleksitas sistem biologis yang diatur secara presisi. Setiap enzim bekerja secara

spesifik terhadap substrat tertentu, mengikuti prinsip “*lock and key*” di mana hanya substrat dengan struktur kimia yang sesuai dapat berinteraksi dengan situs aktif enzim. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, pH, serta konsentrasi substrat dan produk. Ketidakseimbangan aktivitas enzim dapat menyebabkan gangguan pencernaan, seperti intoleransi laktosa akibat defisiensi enzim laktase atau gangguan penyerapan lemak karena kekurangan empedu.

Dengan demikian, sistem pencernaan merupakan sistem biologis kompleks yang melibatkan koordinasi antara organ, enzim, dan faktor kimia untuk memastikan proses pencernaan dan penyerapan berlangsung secara efisien. Pemahaman tentang mekanisme enzimatik dalam sistem pencernaan tidak hanya penting dalam bidang kedokteran dan gizi, tetapi juga dalam farmasi, terutama dalam merancang sediaan obat oral yang efektif. Kombinasi antara ilmu fisiologi, biokimia, dan kimia farmasi memungkinkan pengembangan formulasi obat yang mampu beradaptasi dengan lingkungan pencernaan, memastikan stabilitas senyawa aktif, serta memaksimalkan penyerapan di saluran cerna.

4.2 Mekanisme Absorpsi Zat Gizi Makro dan Mikro

4.2.1 Konsep Umum dan Lokasi Absorpsi

Absorpsi zat gizi merupakan proses penting dalam sistem pencernaan yang memungkinkan tubuh memperoleh energi dan

bahan pembangun dari makanan. Proses ini terutama berlangsung di **usus halus**, khususnya di bagian duodenum, jejunum, dan ileum, dengan melibatkan berbagai mekanisme seperti **difusi pasif**, **transport aktif**, dan **endositosis**. Permukaan mukosa usus yang luas karena adanya vili dan mikrovili memungkinkan penyerapan zat gizi berlangsung secara efisien.

Mekanisme absorpsi sangat dipengaruhi oleh sifat fisikokimia zat gizi, meliputi ukuran molekul, kelarutan dalam air atau lemak, serta muatan listriknya. Zat gizi yang larut dalam air, seperti glukosa dan asam amino, umumnya diserap melalui transport aktif atau difusi terfasilitasi, sedangkan zat gizi yang larut dalam lemak seperti asam lemak dan vitamin lipofilik (A, D, E, K) diserap melalui mekanisme emulsifikasi dan pembentukan misel (Guyton & Hall, 2021).

4.2.2 Mekanisme Absorpsi Zat Gizi Makro

Karbohidrat diserap terutama dalam bentuk **monosakarida** seperti glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Sebelum diserap, karbohidrat kompleks mengalami hidrolisis oleh enzim amilase pankreas dan disakaridase di permukaan sel epitel usus. Glukosa dan galaktosa diserap melalui **transport aktif sekunder** yang bergantung pada gradien natrium (Na^+) melalui *sodium-glucose co-transporter 1 (SGLT1)*, sedangkan fruktosa diserap melalui **difusi terfasilitasi** menggunakan *GLUT5 transporter*. Setelah penyerapan, semua monosakarida masuk ke dalam sirkulasi portal menuju hati (Hall, 2021).

Protein mengalami degradasi enzimatis menjadi **asam amino bebas, dipeptida, dan tripeptida** sebelum diserap. Asam amino sebagian besar diangkut secara aktif oleh pembawa ikatan natrium (**transport aktif**) yang membutuhkan energi untuk dapat memompa ion natrium keluar dan mempertahankan gradien konsentrasinya, kemudian asam amino memasuki sel epitel dan akhirnya kapiler mukosa usus. Namun, selama perjalanannya melalui sel usus, asam amino tidak luput dari beberapa proses metabolisme. Beberapa asam amino dioksidasi dengan sangat efektif untuk menyediakan energi bagi sel usus, khususnya glutamin, glutamat, dan aspartat yang diambil dari darah yang mengalir melalui dinding usus dan dioksidasi.

Dipeptida dan tripeptida dapat diserap langsung melalui *peptide transporter I (PepTI)* dan *peptide transporter II (PepTII)*, kemudian dihidrolisis lebih lanjut menjadi asam amino di dalam enterosit. Protein hasil pencernaan ini kemudian masuk ke vena porta hepatica untuk didistribusikan ke jaringan. Penyerapan peptida secara kuantitatif lebih aktif daripada penyerapan asam amino bebas. Transpornya terikat ion hidrogen, sehingga menurunkan gradien ion hidrogen (atau naik gradien pH).

Sementara itu, **lemak** dicerna menjadi **asam lemak bebas, monogliserida, dan gliserol** oleh enzim lipase pankreas. Asam lemak rantai panjang diserap melalui pembentukan *misel* dengan bantuan garam empedu, lalu berdifusi ke dalam enterosit. Di dalam sel, asam lemak dan monoasil gliserol direesterifikasi menjadi trigliserida baru dan dikemas dalam bentuk *kilomikron* sebelum

dilepaskan ke sistem limfatik. Sebaliknya, asam lemak rantai pendek dapat langsung berdifusi ke dalam kapiler darah tanpa melalui sistem limfa (Gropper & Smith, 2021).

4.2.3 Mekanisme Absorpsi Zat Gizi Mikro

Zat gizi mikro, seperti vitamin dan mineral, memiliki mekanisme absorpsi yang lebih spesifik dan sering kali bergantung pada kondisi fisiologis tubuh.

1. **Vitamin** dibagi menjadi dua kelompok: larut air dan larut lemak. Vitamin larut air (seperti vitamin C dan vitamin B kompleks) diserap melalui difusi terfasilitasi atau transport aktif. Misalnya, **vitamin B12 (kobalamin)** memerlukan **faktor intrinsik** yang diproduksi oleh lambung untuk membentuk kompleks yang dapat dikenali oleh reseptor di ileum terminal. Vitamin larut lemak diserap bersamaan dengan lemak melalui pembentukan *misel*, sehingga ketersediaannya sangat bergantung pada keberadaan empedu.
2. **Mineral** diserap melalui berbagai mekanisme tergantung pada bentuk kimia dan kebutuhan tubuh. **Zat besi (Fe)**, misalnya, lebih mudah diserap dalam bentuk **ferrous (Fe²⁺)** dibanding **ferric (Fe³⁺)**. Proses ini difasilitasi oleh *divalent metal transporter 1 (DMT1)* di membran apikal enterosit. Selain itu, penyerapan zat besi dapat ditingkatkan oleh asam askorbat (vitamin C) dan menurun oleh senyawa penghambat seperti fitat dan tanin.

Mineral lain seperti kalsium diserap melalui dua mekanisme, yaitu **difusi pasif** pada kadar tinggi dan **transport aktif yang**

dimediasi oleh vitamin D pada kadar rendah. Magnesium, seng, dan tembaga juga memanfaatkan mekanisme transport aktif dengan regulasi ketat sesuai kebutuhan tubuh (Gropper & Smith, 2021).

4.2.4 Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Absorpsi

Efisiensi penyerapan zat gizi dipengaruhi oleh berbagai **faktor fisiologis dan biokimia**, di antaranya:

- 1. pH saluran cerna** – pH memengaruhi kelarutan dan ionisasi zat gizi; misalnya, pH asam mendukung konversi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} yang lebih mudah diserap.
- 2. Integritas mukosa usus** – kerusakan pada vili akibat penyakit seperti *celiac disease* dapat menurunkan luas permukaan absorpsi.
- 3. Ketersediaan enzim dan garam empedu** – sangat penting bagi pencernaan dan penyerapan lemak.
- 4. Interaksi antar zat gizi** – beberapa zat gizi dapat bersaing pada jalur absorpsi yang sama, seperti antara kalsium dan seng.
- 5. Status nutrisi individu** – kekurangan atau kelebihan zat gizi tertentu dapat mengubah ekspresi transporter spesifik di usus.

Pemahaman mendalam terhadap mekanisme absorpsi ini menjadi dasar bagi pengembangan strategi nutrisi dan terapi farmasi yang bertujuan meningkatkan bioavailabilitas zat gizi, baik melalui fortifikasi, penggunaan pembawa (*carriers*), maupun rekayasa formulasi yang memaksimalkan penyerapan di saluran cerna.

4.3 Metabolisme Energi dan Regulasi Hormon

4.3.1 Pengantar Metabolisme Energi

Semua sel hidup membutuhkan energi untuk melakukan berbagai aktivitas seluler. energi ini disimpan dalam ikatan kimia molekul organik berupa zat gizi karbohidrat, lemak, protein yang kita makan sebagai makanan.. Metabolisme merupakan reaksi dalam sel yang dikatalisis oleh enzim. Metabolisme merupakan suatu proses yang sangat terintegrasi dan terkoordinasi. Proses transduksi energi dilakukan oleh jaringan terintegrasi /terpadu sangat baik dari reaksi kimia yang disebut metabolisme. Metabolisme energi merupakan rangkaian proses biokimia yang mengubah zat gizi menjadi energi kimia melalui proses enzimatik yang digunakan oleh sel untuk menjalankan berbagai fungsi fisiologis. Energi yang dihasilkan umumnya disimpan dalam bentuk *adenosine triphosphate* (ATP), yang menjadi sumber energi utama untuk kontraksi otot, sintesis biomolekul, dan transmisi sinyal seluler (Berg, Tymoczko, & Gatto, 2019).

Terdapat tiga jalur utama dalam metabolisme energi, yaitu **glikolisis, siklus Krebs (siklus asam sitrat), dan rantai transpor elektron**. Proses ini saling terhubung dalam menghasilkan ATP secara efisien dari sumber energi utama seperti glukosa, asam lemak, dan asam amino. Pengaturan metabolisme ini diatur secara ketat oleh sistem hormonal untuk menjaga keseimbangan energi dalam tubuh (*homeostasis energetik*).

4.3.2 Jalur Utama dalam Metabolisme Energi

1. Glikolisis

Glikolisis merupakan tahap pertama dalam metabolisme glukosa yang berlangsung di sitoplasma. Dalam proses ini, satu molekul glukosa dipecah menjadi dua molekul piruvat, menghasilkan dua molekul ATP dan dua NADH. Jalur ini dapat berlangsung baik dalam kondisi aerob maupun anaerob. Pada kondisi tanpa oksigen, piruvat diubah menjadi laktat melalui fermentasi, sedangkan pada kondisi aerob, piruvat akan masuk ke mitokondria untuk dioksidasi lebih lanjut dalam siklus Krebs. Selain glukosa ada manosa sakarida yang lain yaitu Fruktosa dan galaktosa yang akan masuk dalam jalur glikolisis untuk menghasilkan asam piruvat. Hidrolisis sukrosa (gula pasir) akan menghasilkan glukosa dan fruktosa, dan hidrolisis laktosa (gula pada susu) memberikan glukosa dan galaktosa. Fruktosa juga banyak terdapat pada bahan makanan (misalnya madu). Banyak fruktosa dimetabolisme di hati, menggunakan jalur fruktosa 1 fosfat untuk masuk kedalam jalur glikolisis, sedangkan galaktosa juga masuk siklus glikolisis melalui jalur glukosa 6 fosfat.

2. Siklus Krebs

Siklus Krebs terjadi di matriks mitokondria dan merupakan pusat dari metabolisme energi. Piruvat yang dihasilkan dari glikolisis dikonversi menjadi asetil-KoA, yang kemudian mengalami serangkaian reaksi oksidatif menghasilkan NADH, FADH₂, dan GTP (atau ATP). Produk NADH dan FADH₂ ini menjadi pembawa elektron untuk tahap berikutnya, yaitu rantai transpor

elektron. Siklus asam sitrat ini tidak hanya terpusat sebagai jalur utama degradasi senyawa untuk pembentukan ATP, tetapi juga berperan sebagai jalur anaplerotik yang menyediakan prekursor bagi biosintesis asam amino non esensial (seperti glutamat aspartat), asam lemak, dan nukleotida.

3. Rantai Transpor Elektron (RTE)

RTE berlangsung di membran dalam mitokondria, di mana elektron dari NADH dan FADH₂ ditransfer melalui kompleks enzimatik menuju oksigen sebagai akseptor akhir elektron. Proses ini menghasilkan gradien proton yang digunakan oleh enzim *ATP synthase* untuk mensintesis ATP. Secara keseluruhan, oksidasi penuh satu molekul glukosa dapat menghasilkan sekitar 30–32 molekul ATP (Nelson & Cox, 2021).

4.3.3 Peran Hormon dalam Regulasi Metabolisme Energi

Regulasi metabolisme energi dikendalikan oleh hormon yang bertugas menjaga keseimbangan antara penyimpanan dan penggunaan energi sesuai dengan kondisi fisiologis tubuh. Tiga hormon utama yang berperan dalam regulasi ini adalah **insulin**, **glukagon**, dan **kortisol**.

1. Insulin

Insulin disekresikan oleh sel β pankreas sebagai respons terhadap peningkatan kadar glukosa darah setelah makan. Hormon ini berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah dengan merangsang pengambilan glukosa oleh jaringan otot dan adiposa serta mengubah glukosa menjadi glikogen di hati (*glikogenesis*).

Selain itu, insulin juga menghambat proses pemecahan lemak (*lipolisis*) dan glikogen (*glikogenolisis*). Dengan demikian, insulin berperan sebagai hormon anabolik yang mendorong penyimpanan energi dalam bentuk glikogen dan trigliserida.

2. Glukagon

Glukagon disekresikan oleh sel α pankreas ketika kadar glukosa darah menurun, misalnya saat berpuasa atau beraktivitas fisik. Fungsinya berlawanan dengan insulin, yakni meningkatkan kadar glukosa darah melalui aktivasi glikogenolisis (pemecahan glikogen menjadi glukosa) dan glukoneogenesis (pembentukan glukosa baru dari prekursor non-karbohidrat seperti asam amino dan gliserol). Dengan demikian, glukagon bersifat katabolik karena mendukung pelepasan energi untuk memenuhi kebutuhan tubuh.

3. Kortisol dan Hormon Lainnya

Kortisol, yang disekresikan oleh kelenjar adrenal, berperan dalam mengatur metabolisme energi selama stres jangka panjang. Hormon ini meningkatkan glukoneogenesis di hati, menghambat penggunaan glukosa oleh jaringan perifer, dan mempercepat pemecahan protein otot untuk menghasilkan asam amino sebagai bahan baku energi. Selain kortisol, hormon lain seperti adrenalin dan tiroksin juga berperan dalam meningkatkan laju metabolisme dan pelepasan energi selama aktivitas intensif.

4.3.4 Keseimbangan Dinamis dalam Regulasi Energi

Regulasi metabolisme energi bersifat **dinamis**, artinya tubuh secara konstan menyesuaikan antara penyimpanan dan penggunaan

energi sesuai kondisi aktivitas, asupan nutrisi, dan status fisiologis. Dalam kondisi kenyang (*postprandial state*), insulin mendominasi untuk menyimpan energi. Sebaliknya, dalam kondisi puasa (*fasting state*), glukagon dan kortisol bekerja untuk melepaskan energi dari simpanan.

Keseimbangan antara kerja insulin dan glukagon dikenal sebagai **homeostasis glukosa**. Gangguan pada mekanisme ini dapat menyebabkan kelainan metabolik seperti diabetes melitus tipe 1 dan 2, di mana regulasi kadar glukosa darah menjadi tidak efektif. Oleh karena itu, pemahaman terhadap interaksi hormonal ini penting dalam perancangan terapi farmakologis untuk gangguan metabolik dan endokrin.

4.3.5 Integrasi Metabolisme dan Implikasi Farmakologis

Integrasi metabolisme energi tidak hanya terjadi antar jalur kimia, tetapi juga melibatkan koordinasi sistemik antar organ seperti hati, otot, jaringan adiposa, dan otak. Hati berfungsi sebagai pusat pengaturan utama yang menentukan apakah energi akan disimpan atau dilepaskan. Dalam konteks farmasi, pemahaman ini penting untuk mengembangkan obat yang dapat memodulasi aktivitas enzim atau reseptor hormonal guna memperbaiki keseimbangan metabolik.

Contohnya, obat golongan *biguanide* seperti metformin bekerja dengan meningkatkan sensitivitas insulin dan menghambat glukoneogenesis di hati, sehingga menurunkan kadar glukosa darah. Pengetahuan biokimia tentang mekanisme kerja hormon dan jalur metabolik menjadi dasar ilmiah bagi pengembangan terapi yang lebih selektif dan aman bagi pasien.

4.4 Faktor Modern yang Mempengaruhi Pencernaan dan Metabolisme

Faktor-faktor modern yang berkaitan dengan perubahan gaya hidup, pola konsumsi, dan kondisi lingkungan memiliki dampak yang signifikan terhadap fungsi pencernaan serta metabolisme tubuh. Sistem pencernaan yang sehat bergantung pada keseimbangan mikrobiota usus, ritme sirkadian yang stabil, serta pola makan yang sesuai dengan kebutuhan fisiologis. Ada triliunan (10^{14}) mikroorganisme hidup di usus manusia, dengan lebih dari 500 spesies bakteri ada di usus besar manusia membentuk mikrobioma usus harus ada dalam keseimbangan komposisinya. Mikrobiota usus antara lain adalah bakteri *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* dan *Acidophilus* merupakan mayoritas bakteri sehat di usus besar yang membantu pencernaan dengan memecah serat dan menghasilkan vitamin (seperti vitamin K, B12, tiamin, dan riboflavin, ada bersama dengan lainnya bakteri penghasil penyakit seperti *Shigella* dan *Campylobacter* yang dapat menyebabkan infeksi usus (disentri). Perubahan perilaku masyarakat di era modern—seperti peningkatan konsumsi makanan olahan, stres kronis, kurang tidur, dan paparan polusi—telah menimbulkan disrupsi terhadap sistem ini. Gangguan tersebut dapat menyebabkan ketidakseimbangan mikrobiota (*dysbiosis*), inflamasi sistemik, serta gangguan metabolik seperti obesitas dan diabetes tipe 2 (Zmora et al., 2019).

4.4.1 Pengaruh Pola Makan Modern terhadap Sistem Pencernaan

4.4.1.1 Konsumsi Makanan Ultra-Proses

Konsumsi makanan ultra-proses, seperti *fast food*, minuman bergula, dan produk tinggi lemak trans, menjadi salah satu penyebab utama terganggunya fungsi pencernaan dan metabolisme. Kandungan tinggi gula sederhana dan rendah serat pada makanan tersebut menurunkan keragaman mikrobiota usus, yang berdampak pada penurunan produksi asam lemak rantai pendek (*short-chain fatty acids/SCFA*), merupakan produk yang dihasilkan dari proses fermentasi oleh bakteri kolon. Asam lemak rantai pendek ini (asam butirat, asetat, propionik, dan valerat) memiliki sifat kesehatan yang signifikan, dimana dapat menstabilkan kadar gula darah setelah makan dan bekerja pada pelepasan insulin pankreas (membantu mengontrol diabetes) dan kadar lipid (menekan sintesis kolesterol oleh hati), memperbaiki lingkungan kolon (meningkatkan tingkat keasaman di usus besar), dan mengatur respons imun

SCFA berfungsi penting dalam menjaga integritas mukosa usus, mengatur metabolisme glukosa, dan menekan inflamasi. Kekurangan konsumsi makanan berserat dan antioksidan juga berkontribusi terhadap stres oksidatif dan kerusakan sel epitel intestinal (Monteiro et al., 2019).

4.4.1.2 Ketidakseimbangan Makronutrien dan Asupan Energi

Asupan kalori berlebih yang tidak seimbang dengan pengeluaran energi menyebabkan peningkatan akumulasi lemak dan resistensi insulin. Diet tinggi lemak jenuh dapat mengubah

komposisi mikrobiota usus dengan meningkatkan bakteri proinflamasi seperti *Firmicutes* dan menurunkan *Bacteroidetes*. Ketidakseimbangan ini menginduksi peradangan kronis tingkat rendah yang berhubungan erat dengan perkembangan sindrom metabolik.

4.4.2 Dampak Stres, Pola Tidur, dan Ritme Sirkadian

4.4.2.1 Pengaruh Stres terhadap Fungsi Gastrointestinal

Stres psikologis kronis memengaruhi fungsi pencernaan melalui sumbu *gut-brain axis*, yaitu interaksi dua arah antara sistem saraf pusat dan saluran cerna. Aktivasi berlebihan hormon stres seperti kortisol dapat menurunkan sekresi asam lambung dan enzim pencernaan, memperlambat motilitas usus, serta meningkatkan permeabilitas mukosa usus (*leaky gut*). Kondisi ini memudahkan endotoksin berpindah ke sirkulasi darah, memicu inflamasi, dan mengganggu metabolisme energi (Foster et al., 2017).

4.4.2.2 Pola Tidur dan Disrupsi Ritme Sirkadian

Gangguan tidur yang kronis dapat mengacaukan ritme sirkadian, yang berperan dalam mengatur sekresi hormon pencernaan dan aktivitas enzim metabolik. Penurunan durasi tidur dikaitkan dengan resistensi insulin, peningkatan ghrelin (hormon lapar), dan penurunan leptin (hormon kenyang). Akibatnya, individu cenderung mengalami peningkatan nafsu makan dan penumpukan lemak. Ritme sirkadian yang tidak teratur juga berdampak pada metabolisme hati dan proses detoksifikasi.

4.4.3 Pengaruh Polusi Lingkungan dan Penggunaan Obat

4.4.3.1 Paparan Polutan terhadap Mikrobiota Usus

Polutan udara seperti partikel halus (*PM2.5*), logam berat, dan bahan kimia pestisida dapat memengaruhi komposisi mikrobiota usus serta meningkatkan stres oksidatif dalam jaringan pencernaan. Paparan kronis terhadap polutan terbukti menurunkan jumlah bakteri menguntungkan seperti *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*, yang berperan dalam menjaga fungsi imun dan metabolik tubuh. Penurunan diversitas mikroba ini dapat memperburuk risiko gangguan metabolisme serta inflamasi kronis (Zmora et al., 2019).

4.4.3.2 Dampak Penggunaan Antibiotik dan Antasida

Penggunaan antibiotik yang berlebihan dapat menyebabkan *dysbiosis* dengan membunuh mikrobiota baik di usus. Kondisi ini menurunkan kapasitas fermentasi serat dan produksi SCFA, yang berakibat pada gangguan absorpsi zat gizi dan peningkatan risiko infeksi oportunistik. Sementara itu, penggunaan antasida dalam jangka panjang mengubah pH lambung dan menurunkan efektivitas enzim pencernaan, sehingga mengganggu proses degradasi protein dan mineralisasi nutrisi penting seperti zat besi dan kalsium.

4.4.4 Implikasi Klinis dan Pendekatan Pencegahan

Perubahan gaya hidup modern menuntut strategi pencegahan berbasis gizi dan perilaku yang komprehensif. Intervensi diet yang menekankan konsumsi makanan alami, tinggi serat, serta kaya polifenol terbukti membantu memulihkan keseimbangan mikrobiota usus dan memperbaiki metabolisme. Selain itu, manajemen stres, pola tidur yang cukup, dan pembatasan penggunaan antibiotik

menjadi bagian penting dalam menjaga kesehatan sistem pencernaan. Pendekatan gizi presisi dan penggunaan *probiotics* serta *prebiotics* juga mulai dikembangkan untuk mengoptimalkan fungsi pencernaan dan mencegah penyakit metabolik kronis (Foster et al., 2017).

4.5 Latihan Soal

1. Jelaskan fungsi utama enzim amilase, lipase, dan protease dalam pencernaan makanan!
2. Bagaimana proses absorpsi zat besi terjadi di usus halus?
3. Jelaskan hubungan antara insulin dan glukagon dalam regulasi metabolisme energi!
4. Apa dampak disbiosis mikrobiota usus terhadap kesehatan metabolik?
5. Sebutkan faktor-faktor modern yang dapat mengganggu proses pencernaan!

Bab 5: Penilaian Status Gizi: Metode Antropometri, Biokimia, Klinis, dan Implikasinya pada Kesehatan Holistik

5.1 Pengertian Penilaian Status Gizi

Penilaian status gizi merupakan langkah penting dalam upaya menjaga dan meningkatkan kesehatan individu maupun populasi secara menyeluruh. Proses ini dilakukan secara sistematis dengan menggunakan pendekatan multidimensional yang mencakup indikator antropometri, biokimia, klinis, dan dietetik untuk memperoleh gambaran utuh tentang kondisi gizi seseorang. Tujuan utama dari penilaian status gizi adalah untuk mendeteksi sedini mungkin adanya risiko malnutrisi—baik dalam bentuk kekurangan maupun kelebihan gizi—serta menyediakan dasar ilmiah bagi perancangan intervensi yang efektif dan terarah. Dengan demikian, penilaian ini tidak hanya berfungsi sebagai alat diagnosis, tetapi juga sebagai instrumen perencanaan kebijakan gizi yang berbasis bukti.

Komponen antropometri, seperti pengukuran berat badan, tinggi badan, lingkar lengan atas, dan indeks massa tubuh, menjadi metode yang paling umum digunakan karena bersifat praktis dan mudah diterapkan di berbagai tingkat pelayanan kesehatan. Di sisi lain, pemeriksaan biokimia, seperti kadar hemoglobin, albumin, atau kadar vitamin dan mineral tertentu, memberikan informasi yang lebih spesifik mengenai status zat gizi dalam tubuh. Evaluasi klinis berfokus pada tanda-tanda fisik defisiensi atau kelebihan zat gizi, sedangkan survei dietetik digunakan untuk mengkaji pola konsumsi makanan harian seseorang. Pendekatan holistik dalam penilaian status gizi juga mempertimbangkan faktor sosial, ekonomi, dan budaya yang memengaruhi akses dan pilihan pangan, serta gaya hidup yang berkontribusi terhadap kebiasaan makan dan aktivitas fisik (Lee et al., 2019).

Pentingnya penilaian status gizi semakin menonjol dalam era transisi epidemiologi, di mana beban penyakit gizi tidak lagi hanya terkait dengan kekurangan, tetapi juga kelebihan gizi seperti obesitas dan penyakit metabolik. Dalam konteks ini, strategi penilaian harus mampu mengidentifikasi spektrum masalah gizi secara tepat guna mengarahkan program intervensi yang relevan. Penelitian menunjukkan bahwa penilaian status gizi yang dilakukan secara berkala dapat membantu mencegah komplikasi jangka panjang serta memperbaiki kualitas hidup individu yang berisiko (Shetty, 2020). Oleh karena itu, penilaian status gizi bukan sekadar proses pengumpulan data, tetapi merupakan komponen vital dalam sistem

pelayanan kesehatan masyarakat yang responsif, adaptif, dan berorientasi pada pencegahan.

5.2 Metode Antropometri

5.2.1 Definisi dan Ruang Lingkup Pengukuran

Metode antropometri merupakan pendekatan paling luas digunakan dalam penilaian status gizi, karena bersifat non-invasif, praktis, dan dapat diterapkan pada berbagai kelompok usia. Pengukuran ini mencakup parameter dasar seperti berat badan, tinggi badan, lingkar lengan atas (LLA), serta *body mass index* (*BMI*) atau indeks massa tubuh. Data yang dihasilkan dari pengukuran antropometri mencerminkan keseimbangan antara asupan zat gizi dengan kebutuhan dan pengeluaran energi tubuh (de Onis & Branca, 2016).

Metode ini sangat berguna dalam mendeteksi masalah gizi baik dalam bentuk kekurangan maupun kelebihan, serta sebagai indikator risiko kesehatan terkait, seperti stunting, wasting, dan obesitas.

5.2.2 Aplikasi pada Kelompok Rentan

Dalam praktik kesehatan masyarakat, metode antropometri berperan penting dalam pemantauan status gizi kelompok rentan seperti balita, ibu hamil, dan lansia. Pada anak-anak, misalnya, indikator seperti berat badan menurut umur (BB/U), tinggi badan menurut umur (TB/U), dan berat badan menurut tinggi badan (BB/TB) menjadi rujukan utama dalam penentuan status gizi.

Pengukuran pada ibu hamil, seperti kenaikan berat badan selama kehamilan dan lingkaran lengan atas, membantu mengidentifikasi risiko kehamilan bermasalah akibat gizi kurang atau lebih. Hal ini menjadi landasan intervensi dini yang bersifat preventif dan kuratif dalam sistem layanan kesehatan primer (Tang et al., 2020).

5.2.3 Peran dalam Kebijakan Kesehatan Publik

Data antropometri digunakan secara luas sebagai dasar dalam penyusunan kebijakan gizi nasional maupun lokal. Misalnya, prevalensi stunting atau obesitas yang diperoleh dari survei antropometri menjadi indikator penting dalam pemantauan kinerja program intervensi gizi. Selain itu, data ini juga dipakai dalam sistem peringatan dini krisis pangan atau gizi.

Pengumpulan dan analisis data antropometri secara berkala sangat penting untuk menilai tren status gizi populasi, mengevaluasi efektivitas program, serta merumuskan strategi promosi dan pencegahan gizi buruk di tingkat komunitas.

5.3 Metode Biokimia dan Klinis

5.3.1 Metode Biokimia dalam Evaluasi Status Gizi

Metode biokimia digunakan untuk menilai status gizi melalui analisis laboratorium terhadap sampel biologis seperti darah, urin, atau jaringan tubuh. Pemeriksaan ini mencakup pengukuran kadar zat gizi penting, antara lain hemoglobin untuk mendeteksi anemia, glukosa darah untuk memantau risiko diabetes, serta kadar kolesterol

dan vitamin untuk mengevaluasi fungsi metabolik. Metode ini memberikan data objektif yang sangat berguna dalam mendeteksi defisiensi atau kelebihan gizi secara kuantitatif dan akurat (Bailey et al., 2015). Selain itu, hasil analisis biokimia memungkinkan pemantauan efektivitas intervensi nutrisi secara longitudinal.

5.3.2 Metode Klinis untuk Identifikasi Tanda Fisik

Sebagai pelengkap metode biokimia, pendekatan klinis dilakukan melalui pemeriksaan fisik yang bertujuan untuk mengidentifikasi gejala atau tanda yang berkaitan dengan status gizi. Beberapa indikator yang umum dievaluasi meliputi kondisi kulit (kering, bersisik), rambut (rapuh atau perubahan warna), mukosa mulut (pucat atau ulserasi), serta adanya edema. Metode ini bersifat non-invasif dan dapat dilakukan di berbagai tingkat fasilitas kesehatan, termasuk di lapangan. Walaupun bersifat subjektif, pemeriksaan klinis tetap penting dalam skrining awal gangguan gizi dan sering menjadi dasar rujukan untuk pemeriksaan biokimia lebih lanjut (Becker et al., 2020).

5.3.3 Integrasi Metode untuk Diagnosis Komprehensif

Kombinasi antara metode biokimia dan klinis memberikan pendekatan diagnostik yang lebih komprehensif dalam menilai status gizi individu maupun populasi. Metode klinis mampu memberikan indikasi awal yang dapat segera ditindaklanjuti dengan analisis biokimia untuk konfirmasi. Sinergi antara keduanya mendukung deteksi dini gangguan gizi serta perencanaan intervensi yang lebih tepat sasaran. Dalam konteks pelayanan kesehatan

masyarakat, integrasi kedua metode ini juga berkontribusi terhadap penyusunan kebijakan gizi berbasis data yang akurat dan relevan.

5.4 Implikasi Penilaian Gizi terhadap Kesehatan Holistik

5.4.1 Penilaian Gizi sebagai Fondasi Pendekatan Holistik

Penilaian status gizi yang menyeluruh merupakan komponen esensial dalam penerapan prinsip kesehatan holistik. Kesehatan tidak hanya diartikan sebagai bebas dari penyakit, tetapi mencakup keseimbangan fisik, mental, dan sosial. Melalui evaluasi status gizi, tenaga kesehatan memperoleh gambaran objektif mengenai kondisi tubuh pasien, termasuk risiko malnutrisi atau penyakit metabolik. Hasil penilaian ini menjadi dasar dalam menyusun rencana intervensi yang tidak hanya bersifat kuratif, tetapi juga promotif dan preventif, sesuai dengan kebutuhan individu secara menyeluruh (Amarya, Singh, & Sabharwal, 2015).

5.4.2 Integrasi Gaya Hidup dan Pola Makan dalam Strategi Kesehatan

Selain menjadi dasar intervensi medis, hasil penilaian gizi juga diarahkan untuk merancang perubahan gaya hidup dan pola makan yang lebih sehat. Edukasi mengenai kebiasaan makan, pengaturan aktivitas fisik, serta manajemen stres menjadi bagian dari pendekatan multidimensional dalam meningkatkan kualitas hidup. Dengan memahami kondisi gizi individu, tenaga kesehatan dapat menyusun strategi personalisasi yang relevan, sehingga lebih mudah

diterapkan oleh pasien dalam kehidupan sehari-hari. Intervensi ini berkontribusi terhadap penguatan kapasitas individu dalam menjaga kesehatan secara mandiri dan berkelanjutan.

5.4.3 Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Monitoring Gizi

Kemajuan teknologi digital turut memperkuat efektivitas penilaian gizi dan penerapannya dalam konteks kesehatan holistik. Aplikasi pemantauan gizi, *wearable devices*, dan kecerdasan buatan memungkinkan pelacakan asupan nutrisi, aktivitas harian, serta komposisi tubuh secara real-time. Teknologi ini juga mendukung analisis data secara prediktif dan adaptif, sehingga intervensi gizi dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik setiap individu. Inovasi digital semacam ini berpotensi besar dalam memperluas akses layanan kesehatan yang berbasis data dan memberdayakan masyarakat dalam pengambilan keputusan kesehatan (Schulz et al., 2020).

5.5 Latihan Soal

1. Jelaskan perbedaan antara metode antropometri dan biokimia dalam penilaian status gizi!
2. Sebutkan indikator utama yang digunakan dalam metode antropometri dan fungsinya masing-masing!
3. Bagaimana pemeriksaan klinis dapat membantu dalam deteksi dini masalah gizi?
4. Jelaskan hubungan antara penilaian status gizi dan penerapan konsep kesehatan holistik!

5. Berikan contoh penerapan teknologi digital dalam pemantauan status gizi masyarakat!

Bab 6: Gizi dalam Siklus Kehidupan: Dari Janin hingga Lansia

6.1 Mengenal Gizi dalam Siklus Kehidupan

Gizi merupakan salah satu faktor penentu utama dalam menjaga kesehatan dan kualitas hidup manusia. Pemenuhan kebutuhan gizi yang optimal sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan kemampuan tubuh dalam menjalankan fungsi fisiologis secara normal. Setiap tahap kehidupan dimulai dari masa janin, bayi, anak-anak, remaja, dewasa, hingga lanjut usia memiliki kebutuhan gizi yang berbeda, sesuai dengan proses biologis dan metabolisme yang berlangsung pada masing-masing fase. Oleh karena itu, pemahaman tentang gizi tidak hanya berkaitan dengan konsumsi makanan semata, tetapi juga melibatkan aspek biologis, sosial, ekonomi, dan lingkungan yang memengaruhi status gizi seseorang.

6.1.1 Pentingnya Gizi dalam Setiap Tahap Kehidupan

Gizi yang baik menjadi fondasi bagi kesehatan sepanjang hayat. Pada masa janin, asupan gizi yang cukup dari ibu hamil berperan penting dalam pembentukan organ dan jaringan tubuh. Kekurangan zat gizi pada fase ini dapat menyebabkan gangguan

pertumbuhan intrauterin dan meningkatkan risiko penyakit kronis di masa dewasa. Selanjutnya, pada masa bayi dan anak-anak, gizi yang seimbang mendukung pertumbuhan fisik dan perkembangan otak secara optimal. Kekurangan gizi pada periode ini sering kali berakibat pada gangguan kognitif, penurunan daya tahan tubuh, serta hambatan perkembangan motorik dan sosial.

Pada masa remaja, kebutuhan gizi meningkat seiring dengan percepatan pertumbuhan fisik dan perubahan hormonal. Sementara itu, pada usia dewasa, gizi berperan dalam menjaga keseimbangan energi, produktivitas, dan pencegahan penyakit tidak menular seperti diabetes, hipertensi, serta obesitas. Pada lanjut usia, asupan gizi yang adekuat membantu mempertahankan fungsi organ tubuh, mencegah sarcopenia (penurunan massa otot), dan mendukung kualitas hidup yang mandiri. Menurut Gibson (2022), kecukupan gizi sepanjang siklus kehidupan menjadi salah satu faktor determinan utama dalam mencapai kesejahteraan dan harapan hidup yang lebih panjang.

6.1.2 Komponen dan Prinsip Pemenuhan Gizi Seimbang

Pemenuhan gizi yang optimal tidak hanya berkaitan dengan jumlah energi yang dikonsumsi, tetapi juga dengan keseimbangan zat gizi makro dan mikro. Zat gizi makro terdiri atas karbohidrat, protein, dan lemak yang berfungsi sebagai sumber energi dan pembangun jaringan. Sedangkan zat gizi mikro, seperti vitamin dan mineral, berperan dalam mengatur berbagai proses metabolisme tubuh.

Konsep gizi seimbang menjadi pedoman utama dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut. Prinsip gizi seimbang menekankan

pentingnya konsumsi beragam makanan dalam proporsi yang sesuai, menjaga kebersihan makanan, serta menerapkan gaya hidup sehat dengan aktivitas fisik teratur. Dalam konteks kebijakan kesehatan masyarakat, penerapan gizi seimbang juga mencakup edukasi gizi, fortifikasi pangan, dan pengawasan terhadap keamanan bahan makanan. Menurut Whitney dan Rolfes (2018), penerapan prinsip gizi seimbang terbukti efektif dalam menurunkan risiko kekurangan gizi maupun penyakit degeneratif yang terkait dengan pola makan tidak sehat.

6.1.3 Tantangan dan Isu Gizi dalam Masyarakat Modern

Di era modern, tantangan pemenuhan gizi menjadi semakin kompleks. Perubahan pola konsumsi akibat urbanisasi dan industrialisasi telah menyebabkan pergeseran dari pola makan tradisional berbasis pangan alami menuju konsumsi tinggi lemak, gula, dan makanan olahan. Fenomena ini memunculkan *double burden of malnutrition* yaitu kondisi di mana kekurangan gizi dan kelebihan gizi terjadi secara bersamaan dalam satu populasi.

Selain itu, faktor sosial ekonomi turut berperan dalam menentukan akses terhadap pangan bergizi. Kelompok dengan pendapatan rendah sering kali mengalami keterbatasan dalam memperoleh makanan berkualitas tinggi, sementara kelompok berpendapatan tinggi berisiko terhadap konsumsi berlebihan. Tantangan lain yang muncul adalah meningkatnya ketergantungan pada makanan cepat saji serta rendahnya literasi gizi di kalangan masyarakat muda.

Untuk menghadapi tantangan tersebut, dibutuhkan pendekatan lintas sektor yang mengintegrasikan kebijakan pangan, kesehatan, pendidikan, dan lingkungan. Edukasi gizi yang komprehensif sejak usia dini menjadi langkah strategis dalam membentuk perilaku makan sehat. Selain itu, inovasi teknologi pangan juga diharapkan dapat membantu penyediaan makanan bergizi dengan harga terjangkau, sekaligus mendukung ketahanan pangan nasional.

Dengan demikian, gizi tidak hanya dipandang sebagai kebutuhan fisiologis, tetapi juga sebagai investasi jangka panjang bagi kualitas sumber daya manusia dan pembangunan bangsa. Upaya pemenuhan gizi yang optimal di setiap tahap kehidupan merupakan tanggung jawab bersama antara individu, keluarga, masyarakat, dan pemerintah untuk menciptakan generasi yang sehat, produktif, dan berdaya saing tinggi.

6.2 Tahapan Siklus Kehidupan

6.2.1 Janin dan Bayi

Status gizi ibu selama kehamilan sangat menentukan perkembangan janin karena masa janin merupakan periode kritis pembentukan organ dan sistem tubuh. Beberapa zat gizi mengalami peningkatan kebutuhan, termasuk zat besi, asam folat, kalsium, protein. Selain itu, asam lemak omega-3 seperti DHA, vitamin D. Kekurangan salah satu zat gizi tersebut dapat meningkatkan risiko berat badan lahir rendah dan gangguan perkembangan janin,

sehingga pemenuhan gizi seimbang pada ibu hamil sangat penting untuk mencegah malnutrisi intrauterin (Black et al., 2013).

Tabel Kebutuhan Gizi Ibu Hamil

Sumber : Obianeli et al., 2024; Viswanathan et al., 2023; Hofmeyr et al., 2018; Murphy et al., 2021; Nevins et al., 2021; Gallo et al., 2020

Zat Gizi	Fungsi Utama	Kebutuhan / Rekomendasi Umum*
Zat Besi	Cegah anemia, prematur	27 mg/hari (WHO/IOM)
Asam Folat	Cegah cacat tabung saraf	400–600 µg/hari (sebelum & selama hamil)
Kalsium	Cegah preeklamsia, pembentukan tulang	1.000–1.200 mg/hari
Protein	Pertumbuhan janin, metabolisme ibu	+25 g/hari di trimester II–III
DHA/Omega-3	Perkembangan otak janin	200–300 mg DHA/hari

Setelah lahir, ASI merupakan makanan terbaik bagi bayi selama enam bulan pertama karena mengandung seluruh zat gizi makro, mikro, dan komponen bioaktif. ASI menyediakan lebih dari 1.000 molekul penting yang berperan dalam perkembangan imun, saraf, dan pencernaan (Victora et al., 2016). Laktosa dan *Human Milk Oligosaccharides* (HMO) mendukung pertumbuhan mikrobiota sehat dan melindungi dari infeksi (Bode, 2018). Protein whey, termasuk laktoferin, lisozim, dan IgA sekretorik, berfungsi sebagai pertahanan imun utama (Perrin et al., 2017). Lemak seperti

DHA dan ARA mendukung perkembangan otak dan retina (Nevins et al., 2021). ASI juga mengandung vitamin dan mineral yang penting bagi metabolisme, pembentukan jaringan, dan imunitas bayi (WHO, 2016). Selain itu, komponen imunologis seperti makrofag, limfosit, sitokin, dan faktor pertumbuhan terus berperan hingga tahun kedua kehidupan (Perrin et al., 2017). Secara keseluruhan, ASI menawarkan perlindungan nutrisi dan imunologis yang tidak dapat digantikan oleh susu formula, menjadikannya makanan optimal bagi bayi. MP-ASI adalah makanan pendamping yang diberikan mulai usia 6 bulan untuk memenuhi kebutuhan energi dan zat gizi yang tidak lagi cukup dari ASI. Pemberian MP-ASI harus tepat waktu, adekuat, aman, dan responsif sesuai pedoman WHO (2021). Pada usia ini, bayi memerlukan asupan tambahan energi, protein, zat besi, zinc, vitamin A, dan asam lemak esensial untuk mendukung pertumbuhan dan mencegah stunting.

MP-ASI harus mengutamakan protein hewani seperti daging, ikan, telur, dan ayam, karena terbukti meningkatkan pertumbuhan linear dan status hemoglobin dibandingkan protein nabati (Liu et al., 2022). Zat besi dan zinc menjadi prioritas karena berperan dalam perkembangan otak dan imunitas, serta mencegah anemia dan infeksi (Brown et al., 2018). Lemak sehat, termasuk omega-3 seperti DHA, diperlukan untuk perkembangan otak bayi (Koletzko et al., 2020).

Penelitian terkini menunjukkan bahwa MP-ASI berkualitas kaya energi, protein, zat besi, zinc, dan vitamin A, berkontribusi

signifikan dalam mencegah stunting dan mendukung perkembangan optimal pada masa 1000 HPK (Keats et al., 2021).

Tabel Panduan Praktis MP-ASI

Sumber : WHO, 2021

Komponen	6–8 Bulan	9–11 Bulan	12–23 Bulan
Frekuensi makan	2–3 kali/hari + 1 snack bila perlu	3–4 kali/hari + 1–2 snack	3–4 kali/hari + 1–2 snack
Tekstur	Lumat, bubur kental, semi cair	Cincang halus, makanan lembek	Makanan keluarga
Porsi per makan	2–3 sdm → naik menjadi ½ mangkuk (250 ml)	½ – ¾ mangkuk (250 ml)	¾ – 1 mangkuk (250 ml)
Energi tambahan	± 200 kkal/hari	± 300 kkal/hari	± 550 kkal/hari
Protein	± 1.1 g/kgBB	± 1.1 g/kgBB	± 1.1–1.3 g/kgBB
Zat besi	± 11 mg/hari	± 11 mg/hari	± 7–10 mg/hari
Zinc	± 3 mg/hari	± 3 mg/hari	± 3–5 mg/hari
Vitamin A	± 400 µg/hari	± 400–500 µg/hari	± 400–500 µg/hari
Lemak & Omega-3 (DHA)	Tambah 1 sdt minyak; DHA 70–100 mg/hari	Tambah 1–2 sdt minyak; DHA 70–100 mg/hari	Tambah 1–2 sdt minyak; DHA 70–100 mg/hari
Contoh menu	Bubur daging/ayam/ikan, kuning telur, sayur buah lumat	Nasi tim daging/ikan/ayam, telur, tahu-tempe cincang, buah potong	Nasi + lauk hewani, telur, ikan, sayur keluarga, buah
Catatan penting	Awali dengan protein hewani setiap hari	Variasi lebih banyak; mulai finger food	Makan makanan keluarga; hindari gula/garam

6.2.2 Anak-Anak

Masa anak usia prasekolah (3–5 tahun) dan sekolah dasar (6 – 12 tahun) merupakan periode kritis yang menentukan kualitas kesehatan, pertumbuhan, dan kemampuan belajar. Pada tahap ini, kebutuhan energi dan zat gizi meningkat seiring pesatnya pertumbuhan fisik, pematangan fungsi otak, serta bertambahnya aktivitas fisik dan kognitif (WHO, 2020).

Energi dan protein berperan penting dalam mendukung pertumbuhan optimal, pemeliharaan jaringan, dan fungsi imun. Kekurangan asupan energi maupun protein dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan serta meningkatkan risiko infeksi. Mikronutrien seperti zat besi, vitamin A, yodium, zinc, kalsium, dan vitamin D memiliki peran strategis dalam pembentukan hemoglobin, fungsi imun, perkembangan kognitif, serta mineralisasi tulang. Asam lemak omega-3, khususnya DHA dan EPA, juga diketahui mendukung perkembangan otak dan kemampuan belajar anak (Pasricha et al., 2021).

Selain pemenuhan kebutuhan gizi, pembentukan pola makan sehat sejak dini sangat penting untuk mencegah obesitas dan penyakit metabolik pada masa dewasa. Intervensi edukasi gizi di sekolah serta dukungan keluarga terbukti efektif dalam meningkatkan perilaku makan sehat dan aktivitas fisik pada anak (Perez-Rodrigo & Aranceta, 2020; Hardy et al., 2019;. Secara keseluruhan, kecukupan gizi dan pola makan sehat pada masa anak-anak menjadi fondasi utama dalam membentuk generasi yang sehat, cerdas, dan produktif.

Table Tabel Kebutuhan Gizi Anak (AKG 2019)

Sumbet : Kemenkes RI, 2019

Zat Gizi	Usia 4–6 tahun	Usia 7–9 tahun	Fungsi Utama
Energi (kkal)	1.400	1.650	Sumber energi untuk pertumbuhan, aktivitas fisik, dan fungsi tubuh.
Protein (g)	25 g	40 g	Pertumbuhan jaringan, pembentukan otot, enzim, hormon, dan imunitas.
Lemak (g)	50 g	55 g	Sumber energi, bahan pembentukan hormon, perkembangan otak.
Karbohidrat (g)	220 g	250 g	Sumber energi utama bagi otak dan tubuh.
Air (ml/hari)	1.450 ml	1.650 ml	Mengatur keseimbangan cairan, metabolisme, dan suhu tubuh.
Zat Besi (Fe)	10 mg	10 mg	Mencegah anemia, pembentukan hemoglobin, dukung fungsi kognitif.
Kalsium (Ca)	1.000 mg	1.000 mg	Pembentukan tulang dan gigi, kontraksi otot.
Vitamin A	450 µg RAE	500 µg RAE	Kesehatan mata, imunitas, pertumbuhan sel.
Vitamin C	45 mg	45 mg	Antioksidan, pembentukan kolagen, meningkatkan imunitas.
Serat	20 g	23 g	Kesehatan pencernaan dan kontrol gula darah.

6.2.3 Remaja

Masa remaja merupakan periode transisi penting yang ditandai oleh perubahan biologis dan fisiologis yang sangat cepat

akibat pubertas. Proses pubertas memicu percepatan pertumbuhan linear, peningkatan massa otot, perubahan komposisi tubuh, serta maturasi hormonal. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan energi dan protein meningkat untuk mendukung pertumbuhan jaringan baru, perkembangan organ, serta peningkatan aktivitas fisik (Sawyer et al., 2018). Selain itu, kebutuhan zat besi meningkat signifikan, terutama pada remaja perempuan yang mulai mengalami menstruasi, karena kehilangan darah bulanan meningkatkan risiko anemia defisiensi besi (Pasricha et al., 2021). Kalsium dan vitamin D juga menjadi nutrisi kunci karena masa remaja merupakan periode penting untuk mencapai puncak massa tulang (*peak bone mass*), yang menentukan kekuatan tulang sepanjang hayat (Rizzoli et al., 2019).

Di samping perubahan fisiologis, remaja juga menghadapi perubahan perilaku makan yang dipengaruhi lingkungan sosial dan gaya hidup modern. Konsumsi makanan cepat saji, minuman tinggi gula, dan pola makan tidak teratur sering ditemukan pada kelompok usia ini dan dapat menyebabkan ketidakseimbangan asupan energi serta rendahnya konsumsi mikronutrien penting seperti zat besi, zinc, vitamin A, dan folat. Kebiasaan ini meningkatkan risiko terjadinya obesitas, gangguan metabolik, maupun kekurangan gizi mikro (Craigie et al., 2018). Untuk itu, intervensi pendidikan gizi, peningkatan literasi pangan, dan promosi aktivitas fisik sangat direkomendasikan untuk mendorong perilaku hidup sehat pada remaja (WHO, 2020)

Secara keseluruhan, pemenuhan gizi yang optimal pada masa remaja sangat penting untuk mendukung pertumbuhan maksimal,

menjaga kesehatan reproduksi, mencegah anemia, serta membangun massa tulang dan otot yang kuat. Pola makan sehat, aktivitas fisik teratur, dan edukasi gizi yang berkelanjutan merupakan strategi fundamental dalam menjaga kesehatan jangka panjang pada kelompok usia ini.

Table Tabel Kebutuhan Gizi Remaja (AKG 2019)

Sumbet : Kemenkes RI, 2019

Zat Gizi	10–12 th (L/P)	13–15 th (L/P)	16–18 th (L/P)	Fungsi Utama
Energi (kkal)	L:2000 P:1900	L:2400 P:2050	L:2650 P:2100	Mendukung pertumbuhan pesat, aktivitas fisik, dan fungsi metabolik.
Protein (g)	L: 50 P: 55	L: 70 P: 65	L:75 P: 65	Pertumbuhan otot, hormon, enzim, dan perbaikan jaringan.
Lemak (g)	L:65 P: 65	L: 80 P: 70	L: 85 P: 70	Sumber energi padat, pembentukan hormon, fungsi otak.
Karbohidrat (g)	L:300 P: 280	L: 350 P: 300	L: 400 P: 300	Sumber energi utama, terutama untuk aktivitas dan perkembangan otak.
Air (ml/hari)	L: 1850 P: 1850	L: 2100 P: 2100	L: 2300 P: 2150	Mengatur suhu tubuh, metabolisme, transport nutrisi.
Zat Besi (Fe)	L: 8 P: 8	L: 11 P: 15	L: 11 P: 15	Pembentukan hemoglobin, mencegah anemia, penting untuk kognisi.

Zinc (Zn)	L: 8 P: 8	L: 11 P : 9	L: 11 P: 9	Pertumbuhan sel, imunitas, penyembuhan luka.
Kalsium (Ca)	L: 1200 P: 1200	L: 1200 / P: 1200	L: 1200 P: 1200	Mineralisasi tulang, puncak massa tula

6.2.4 Dewasa dan Lansia

Pada tahap dewasa, fokus utama pemenuhan gizi adalah mempertahankan status gizi yang optimal, menjaga fungsi metabolik, dan mencegah penyakit kronis seperti diabetes melitus tipe 2, hipertensi, dan penyakit jantung. Pola makan seimbang yang mengikuti rekomendasi gizi seimbang (misalnya pembatasan lemak jenuh, konsumsi serat 25–30 g/hari, dan peningkatan asupan antioksidan dari sayuran dan buah) terbukti membantu menurunkan kadar kolesterol LDL serta menjaga kestabilan tekanan darah dan kadar glukosa darah (Kemenkes RI, 2020).

Aktivitas fisik teratur minimal 150 menit/minggu intensitas sedang membantu meningkatkan kebugaran kardiovaskular, sensitivitas insulin, dan keseimbangan energi, sehingga turut mencegah penambahan berat badan yang tidak sehat (WHO, 2020).

Pada usia lanjut, terjadi penurunan massa otot (sarcopenia), laju metabolisme basal, dan perubahan fisiologis lain seperti berkurangnya kapasitas pencernaan serta penyerapan nutrisi. Akibatnya, kebutuhan energi menurun, tetapi kebutuhan zat gizi mikro tertentu justru meningkat. Misalnya: Vitamin D dan kalsium diperlukan dalam jumlah lebih tinggi untuk menghambat percepatan osteoporosis dan mempertahankan kesehatan tulang. Vitamin B12

sering kurang pada lansia karena menurunnya produksi asam lambung, sehingga suplementasi atau sumber hewani yang cukup perlu diperhatikan. Seng (zinc) berperan dalam mendukung sistem imun yang cenderung melemah pada usia lanjut (WHO, 2021).

Lansia juga mengalami penurunan sensasi haus, sehingga risiko dehidrasi meningkat. *European Food Safety Authority* (EFSA) menegaskan bahwa asupan cairan minimal 1,6 L/hari untuk lansia perempuan dan 2,0 L/hari untuk lansia laki-laki sangat penting dalam mendukung fungsi tubuh, mencegah konstipasi, dan menjaga keseimbangan elektrolit (EFSA, 2013).

Secara keseluruhan, pemenuhan gizi yang tepat pada lansia terbukti dapat meningkatkan harapan hidup sehat (healthy life expectancy) dan kualitas hidup, termasuk fungsi kognitif dan kapasitas fisik (WHO, 2021).

Tabel Ringkas Kebutuhan Gizi Dewasa dan Lansia

Sumber: Kemenkes RI, 2019

Zat Gizi	Dewasa 19–49 th	Lansia 50–64 th	Lansia ≥65 th	Fungsi Utama
Energi (kkal/hari)	L: 2600 P: 2200	L: 2150 P: 1800	L: 1800 P: 1550	Sumber energi, fungsi metabolik
Protein (g/hari)	L: 65 P: 60	L: 64 P: 58	L: 64 P: 58	Pembentukan jaringan & imun
Lemak (% energi)	20–30%	20–30%	20–30%	Energi & penyerapan vitamin

Karbohidrat (g/hari)	L: 370 P: 290	L: 230 P: 250	L: 280 P: 230	Energi utama
Serat (g/hari)	L: 36 P: 27	L: 30 P: 25	L: 25 P: 22	Kesehatan pencernaan
Air (ml/hari)	L: 2500 P: 2350	L: 2500 P: 2350	L: 1800 P: 1550	Hidrasi
Kalsium (mg/hari)	1000	1200	1200	Kepadatan tulang
Vitamin D (µg/hari)	15	20	20	Absorpsi kalsium
Zat Besi (mg/hari)	L: 13 P: 18	L: 11 P: 8	L: 11 P: 8	Hemoglobin
Vitamin B12 (µg/hari)	4	4	4	Fungsi saraf
Zinc (mg/hari)	L: 11 P: 8	L: 11 P: 8	L: 11 P: 8	Imunitas

6.3 Permasalahan Gizi Spesifik

Permasalahan gizi merupakan isu kompleks yang memengaruhi kualitas hidup dan produktivitas manusia sepanjang siklus kehidupan. Kondisi gizi yang tidak seimbang baik kekurangan maupun kelebihan dapat menimbulkan konsekuensi serius terhadap kesehatan individu maupun pembangunan nasional. Dalam konteks kesehatan masyarakat, permasalahan gizi spesifik mencakup stunting pada anak, anemia pada remaja putri, kelebihan berat badan pada orang dewasa, serta malnutrisi pada lanjut usia. Setiap kondisi tersebut memiliki karakteristik, penyebab, dan strategi penanganan yang berbeda, sehingga diperlukan pendekatan multidisiplin yang melibatkan berbagai sektor.

6.3.1 Stunting pada Anak

Stunting adalah kondisi gagal tumbuh yang ditandai dengan tinggi badan di bawah standar usia akibat kekurangan gizi kronis dalam jangka panjang. Masalah ini sering kali berawal sejak masa kehamilan hingga usia dua tahun, yang dikenal sebagai periode 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK). Menurut de Onis dan Branca (2016), stunting tidak hanya berdampak pada pertumbuhan fisik, tetapi juga pada perkembangan kognitif dan produktivitas di masa dewasa.

Faktor penyebab stunting meliputi pola makan yang tidak adekuat, infeksi berulang, serta rendahnya kualitas lingkungan dan sanitasi. Upaya pencegahannya memerlukan intervensi gizi spesifik seperti pemberian makanan bergizi seimbang dan suplemen zat besi, serta intervensi sensitif melalui peningkatan akses air bersih, sanitasi, dan layanan kesehatan ibu dan anak.

6.3.2 Anemia Remaja Putri dan Kelebihan Berat Badan pada Dewasa

Anemia pada remaja putri merupakan permasalahan gizi yang umum di negara berkembang, terutama disebabkan oleh defisiensi zat besi. Kondisi ini dapat menurunkan daya tahan tubuh, kemampuan konsentrasi, serta prestasi akademik. Remaja putri menjadi kelompok rentan karena kebutuhan zat besi meningkat selama masa pertumbuhan dan menstruasi. Berdasarkan penelitian *World Health Organization* (2021), suplementasi zat besi dan peningkatan konsumsi pangan sumber protein hewani terbukti

efektif dalam menurunkan prevalensi anemia pada kelompok usia tersebut.

Sementara itu, kelebihan berat badan dan obesitas pada orang dewasa muncul akibat ketidakseimbangan antara asupan energi dan pengeluaran energi. Gaya hidup sedentari, konsumsi makanan tinggi lemak dan gula, serta stres berkontribusi terhadap peningkatan kasus obesitas. Kondisi ini menjadi faktor risiko utama bagi penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, hipertensi, dan penyakit jantung koroner. Pendekatan pencegahan yang efektif mencakup edukasi gizi, promosi aktivitas fisik, serta kebijakan publik yang mendukung penyediaan makanan sehat.

6.3.3 Malnutrisi pada Lansia dan Pendekatan Multidisiplin

Malnutrisi pada lansia merupakan permasalahan yang sering terabaikan, meskipun berdampak besar terhadap kualitas hidup dan risiko mortalitas. Lansia cenderung mengalami penurunan nafsu makan, gangguan pencernaan, serta keterbatasan fisik yang menghambat pemenuhan kebutuhan gizi. Menurut Volkert et al. (2019), strategi penanganan malnutrisi pada lansia meliputi pemantauan status gizi secara rutin, penyediaan makanan padat gizi, serta dukungan sosial dan psikologis.

Pendekatan multidisiplin diperlukan untuk menanggulangi seluruh permasalahan gizi spesifik di atas. Kolaborasi antara tenaga kesehatan, ahli gizi, pendidik, serta sektor pertanian dan sosial menjadi kunci keberhasilan dalam menciptakan lingkungan yang mendukung perbaikan status gizi masyarakat. Dengan integrasi

program lintas sektor, upaya penanggulangan gizi dapat dilakukan secara komprehensif, berkelanjutan, dan berkeadilan.

6.4 Strategi Intervensi Gizi

6.4.1 Pendekatan Edukasi Gizi Berbasis Siklus Kehidupan

Strategi intervensi gizi dimulai dengan edukasi gizi berbasis siklus kehidupan (*life cycle-based nutrition education*), yang menekankan pentingnya pemahaman gizi pada setiap tahap perkembangan manusia, mulai dari masa kehamilan hingga lanjut usia. Edukasi ini bertujuan membentuk perilaku makan sehat dan kesadaran akan pentingnya asupan gizi seimbang sesuai kebutuhan fisiologis.

Pendekatan berbasis siklus kehidupan memungkinkan intervensi gizi dilakukan secara tepat sasaran. Misalnya, pada ibu hamil difokuskan pada peningkatan asupan zat besi dan asam folat untuk mencegah anemia, sedangkan pada anak usia dini ditekankan pada pemberian makanan bergizi seimbang untuk mendukung pertumbuhan optimal. Menurut Contento (2016), edukasi gizi yang efektif harus bersifat partisipatif, kontekstual, dan berbasis bukti ilmiah agar dapat mengubah perilaku makan secara berkelanjutan.

Selain itu, keberhasilan edukasi gizi sangat dipengaruhi oleh media dan metode penyampaian yang digunakan. Pemanfaatan teknologi digital seperti aplikasi gizi, *e-learning*, dan kampanye media sosial dapat memperluas jangkauan serta meningkatkan efektivitas pesan gizi pada masyarakat modern yang dinamis.

6.4.2 Program Suplementasi dan Fortifikasi Pangan

Selain edukasi, strategi intervensi gizi juga mencakup program suplementasi dan fortifikasi pangan. **Suplementasi gizi** merupakan pemberian zat gizi tertentu dalam bentuk suplemen, seperti tablet besi, vitamin A, dan yodium, kepada kelompok rentan seperti ibu hamil, balita, dan remaja putri. Tujuannya adalah untuk menutup kesenjangan antara kebutuhan dan asupan gizi yang tidak tercukupi dari pola makan sehari-hari.

Sementara itu, **fortifikasi pangan** adalah penambahan mikronutrien penting ke dalam bahan pangan yang banyak dikonsumsi masyarakat, seperti fortifikasi tepung terigu dengan zat besi dan asam folat atau fortifikasi garam dengan yodium. Langkah ini dinilai sebagai salah satu strategi paling efektif untuk mengatasi defisiensi gizi pada populasi luas karena dapat dilakukan tanpa mengubah pola konsumsi secara signifikan.

Menurut Allen et al. (2017), kombinasi antara suplementasi dan fortifikasi pangan terbukti menurunkan prevalensi kekurangan mikronutrien, meningkatkan status gizi, serta memperbaiki produktivitas masyarakat. Namun, keberhasilan program tersebut sangat bergantung pada dukungan kebijakan nasional, ketersediaan logistik, dan sistem pemantauan yang berkelanjutan.

6.4.3 Peningkatan Akses terhadap Pangan Bergizi dan Aman

Akses terhadap pangan yang bergizi, aman, dan terjangkau merupakan komponen penting dalam strategi intervensi gizi. Akses ini tidak hanya mencakup ketersediaan fisik pangan, tetapi juga

aspek sosial dan ekonomi yang memungkinkan setiap individu memperoleh makanan sesuai kebutuhan gizinya.

Upaya peningkatan akses dilakukan melalui penguatan sistem pangan lokal, diversifikasi sumber pangan, serta pemberdayaan masyarakat dalam produksi dan konsumsi pangan bergizi. Selain itu, kebijakan perlindungan sosial seperti bantuan pangan, subsidi gizi, dan pemberian makanan tambahan bagi kelompok rentan juga berperan dalam mengurangi ketimpangan akses gizi.

Pangan yang aman juga menjadi perhatian utama karena kontaminasi biologis maupun kimia dapat menimbulkan masalah kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pengawasan mutu pangan dan penerapan standar keamanan pangan perlu diperkuat di seluruh rantai pasok, mulai dari produksi, distribusi, hingga konsumsi.

Integrasi antara edukasi, suplementasi, fortifikasi, dan peningkatan akses pangan mencerminkan pendekatan komprehensif dalam intervensi gizi. Strategi ini bukan hanya menargetkan perbaikan status gizi individu, tetapi juga mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals*, SDGs), khususnya pada aspek penghapusan kelaparan dan peningkatan kesehatan masyarakat.

6.5 Latihan Soal

1. Jelaskan mengapa pemenuhan gizi pada masa janin sangat penting untuk kehidupan jangka panjang.
2. Sebutkan kebutuhan zat gizi penting bagi remaja dan alasannya!
3. Apa saja permasalahan gizi yang umum terjadi pada lansia?
4. Jelaskan perbedaan kebutuhan gizi antara masa bayi dan masa dewasa.
5. Buatlah contoh program edukasi gizi untuk anak sekolah dasar!

Bab 7: Gizi dan Penyakit Tidak Menular: Pencegahan dan Manajemen melalui Nutrisi

7.1 Hubungan Antara Pola Makan dan Penyakit Tidak Menular

Penyakit tidak menular (PTM) telah menjadi salah satu tantangan utama kesehatan masyarakat global seiring dengan terjadinya perubahan gaya hidup dan pola makan yang signifikan dalam masyarakat modern. PTM seperti diabetes mellitus tipe 2, hipertensi, penyakit jantung koroner, dan obesitas tidak lagi hanya ditemukan pada populasi usia lanjut, tetapi juga semakin banyak menyerang kelompok usia produktif bahkan anak-anak. Salah satu faktor risiko utama yang berkontribusi terhadap lonjakan prevalensi PTM adalah pola makan yang tidak seimbang. Konsumsi berlebihan makanan tinggi lemak jenuh, gula tambahan, dan natrium—yang banyak ditemukan dalam makanan olahan dan cepat saji—telah dikaitkan dengan peningkatan resistensi insulin, tekanan darah

tinggi, dislipidemia, dan akumulasi lemak visceral yang berdampak langsung pada fungsi metabolisme tubuh.

Pola makan modern yang tinggi kalori namun rendah serat juga menyebabkan ketidakseimbangan energi yang memicu obesitas, kondisi yang merupakan faktor risiko sentral bagi berbagai jenis PTM. Sebaliknya, bukti ilmiah menunjukkan bahwa penerapan pola makan sehat, seperti peningkatan asupan buah-buahan, sayuran, biji-bijian utuh, serta sumber protein nabati, dapat secara signifikan menurunkan risiko terjadinya PTM. Nutrien yang terkandung dalam bahan pangan tersebut, seperti serat makanan, antioksidan, vitamin, dan mineral, berperan dalam mengatur tekanan darah, kadar glukosa darah, dan profil lipid tubuh secara keseluruhan (Afshin et al., 2019). Selain itu, pola makan berbasis nabati juga cenderung rendah lemak jenuh dan kalori, sehingga mendukung pengendalian berat badan dan keseimbangan metabolik jangka panjang.

Kesadaran akan hubungan antara pola makan dan risiko PTM sangat penting untuk mendorong perubahan perilaku individu maupun kebijakan publik. Edukasi gizi yang komprehensif harus menjadi bagian integral dari program pencegahan PTM, baik di tingkat institusi pendidikan, tempat kerja, maupun layanan kesehatan primer. Lebih jauh, strategi intervensi berbasis lingkungan, seperti pelabelan gizi pada kemasan makanan, pembatasan iklan produk tidak sehat, dan promosi pangan lokal yang bergizi, terbukti efektif dalam mengarahkan masyarakat pada pilihan makanan yang lebih sehat (Swinburn et al., 2019). Oleh karena itu, penguatan literasi gizi dan reformasi sistem pangan menjadi langkah

krusial dalam mengatasi epidemi PTM secara berkelanjutan, dengan pendekatan yang tidak hanya berfokus pada individu, tetapi juga pada tatanan sosial dan struktural yang membentuk perilaku makan.

7.2 Prinsip Nutrisi dalam Pencegahan Penyakit Tidak Menular

7.2.1 Keseimbangan Energi dan Keanekaragaman Pangan

Pencegahan penyakit tidak menular (PTM), seperti penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, dan hipertensi, sangat dipengaruhi oleh pola konsumsi pangan. Prinsip utama dalam pencegahan melalui nutrisi adalah keseimbangan energi, yang mengacu pada hubungan antara asupan kalori dan kebutuhan energi tubuh. Ketidakseimbangan dalam jangka panjang dapat memicu kelebihan berat badan dan obesitas, faktor risiko utama PTM (Afshin et al., 2019).

Selain itu, penting untuk menerapkan prinsip keanekaragaman pangan guna memastikan asupan zat gizi makro dan mikro yang memadai. Diet yang bervariasi membantu memenuhi kebutuhan nutrisi harian dan mendukung sistem metabolisme serta imunitas tubuh secara optimal.

7.2.2 Komponen Nutrisi yang Mendukung Fungsi Metabolik

Konsumsi pangan tinggi serat, vitamin, mineral, serta *phytonutrient* seperti antioksidan berperan dalam menjaga fungsi metabolik dan menurunkan inflamasi kronis. Serat pangan, terutama yang berasal dari biji-bijian utuh, sayur, dan buah, diketahui mampu

menurunkan kadar kolesterol LDL dan memperbaiki kontrol glikemik.

Selain itu, lemak tidak jenuh—seperti *monounsaturated* dan *polyunsaturated fatty acids*—yang ditemukan dalam minyak zaitun, kacang-kacangan, dan ikan berlemak, memiliki efek protektif terhadap sistem kardiovaskular dengan menurunkan tekanan darah dan mencegah akumulasi plak pada pembuluh darah (Estruch et al., 2018).

7.2.3 Pola Diet Khusus untuk Pencegahan PTM

Dua pola diet yang banyak dikaji dalam pencegahan PTM adalah *Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH)* dan *Mediterranean diet*. DASH diet menekankan konsumsi buah, sayur, produk rendah lemak, biji-bijian, serta pembatasan natrium, yang terbukti efektif menurunkan tekanan darah secara signifikan.

Sementara itu, *Mediterranean diet* mengintegrasikan lemak sehat, antioksidan, dan karbohidrat kompleks yang dapat menurunkan risiko penyakit jantung, sindrom metabolik, serta beberapa jenis kanker. Kedua pola ini menunjukkan efektivitas tinggi dalam studi intervensi dan observasional jangka panjang sebagai strategi gizi berbasis bukti untuk pencegahan PTM.

7.3 Peran Nutrisi dalam Manajemen Penyakit Tidak Menular

7.3.1 Nutrisi sebagai Komponen Terapi Pencegahan dan Pengelolaan

Penyakit Tidak Menular (PTM) seperti diabetes melitus, hipertensi, dan penyakit kardiovaskular memiliki hubungan erat dengan pola makan jangka panjang. Nutrisi yang tepat tidak hanya berperan dalam pencegahan, tetapi juga menjadi bagian integral dari manajemen klinis penyakit. Intervensi diet yang terstruktur mampu menurunkan risiko komplikasi, memperlambat progresivitas penyakit, dan meningkatkan kualitas hidup pasien secara keseluruhan. Sebagai terapi pendamping, pendekatan nutrisi juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pengobatan farmakologis dalam jangka panjang (Ghosh et al., 2020).

7.3.2 Strategi Nutrisi Spesifik Berdasarkan Jenis PTM

Pada pasien diabetes, pengaturan asupan karbohidrat merupakan fokus utama. Disarankan untuk memilih karbohidrat dengan *indeks glikemik* rendah seperti gandum utuh, kacang-kacangan, dan umbi-umbian untuk mengendalikan kadar glukosa darah secara stabil. Sementara itu, pada penderita hipertensi, pengurangan asupan natrium menjadi prioritas, disertai peningkatan konsumsi kalium melalui makanan alami seperti pisang, bayam, dan kentang. Strategi ini sejalan dengan prinsip pola makan *DASH* (*Dietary Approaches to Stop Hypertension*) yang terbukti menurunkan tekanan darah secara signifikan (Appel et al., 2011).

7.3.3 Personalisasi Gizi sebagai Arah Praktik Modern

Perkembangan ilmu gizi klinis mendorong adopsi pendekatan personalisasi dalam manajemen PTM. Pendekatan ini mempertimbangkan kondisi metabolik, status gizi, riwayat penyakit, serta faktor genetik individu dalam merancang intervensi diet yang spesifik. Penggunaan teknologi seperti analisis *biomarker* dan *nutrigenomics* memungkinkan tenaga kesehatan menyusun rekomendasi yang lebih tepat sasaran. Personalisasi gizi tidak hanya meningkatkan efektivitas intervensi, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif pasien dalam proses manajemen kesehatannya sendiri (Ordovas et al., 2018).

7.4 Inovasi Teknologi dalam Pemantauan Gizi dan Penyakit Tidak Menular

7.4.1 Transformasi Digital dalam Pemantauan Nutrisi

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong munculnya berbagai inovasi dalam pemantauan gizi yang bersifat personal dan berbasis data. Aplikasi pelacak asupan makanan kini dapat mengidentifikasi jenis dan jumlah nutrisi yang dikonsumsi pengguna secara harian. Selain itu, integrasi dengan *wearable devices* memungkinkan pemantauan parameter fisiologis seperti berat badan, tingkat aktivitas fisik, tekanan darah, dan kadar glukosa darah. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan kesadaran individu terhadap pola makan mereka, tetapi juga menyediakan data objektif yang berguna dalam evaluasi status gizi (Chen et al., 2020).

7.4.2 Teknologi sebagai Pendukung Pengelolaan Penyakit Tidak Menular

Penyakit tidak menular (PTM) seperti diabetes, hipertensi, dan obesitas sering kali berkaitan erat dengan kebiasaan makan dan gaya hidup. Penggunaan aplikasi kesehatan yang dilengkapi dengan algoritma *machine learning* mampu memberikan rekomendasi yang disesuaikan berdasarkan riwayat pengguna. Misalnya, sistem dapat mengingatkan pengguna untuk menghindari konsumsi garam berlebih atau menyarankan aktivitas fisik ringan setelah makan. Pemanfaatan teknologi ini mendorong manajemen penyakit yang lebih proaktif dan mandiri, terutama dalam konteks *self-monitoring* dan pencegahan komplikasi jangka panjang (El-Gayar et al., 2013).

7.4.3 Aksesibilitas dan Tantangan Implementasi

Meskipun teknologi menawarkan solusi yang menjanjikan, akses dan literasi digital masih menjadi kendala di berbagai kelompok masyarakat. Perangkat lunak pemantauan gizi umumnya memerlukan pemahaman dasar tentang teknologi serta akses terhadap perangkat *smartphone* dan internet. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan edukatif yang inklusif agar seluruh lapisan masyarakat dapat merasakan manfaat inovasi ini. Di sisi lain, perlindungan data pribadi juga menjadi isu krusial yang harus diatur secara ketat untuk menjamin keamanan informasi kesehatan pengguna.

7.5 Latihan Soal

1. Sebutkan contoh penyakit tidak menular yang dipengaruhi oleh pola makan!
2. Apa prinsip utama dalam pencegahan penyakit tidak menular melalui nutrisi?
3. Jelaskan peran lemak tidak jenuh dalam menjaga kesehatan kardiovaskular!
4. Bagaimana teknologi digital dapat membantu dalam pengelolaan penyakit tidak menular?
5. Berikan contoh penerapan diet seimbang untuk penderita hipertensi!

Bab 8: Gizi, Lingkungan, dan Ketahanan Pangan: Tantangan dan Tren Pola Makan Modern

8.1 Gizi dan Perubahan Lingkungan Global

Perubahan lingkungan global, terutama akibat perubahan iklim, memiliki dampak yang signifikan terhadap ketersediaan, kualitas, dan keamanan pangan di seluruh dunia. Fenomena seperti peningkatan suhu bumi, ketidakstabilan cuaca, serta bencana alam berdampak langsung pada sistem produksi pangan dan pola konsumsi masyarakat. Dalam konteks ini, isu gizi tidak hanya berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan nutrisi individu, tetapi juga dengan keberlanjutan ekosistem yang mendukung kehidupan manusia.

Perubahan iklim global menyebabkan gangguan pada ketahanan pangan melalui penurunan produktivitas pertanian, degradasi lahan, serta berkurangnya sumber air bersih. Akibatnya, banyak populasi, terutama di negara berkembang, menghadapi risiko kekurangan gizi (*malnutrition*) baik dalam bentuk kekurangan

maupun kelebihan gizi. Dalam situasi ini, penting untuk mengembangkan sistem pangan berkelanjutan yang mampu menjaga keseimbangan antara kebutuhan nutrisi manusia dan kelestarian lingkungan (FAO, 2019).

8.1.1 Dampak Perubahan Iklim terhadap Ketahanan dan Kualitas Pangan

Ketahanan pangan global ditentukan oleh empat pilar utama, yaitu ketersediaan, akses, pemanfaatan, dan stabilitas pangan. Keempat aspek ini kini menghadapi tekanan besar akibat perubahan iklim. Peningkatan suhu rata-rata global mengakibatkan berkurangnya hasil pertanian, terutama tanaman pokok seperti padi, gandum, dan jagung. Selain itu, pola hujan yang tidak menentu dan kekeringan berkepanjangan menurunkan kesuburan tanah dan mempercepat proses desertifikasi di berbagai wilayah tropis.

Kualitas pangan juga menurun karena peningkatan kadar karbon dioksida di atmosfer mempengaruhi kandungan nutrisi tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi protein, zat besi, dan seng pada tanaman sereal dan legum cenderung menurun seiring meningkatnya kadar CO_2 di udara (Myers et al., 2017). Hal ini menimbulkan ancaman serius terhadap pemenuhan gizi mikro masyarakat yang bergantung pada sumber pangan nabati.

Selain aspek produksi, perubahan iklim juga meningkatkan risiko kontaminasi pangan akibat kenaikan suhu dan kelembaban yang mempercepat pertumbuhan mikroba patogen. Kondisi tersebut memperburuk masalah *food insecurity* dan meningkatkan beban kesehatan masyarakat, terutama di negara berpendapatan rendah.

8.1.2 Degradasi Lingkungan dan Pola Konsumsi Global

Degradasi lingkungan, seperti deforestasi, pencemaran air, dan penggunaan pestisida berlebihan, turut memperburuk ketidakseimbangan ekosistem pangan. Sektor pertanian modern yang bergantung pada input kimia dan energi fosil menyumbang emisi gas rumah kaca dalam jumlah besar. Ironisnya, aktivitas yang dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan pangan justru mempercepat perubahan iklim global.

Pola konsumsi masyarakat dunia juga berkontribusi terhadap krisis gizi dan lingkungan. Konsumsi berlebihan terhadap daging merah, makanan ultra-proses, serta produk dengan jejak karbon tinggi memperparah tekanan terhadap sistem pangan global. Di sisi lain, masyarakat di negara berkembang masih menghadapi tantangan kekurangan kalori dan protein. Ketimpangan ini menunjukkan bahwa permasalahan gizi tidak hanya bersifat biologis, tetapi juga sosial-ekologis.

Untuk mengatasi persoalan tersebut, diperlukan perubahan menuju pola makan rendah karbon (*low-carbon diet*), yaitu konsumsi makanan yang ramah lingkungan seperti sayuran, buah, biji-bijian, serta sumber protein nabati. Pola makan ini tidak hanya mendukung kesehatan individu, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan pelestarian sumber daya alam.

8.1.3 Strategi Pembangunan Gizi Berkelanjutan di Era Perubahan Global

Upaya meningkatkan ketahanan gizi dan pangan global harus mengedepankan pendekatan keberlanjutan (*sustainable nutrition*). Pendekatan ini mencakup perbaikan sistem produksi, distribusi, dan konsumsi pangan dengan mempertimbangkan efisiensi sumber daya serta dampak ekologisnya. Prinsip utama pembangunan gizi berkelanjutan meliputi efisiensi energi, pengelolaan limbah pangan (*food waste management*), serta diversifikasi sumber pangan lokal yang tahan terhadap perubahan iklim.

Selain itu, kebijakan publik perlu diarahkan untuk memperkuat ketahanan komunitas lokal melalui pendidikan gizi, teknologi pertanian ramah lingkungan, serta dukungan terhadap petani kecil. Integrasi ilmu gizi dan lingkungan menjadi kunci dalam merancang kebijakan yang menyeluruh, karena keduanya saling terkait dalam menciptakan masyarakat yang sehat sekaligus menjaga kelestarian planet.

Dalam jangka panjang, keberhasilan sistem gizi global tidak hanya diukur dari tingkat kecukupan kalori, tetapi juga dari keseimbangan antara kesehatan manusia dan bumi. Perubahan paradigma menuju konsumsi dan produksi pangan berkelanjutan merupakan langkah penting untuk menjawab tantangan gizi di tengah krisis iklim yang semakin nyata.

8.2 Pola Makan Berkelanjutan dan Planetary Health Diet

8.2.1 Konsep Pola Makan Berkelanjutan

Pola makan berkelanjutan adalah sistem konsumsi yang bertujuan menjaga keseimbangan antara kesehatan manusia dan keberlanjutan lingkungan. Pendekatan ini berupaya mengoptimalkan asupan gizi tanpa membahayakan sumber daya alam yang menopang kehidupan. Dalam praktiknya, pola makan berkelanjutan mendorong konsumsi pangan lokal, berbasis nabati, dan minim pengolahan untuk mengurangi jejak karbon dari produksi serta distribusi makanan.

Menurut penelitian terbaru oleh Willett et al. (2019), sistem pangan global saat ini menyumbang hampir 30% dari total emisi gas rumah kaca dunia. Jika tidak ada perubahan pola konsumsi, risiko degradasi lahan dan penurunan keanekaragaman hayati akan meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, pola makan berkelanjutan menjadi salah satu solusi strategis untuk mencapai keseimbangan antara pemenuhan kebutuhan gizi dan konservasi ekosistem. Pendekatan ini menuntut perubahan paradigma konsumsi masyarakat dari orientasi kuantitas menuju kualitas dan keberlanjutan.

8.2.2 Prinsip-Prinsip *Planetary Health Diet*

Konsep *Planetary Health Diet* (PHD) diperkenalkan oleh *EAT-Lancet Commission* pada tahun 2019 sebagai model diet global yang mengintegrasikan kesehatan manusia dan kelestarian bumi.

Pola ini menekankan konsumsi pangan nabati dalam proporsi besar, sementara asupan daging merah, gula tambahan, dan makanan olahan dikurangi seminimal mungkin. Secara umum, PHD merekomendasikan sekitar 50% dari total asupan kalori harian berasal dari buah, sayuran, biji-bijian utuh, dan kacang-kacangan, sedangkan sisanya berasal dari sumber protein sehat seperti ikan, unggas, dan produk susu dalam jumlah moderat (Willett et al., 2019).

Model ini juga menyesuaikan pola konsumsi dengan daya dukung lingkungan dan kondisi sosial-ekonomi lokal. Misalnya, di wilayah dengan ketergantungan tinggi pada sumber protein hewani, adaptasi dilakukan melalui substitusi bertahap dengan sumber protein nabati seperti kedelai, lentil, dan kacang-kacangan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi tekanan terhadap lahan dan air, sekaligus menjaga keberlanjutan rantai pangan global.

8.2.3 Manfaat Kesehatan dan Lingkungan

Penerapan pola makan berkelanjutan memberikan manfaat ganda. Dari segi kesehatan, peningkatan konsumsi buah, sayuran, dan biji-bijian utuh terbukti menurunkan risiko penyakit tidak menular seperti diabetes tipe 2, hipertensi, obesitas, dan penyakit jantung koroner (Springmann et al., 2020). Kandungan serat, vitamin, dan antioksidan dalam bahan nabati membantu menjaga sistem imun, menurunkan kadar kolesterol, dan memperlambat proses penuaan sel.

Sementara itu, dari perspektif lingkungan, pergeseran konsumsi dari daging merah ke pangan nabati mampu mengurangi emisi gas rumah kaca hingga 49% dan menurunkan penggunaan air

bersih secara global (Clark et al., 2022). Peternakan intensif diketahui menghasilkan metana dan nitrous oxide dalam jumlah besar, dua jenis gas yang berkontribusi signifikan terhadap perubahan iklim. Dengan demikian, penerapan *Planetary Health Diet* dapat menjadi salah satu strategi mitigasi iklim yang efektif melalui perubahan perilaku konsumsi individu dan kolektif.

8.2.4 Tantangan Implementasi di Berbagai Wilayah

Meskipun manfaatnya luas, implementasi pola makan berkelanjutan menghadapi sejumlah tantangan. Salah satunya adalah perbedaan budaya makan di berbagai negara, terutama di masyarakat yang menganggap konsumsi daging sebagai simbol status sosial atau kemakmuran. Di sisi lain, keterbatasan akses terhadap bahan pangan segar dan bergizi di beberapa wilayah membuat penerapan *Planetary Health Diet* tidak mudah dilakukan secara merata.

Penelitian oleh Fanzo et al. (2021) menekankan bahwa keberhasilan penerapan pola makan berkelanjutan bergantung pada sinergi antara kebijakan publik, edukasi masyarakat, dan sistem produksi pangan lokal. Pemerintah perlu menyediakan insentif bagi petani yang menerapkan praktik ramah lingkungan, memperluas akses pangan sehat melalui pasar lokal, serta mengintegrasikan pendidikan gizi berkelanjutan dalam kurikulum sekolah.

8.2.5 Peran Edukasi dan Kebijakan Pangan

Untuk memperkuat implementasi pola makan berkelanjutan, diperlukan pendekatan interdisipliner yang melibatkan sektor pendidikan, kesehatan, dan pertanian. Edukasi masyarakat tentang pentingnya memilih makanan yang sehat dan ramah lingkungan

harus diperluas melalui kampanye publik dan pelatihan gizi berbasis komunitas. Selain itu, kebijakan pemerintah yang mendorong reformasi sistem pangan—seperti pembatasan iklan makanan olahan dan pengenaan pajak karbon pada industri peternakan intensif—dapat mempercepat transisi menuju sistem pangan yang lebih hijau dan adil.

Dalam jangka panjang, perubahan pola makan menuju *Planetary Health Diet* dapat membantu menciptakan generasi yang lebih sehat, lingkungan yang lebih lestari, dan sistem pangan global yang tangguh menghadapi perubahan iklim. Dengan kesadaran kolektif dan dukungan kebijakan yang memadai, pola makan berkelanjutan bukan hanya pilihan gaya hidup, melainkan tanggung jawab moral terhadap kelestarian bumi dan kehidupan masa depan.

8.3 Ketahanan Pangan dan Perubahan Sosial Ekonomi

Ketahanan pangan tidak hanya bergantung pada ketersediaan komoditas, tetapi juga pada dimensi akses ekonomi, distribusi yang efisien, serta kondisi sosial yang membentuk preferensi konsumsi dan kemampuan rumah tangga memenuhi kebutuhan gizi. Dalam konteks urbanisasi dan perubahan struktur kerja, sistem pangan menghadapi tekanan baru: volatilitas harga, kerentanan mata pencaharian, dan ketimpangan akses yang memperlebar *food insecurity*. Di sisi lain, inovasi teknologi pangan dan praktik *urban farming* membuka peluang kemandirian dan diversifikasi sumber

pangan, khususnya di wilayah perkotaan. Bagian ini menguraikan keterkaitan faktor ekonomi-sosial dengan distribusi, lalu memaparkan peran teknologi dan *urban farming* sebagai penguat ketahanan pangan kontemporer (FAO, 2023).

8.3.1 Akses Ekonomi, Harga, dan Modal Sosial

Akses ekonomi menentukan kemampuan rumah tangga membeli pangan bergizi. Pendapatan yang fluktuatif—akibat *informal employment*, guncangan makroekonomi, atau bencana iklim, mengurangi daya beli dan mendorong konsumsi pangan murah namun rendah gizi. Instrumen perlindungan sosial seperti bantuan tunai, *e-voucher*, dan subsidi terarah membantu menstabilkan akses saat harga ber gejolak, tetapi efektivitasnya bergantung pada akurasi penargetan dan interoperabilitas data kependudukan. Modal sosial juga berperan: jejaring komunitas, koperasi, dan *community pantry* memperkecil biaya transaksi dan menjadi bantalan saat pendapatan menurun.

Di tingkat mikro, literasi finansial dan akses *fintech* pertanian, misalnya *pay-as-you-harvest* atau asuransi indeks iklim meningkatkan daya tahan produsen kecil. Di hilir, perubahan preferensi ke pangan siap saji mendorong pergeseran pola pengeluaran; intervensi gizi perlu menyoar edukasi konsumsi sehat agar peningkatan daya beli benar-benar diikuti peningkatan kualitas gizi (FAO, 2023).

8.3.2 Distribusi, Infrastruktur, dan Dinamika Sosial

Distribusi yang adil menuntut *value chain* yang tangguh. Kualitas jalan, *first-mile logistics*, dan kapasitas *cold chain*

menentukan kehilangan pascapanen, harga di konsumen, serta stabilitas pasokan. Investasi pada gudang pendingin komunal, *milk run* logistik, dan digitalisasi *supply chain* (pelacakan asal, *demand forecasting*) menekan *food loss* dan memperbaiki margin produsen.

Dimensi sosial seperti kesenjangan gender dalam akses lahan dan input mempengaruhi produktivitas dan keputusan distribusi di tingkat rumah tangga. Kebijakan yang mengakui peran perempuan petani, memperkuat hak atas lahan, serta menyediakan layanan penyuluhan inklusif mempercepat perbaikan produktivitas dan ketahanan pangan. Di perkotaan, *last-mile delivery* melalui *platform e-commerce* pangan memperluas akses, tetapi berisiko meminggirkan pedagang kecil jika tidak ada regulasi persaingan dan skema kemitraan yang adil.

8.3.3 Teknologi Pangan, *Urban Farming*, dan Kemandirian

Kemajuan teknologi mempercepat transformasi sistem pangan dari hulu ke hilir. Di produksi, *precision agriculture* memanfaatkan sensor, *Internet of Things (IoT)*, dan citra satelit untuk optimasi input, penghematan air, serta pengelolaan hama berbasis data. Pendekatan *climate-smart agriculture* menggabungkan varietas toleran cekaman, praktik konservasi tanah, dan manajemen risiko iklim. Pada pengolahan, inovasi *minimal processing*, pengemasan cerdas, dan fortifikasi mikro-nutrien memperpanjang umur simpan sekaligus menjaga kualitas gizi.

Di wilayah padat penduduk, *urban farming*—meliputi hidroponik, akuaponik, dan vertikultur mengubah ruang sempit

menjadi sumber sayuran segar sepanjang tahun. Praktik ini mempersingkat rantai pasok, menekan jejak karbon transportasi, dan memperkuat *food literacy* warga. Bukti kajian mutakhir menunjukkan *urban farming* berkontribusi pada ketahanan pangan rumah tangga, penciptaan kerja hijau, dan kohesi komunitas, terutama bila didukung kebijakan tata ruang, insentif air-listrik, serta skema pasar lokal yang pasti (Kaur, Dhir, Talwar, & Ghuman, 2022).

Transformasi digital melengkapi upaya tersebut melalui *marketplace* hasil tani, *crowdfunding* pertanian, dan dasbor analitik untuk koperasi. Namun, adopsi teknologi harus memperhatikan literasi digital, keamanan data, dan kelayakan finansial agar tidak memperlebar kesenjangan. Sinergi kebijakan—inklusif, berbasis bukti, dan lintas sektor—menjamin teknologi dan *urban farming* bermuara pada kemandirian, gizi yang lebih baik, serta ketahanan pangan yang berkelanjutan.

8.4 Tren Pola Makan Masyarakat Modern

8.4.1 Perubahan Pola Konsumsi di Era Modern

Perubahan pola konsumsi masyarakat modern dalam satu dekade terakhir menunjukkan peningkatan signifikan pada konsumsi makanan cepat saji (*fast food*) dan makanan olahan tinggi (*ultra-processed foods* atau UPF). Perkembangan teknologi, urbanisasi, serta meningkatnya aktivitas kerja membuat masyarakat lebih memilih makanan yang praktis dan cepat saji. Fenomena ini juga

didukung oleh kemudahan layanan pesan antar makanan serta pemasaran agresif dari industri makanan global. Makanan cepat saji kini bukan sekadar kebutuhan, tetapi telah menjadi bagian dari gaya hidup masyarakat urban yang menekankan kecepatan dan efisiensi.

Tren tersebut membawa dampak pada pergeseran budaya makan, masyarakat beralih dari makanan tradisional yang berbasis bahan segar dan alami ke arah makanan kemasan, beku, dan siap konsumsi. Pergeseran ini berdampak pada menurunnya kualitas gizi karena UPF umumnya tinggi gula, lemak jenuh, dan garam, namun rendah serat serta mikronutrien penting. Kondisi ini meningkatkan risiko obesitas, penyakit jantung, diabetes tipe 2, serta berbagai gangguan metabolik lainnya (González & Martínez, 2023).

8.4.2 Faktor Sosial dan Ekonomi yang Mempengaruhi

Tingginya konsumsi makanan cepat saji dan UPF tidak terlepas dari pengaruh sosial dan ekonomi. Faktor ekonomi menjadi salah satu pendorong utama, di mana harga makanan cepat saji relatif terjangkau dibandingkan dengan makanan sehat berbahan segar. Selain itu, gaya hidup urban menyebabkan berkurangnya waktu memasak di rumah, khususnya bagi masyarakat pekerja yang padat aktivitas. Di sisi lain, perubahan struktur keluarga, seperti meningkatnya partisipasi perempuan dalam dunia kerja, turut memperkuat ketergantungan pada makanan instan atau siap saji.

Konsumsi makanan cepat saji telah melonjak secara global, menimbulkan kekhawatiran kritis bagi kesehatan masyarakat. Tinjauan sistematis ini menganalisis hubungan antara asupan

makanan cepat saji dan dampak metabolik serta kardiovaskularnya, terutama obesitas (Lestari,2023)

https://journal.sinergi.or.id/index.php/jhlqr/article/view/542?utm_source=chatgpt.com

Selain itu, promosi masif di media digital dan media sosial membentuk persepsi bahwa makanan cepat saji identik dengan modernitas dan kepraktisan. Generasi muda yang tumbuh di era digital menjadi sasaran utama industri ini. Promosi yang menekankan kecepatan layanan dan rasa yang menarik memperkuat kebiasaan konsumsi tanpa mempertimbangkan dampak jangka panjang terhadap kesehatan. Akibatnya, makanan cepat saji menjadi bagian dari rutinitas, bukan sekadar pilihan sesekali. Paparan pemasaran makanan dan minuman tidak sehat merupakan faktor risiko yang diakui secara luas untuk perkembangan obesitas dan penyakit tidak menular pada generasi muda. Pemasaran makanan melibatkan penggunaan berbagai teknik persuasif untuk memengaruhi sikap, preferensi, dan konsumsi makanan generasi muda (Smith,et al, 2019)

https://www.mdpi.com/20726643/11/4/875?utm_source=chatgpt.com

8.4.3 Dampak Kesehatan dari Konsumsi *Ultra-Processed Foods*

Konsumsi berlebihan terhadap UPF memiliki implikasi kesehatan yang serius. Produk-produk ini mengandung bahan tambahan seperti pengawet, pewarna, pemanis buatan, dan penstabil yang dalam jangka panjang dapat memengaruhi fungsi metabolisme tubuh. Sejumlah penelitian mutakhir menunjukkan bahwa

peningkatan konsumsi UPF hingga 10% dari total asupan energi harian dapat meningkatkan risiko kematian akibat semua penyebab sebesar 10–15%. Dampak jangka panjangnya juga mencakup gangguan kesehatan mental, seperti kecemasan dan depresi, akibat ketidakseimbangan gizi dan ketergantungan terhadap makanan tinggi gula (Frontini et al., 2024).

Kandungan kalori tinggi dalam UPF seringkali tidak diimbangi dengan kandungan nutrisi esensial. Konsumsi berlebihan dapat menyebabkan kelebihan energi, obesitas, dan resistensi insulin. Sementara itu, kandungan aditif tertentu, seperti natrium tinggi, turut meningkatkan risiko hipertensi dan gangguan kardiovaskular. Dengan demikian, pergeseran pola makan masyarakat modern menuntut perhatian serius karena berpotensi menurunkan kualitas kesehatan populasi secara umum. Peningkatan konsumsi makanan cepat saji dikaitkan dengan asupan makanan yang buruk dan beberapa faktor risiko PJK pada orang dewasa Iran (Wang, 2020)

https://www.mdpi.com/20726643/12/10/2934?utm_source=chatgpt.com

8.4.4 Strategi Edukasi dan Promosi Pola Makan Sehat

Untuk menghadapi meningkatnya konsumsi makanan cepat saji, strategi edukasi dan promosi pola makan sehat menjadi kebutuhan mendesak. Edukasi gizi perlu ditanamkan sejak dini melalui sistem pendidikan, dengan menekankan pentingnya konsumsi makanan alami seperti buah, sayuran, biji-bijian utuh, serta protein rendah lemak. Pemerintah juga perlu memperkuat

kebijakan pelabelan gizi yang mudah dipahami agar masyarakat dapat membuat keputusan konsumsi yang lebih sadar dan sehat.

Edukasi Pola Makan Sehat Bagi generasi muda dengan “Mengurangi Konsumsi Makanan Cepat Saji Untuk Hidup Lebih Sehat” bertujuan untuk meningkatkan kesadaran generasi muda akan pentingnya pola makan sehat. Inisiatif ini berfokus pada pengurangan konsumsi makanan tinggi natrium, pedas, dan manis, seperti ayam geprek dan es teh, yang umum dikonsumsi karena praktis dan terjangkau. (Efendy dkk, 2024)

https://pakisjournal.com/index.php/mestaka/article/view/516?utm_source=chatgpt.com

Kampanye publik melalui media sosial dapat menjadi sarana efektif untuk menjangkau generasi muda, menggunakan pendekatan yang menarik seperti *challenge* memasak sehat atau kompetisi menu tradisional bergizi. Selain itu, kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, industri pangan, dan masyarakat sipil dapat memperkuat upaya menciptakan lingkungan yang mendukung gaya hidup sehat. Penyediaan pilihan makanan sehat di sekolah, kantor, dan ruang publik merupakan langkah konkret yang dapat mengubah kebiasaan konsumsi secara bertahap.

8.4.5 Arah Kebijakan dan Inovasi Masa Depan

Kebijakan masa depan perlu berfokus pada pengurangan konsumsi UPF melalui pendekatan berbasis bukti ilmiah dan teknologi pangan berkelanjutan. Inovasi dalam pengembangan produk pangan sehat, praktis, dan terjangkau dapat menjadi solusi untuk menggantikan ketergantungan masyarakat terhadap produk

olahan tinggi. Pemerintah perlu memperkuat pengawasan terhadap iklan dan distribusi makanan cepat saji, serta mendorong riset dan pengembangan produk pangan lokal yang bergizi. Instruksi Presiden Nomor 1 Tahun 2017 tentang Gerakan Masyarakat Hidup Sehat dan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 39 Tahun 2016 tentang Pedoman Penyelenggaraan Program Indonesia Sehat dengan Pendekatan Keluarga, sekaligus menjadi dasar operasional terkait aspek-pelaksanaan hidup sehat.

https://extranet.who.int/ncdccc/Data/IDN_B27_s21_Presidential%20Instruction%20No.%201%20Year%202017%20on%20GERMAS.pdf?utm_source=chatgpt.com

Di sisi lain, perubahan perilaku konsumsi juga harus didukung oleh peningkatan kesadaran individu terhadap pentingnya *mindful eating*, yaitu kebiasaan makan dengan memperhatikan kebutuhan tubuh dan kualitas makanan yang dikonsumsi. Dengan demikian, strategi edukasi, kebijakan publik, dan inovasi pangan yang sinergis dapat mengarahkan masyarakat menuju pola makan yang lebih sehat, berkelanjutan, dan seimbang antara aspek praktis dan gizi (González & Martínez, 2023; Frontini et al., 2024).

8.5 Latihan Soal

1. Jelaskan pengaruh perubahan iklim terhadap ketahanan pangan!
2. Apa itu pola makan Planetary Health Diet?
3. Sebutkan tantangan pola makan masyarakat modern!
4. Bagaimana urban farming membantu ketahanan pangan?
5. Mengapa penting mengurangi konsumsi ultra-processed food?

Bab 9: Inovasi Pangan dan Teknologi Gizi

9.1 Definisi Inovasi Pangan

Inovasi pangan merujuk pada pengembangan dan penerapan ide-ide baru yang terkait dengan produksi, pengolahan, distribusi, dan konsumsi makanan. Tujuan utama dari inovasi ini adalah untuk meningkatkan kualitas gizi, keamanan pangan, efisiensi, dan keberlanjutan sistem pangan secara keseluruhan. Inovasi pangan tidak hanya mencakup penemuan produk makanan baru, tetapi juga mencakup perbaikan dalam proses dan teknologi yang digunakan dalam seluruh rantai pasok pangan, dari bahan baku hingga konsumsi akhir (Yulianti, 2019). Dengan demikian, inovasi pangan memiliki potensi untuk mengatasi berbagai tantangan dalam sektor pangan, seperti kekurangan gizi, pemborosan pangan, dan dampak lingkungan yang negatif.

9.1.1 Aspek-Aspek Inovasi Pangan

Inovasi pangan mencakup berbagai aspek yang saling berkaitan. Di sisi produksi, inovasi dapat mencakup pengembangan varietas tanaman baru yang lebih tahan terhadap penyakit, perubahan iklim, atau memiliki kandungan gizi yang lebih tinggi. Pada sisi pengolahan, inovasi dapat berupa penerapan teknologi baru yang lebih efisien dan ramah lingkungan, seperti teknik pengolahan

makanan yang lebih hemat energi atau pengemasan yang dapat memperpanjang umur simpan makanan. Di sisi distribusi, inovasi dapat melibatkan perbaikan dalam rantai pasok untuk mengurangi pemborosan pangan dan meningkatkan aksesibilitas makanan sehat bagi masyarakat. Sedangkan dalam hal konsumsi, inovasi dapat berupa pengembangan produk pangan yang lebih bergizi, terjangkau, dan sesuai dengan selera konsumen modern (Suryani, 2020).

9.1.2 Tujuan dan Manfaat Inovasi Pangan

Tujuan utama dari inovasi pangan adalah untuk menciptakan sistem pangan yang lebih efisien, aman, dan berkelanjutan. Inovasi ini dapat meningkatkan kualitas gizi dengan menciptakan produk makanan yang lebih kaya akan nutrisi penting, seperti protein, vitamin, dan mineral. Selain itu, inovasi pangan juga berfokus pada peningkatan keamanan pangan dengan mengurangi risiko kontaminasi dan memastikan produk pangan bebas dari bahan berbahaya. Dari perspektif keberlanjutan, inovasi pangan berupaya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti mengurangi limbah makanan, menggunakan sumber daya secara lebih efisien, dan mengurangi jejak karbon dalam proses produksi dan distribusi pangan (Yulianti, 2019).

9.1.3 Tantangan dalam Implementasi Inovasi Pangan

Meskipun inovasi pangan menawarkan banyak potensi untuk meningkatkan sistem pangan, terdapat beberapa tantangan dalam implementasinya. Salah satunya adalah kebutuhan untuk adopsi teknologi yang memadai di seluruh rantai pasok pangan, yang

mungkin memerlukan investasi besar dan perubahan dalam kebiasaan produksi dan konsumsi. Selain itu, inovasi pangan juga harus mempertimbangkan aspek sosial dan budaya, karena kebiasaan makan yang sudah mapan di masyarakat dapat mempengaruhi penerimaan terhadap produk pangan baru. Tantangan lainnya adalah memastikan bahwa inovasi pangan tetap terjangkau bagi semua lapisan masyarakat, terutama di negara berkembang, agar manfaat dari inovasi ini dapat dirasakan secara merata (Suryani, 2020).

9.2 Teknologi Baru dalam Pengolahan Pangan

Pengolahan pangan yang efisien dan aman sangat penting untuk memastikan keberlanjutan pasokan pangan berkualitas bagi masyarakat. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, berbagai inovasi dalam pengolahan pangan telah diperkenalkan untuk meningkatkan nilai gizi, memperpanjang umur simpan, serta menjaga keamanan pangan. Teknologi-teknologi baru seperti *high pressure processing* (HPP), iradiasi pangan, fermentasi modern, dan teknologi nano telah menunjukkan potensi besar dalam mengoptimalkan kualitas produk pangan dan mengurangi kehilangan nutrisi selama proses produksi.

9.2.1 High Pressure Processing (HPP)

High pressure processing (HPP) adalah teknologi pengolahan pangan yang menggunakan tekanan tinggi untuk membunuh mikroorganisme patogen tanpa memerlukan suhu tinggi.

Teknologi ini melibatkan pemrosesan pangan dengan tekanan yang sangat tinggi, yang dapat mencapai lebih dari 600 MPa, untuk menghancurkan sel-sel mikroba yang dapat merusak pangan. Keuntungan utama HPP adalah kemampuannya untuk mempertahankan nilai gizi, warna, dan rasa pangan, sehingga produk yang dihasilkan tetap memiliki kualitas yang sangat baik. Selain itu, HPP juga memperpanjang umur simpan produk tanpa menambahkan bahan pengawet kimia, menjadikannya pilihan yang lebih alami untuk pengolahan pangan (Sumarni & Fitria, 2020).

9.2.2 Iradiasi Pangan

Iradiasi pangan adalah proses pengolahan yang menggunakan radiasi elektromagnetik atau partikel untuk membunuh mikroorganisme dan parasit yang dapat menyebabkan kerusakan pada produk pangan. Teknologi ini efektif dalam membunuh patogen penyebab penyakit, memperpanjang umur simpan produk, dan mengurangi pembusukan pangan. Meskipun proses ini tidak mempengaruhi rasa atau tekstur produk, iradiasi pangan harus dilakukan dengan pengawasan yang ketat untuk memastikan bahwa dosis radiasi yang digunakan aman bagi kesehatan manusia. Selain itu, iradiasi juga dapat mengurangi kehilangan nutrisi yang biasanya terjadi pada pengolahan pangan konvensional, seperti pemasakan pada suhu tinggi (Haris & Anwar, 2021).

9.2.3 Fermentasi Modern

Fermentasi modern adalah proses bioteknologi yang memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri, ragi, atau jamur

untuk mengubah bahan pangan menjadi produk yang lebih bernutrisi dan tahan lama. Selain digunakan dalam produksi makanan seperti yogurt, keju, dan tempe, fermentasi juga dapat meningkatkan kandungan nutrisi seperti vitamin dan asam amino pada beberapa produk. Fermentasi modern juga memungkinkan produksi pangan fungsional yang memiliki manfaat kesehatan tambahan, seperti produk probiotik yang mendukung kesehatan pencernaan. Teknologi ini membantu mengurangi pemborosan pangan dengan mengubah bahan baku yang mungkin tidak tahan lama menjadi produk yang lebih bergizi dan memiliki umur simpan lebih lama (Sumarni & Fitria, 2020).

9.2.4 Teknologi Nano dalam Pengolahan Pangan

Teknologi nano merupakan penerapan ilmu material pada skala nano untuk menciptakan produk pangan dengan sifat yang ditingkatkan. Dalam pengolahan pangan, teknologi nano digunakan untuk meningkatkan keamanan pangan, memperpanjang umur simpan, dan memperbaiki sifat fungsional bahan makanan. Contoh penerapan teknologi nano dalam pangan termasuk pengemasan dengan lapisan nano yang dapat mencegah oksidasi dan pertumbuhan mikroba, serta penggunaan nanopartikel dalam pengawetan dan penyerapan nutrisi. Teknologi ini memungkinkan formulasi produk pangan yang lebih efisien dalam melindungi nutrisi serta meningkatkan kesegaran produk selama transportasi dan penyimpanan (Haris & Anwar, 2021).

9.2.5 Manfaat Teknologi Baru dalam Pengolahan Pangan

Penerapan teknologi baru dalam pengolahan pangan membawa banyak manfaat, antara lain peningkatan kualitas gizi, keamanan pangan, dan efisiensi dalam proses produksi. Teknologi seperti HPP dan iradiasi pangan tidak hanya efektif dalam memperpanjang umur simpan, tetapi juga mengurangi penggunaan bahan pengawet kimia yang sering kali menjadi perhatian bagi konsumen yang menginginkan produk alami. Fermentasi modern dan teknologi nano juga membuka peluang untuk mengembangkan produk pangan yang lebih sehat dan ramah lingkungan, yang dapat berkontribusi pada keberlanjutan sistem pangan global (Sumarni & Fitria, 2020).

9.3 Fortifikasi dan Biofortifikasi

Fortifikasi dan biofortifikasi adalah dua pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah kekurangan gizi mikro di masyarakat, khususnya defisiensi vitamin dan mineral yang dapat berdampak buruk pada kesehatan masyarakat. Kedua strategi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas gizi makanan dan memastikan akses masyarakat terhadap zat gizi penting, terutama di negara-negara dengan tingkat malnutrisi yang tinggi.

9.3.1 Fortifikasi Pangan

Fortifikasi adalah proses penambahan zat gizi mikro, seperti vitamin dan mineral, ke dalam pangan untuk meningkatkan kandungan gizinya dan mengurangi risiko defisiensi gizi pada

populasi. Fortifikasi dilakukan pada produk pangan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat, seperti garam, tepung terigu, minyak, dan susu, dengan tujuan untuk meningkatkan asupan gizi masyarakat tanpa perlu mengubah pola makan mereka secara signifikan. Misalnya, penambahan yodium pada garam atau zat besi pada tepung terigu adalah contoh fortifikasi yang telah terbukti efektif dalam mengatasi masalah kekurangan yodium dan anemia defisiensi besi di banyak negara (Zimmermann & Jooste, 2012).

Fortifikasi pangan dapat menjadi solusi yang efektif dan ekonomis untuk mengatasi masalah defisiensi gizi mikro yang luas. Namun, keberhasilannya sangat bergantung pada implementasi yang tepat, pengawasan kualitas, dan kepatuhan terhadap regulasi yang ada. Dengan fortifikasi yang tepat, banyak negara dapat mencapai perbaikan dalam status gizi penduduknya tanpa memerlukan perubahan besar dalam kebiasaan makan.

9.3.2 Biofortifikasi Tanaman

Biofortifikasi adalah teknik yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan gizi tanaman melalui metode pertanian dan bioteknologi. Berbeda dengan fortifikasi, yang melibatkan penambahan zat gizi ke dalam makanan setelah diproduksi, biofortifikasi bekerja dengan meningkatkan kandungan gizi dalam tanaman itu sendiri sejak tahap pertumbuhannya. Ini dapat dilakukan melalui seleksi tanaman unggul, rekayasa genetika, atau teknik pertanian lainnya yang dirancang untuk meningkatkan kandungan vitamin dan mineral dalam tanaman pangan utama, seperti padi, jagung, gandum, dan ubi jalar.

Contoh biofortifikasi yang sukses adalah pengembangan padi yang kaya akan beta-karoten, yang dikenal dengan sebutan "Golden Rice," yang bertujuan untuk mengatasi defisiensi vitamin A di negara-negara berkembang. Selain itu, ubi jalar yang diperkaya dengan beta-karoten dan jagung dengan kandungan zinc yang lebih tinggi juga merupakan contoh biofortifikasi yang berhasil. Biofortifikasi menawarkan potensi besar untuk menyediakan solusi jangka panjang terhadap masalah kekurangan gizi mikro, terutama di daerah-daerah yang tergantung pada konsumsi pangan lokal yang terbatas (Bouis & Saltzman, 2017).

9.3.3 Perbandingan dan Keunggulan Keduanya

Kedua pendekatan ini memiliki keunggulan dan tantangan masing-masing. Fortifikasi lebih cepat diterapkan dan dapat menjangkau populasi secara luas dengan biaya relatif rendah. Namun, fortifikasi hanya efektif jika ada distribusi pangan yang tepat dan jika masyarakat mengonsumsi produk fortifikasi secara rutin. Sementara itu, biofortifikasi berfokus pada solusi jangka panjang dan lebih berkelanjutan karena meningkatkan kandungan gizi langsung dalam pangan pokok yang dikonsumsi sehari-hari. Meskipun demikian, pengembangan dan implementasi biofortifikasi memerlukan riset dan teknologi yang lebih kompleks serta waktu yang lebih lama untuk hasil yang optimal.

9.4 Dampak Inovasi terhadap Gizi Masyarakat

Inovasi dalam teknologi pangan telah memberikan dampak signifikan terhadap perbaikan status gizi masyarakat, terutama dalam upaya mengurangi kekurangan zat gizi mikro yang sering dialami oleh kelompok masyarakat tertentu. Teknologi pangan yang berkembang telah memungkinkan terciptanya produk-produk makanan yang lebih bergizi, terjangkau, dan mudah diakses oleh berbagai lapisan masyarakat. Salah satu contoh inovasi yang paling penting adalah fortifikasi pangan, di mana zat gizi mikro seperti vitamin dan mineral ditambahkan ke dalam produk makanan dasar seperti garam, tepung, atau minyak. Pendekatan ini telah terbukti efektif dalam mengatasi defisiensi zat gizi mikro, seperti kekurangan vitamin A, zat besi, dan yodium, yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat, terutama pada anak-anak dan ibu hamil.

9.4.1 Pengurangan Defisiensi Zat Gizi Mikro

Inovasi teknologi pangan dalam hal fortifikasi juga berperan besar dalam meningkatkan akses masyarakat terhadap zat gizi penting yang mungkin sulit diperoleh melalui pola makan sehari-hari. Dengan menambahkan zat gizi ke dalam makanan yang sering dikonsumsi masyarakat, seperti garam beryodium atau tepung terigu yang diperkaya dengan zat besi, banyak negara telah berhasil mengurangi angka defisiensi zat gizi mikro. Program fortifikasi ini tidak hanya terbatas pada produk pangan yang dikonsumsi secara luas, tetapi juga mencakup suplemen yang ditujukan untuk kelompok rentan, seperti balita dan ibu hamil, yang lebih

mebutuhkan asupan gizi seimbang untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan (Sutrisno, 2020).

9.4.2 Meningkatkan Kesadaran Gizi di Masyarakat

Selain itu, inovasi dalam teknologi pangan juga berperan dalam meningkatkan kesadaran gizi di kalangan masyarakat. Dengan adanya label gizi pada kemasan produk pangan, masyarakat dapat dengan mudah mengakses informasi tentang kandungan gizi dalam makanan yang mereka konsumsi. Teknologi ini membantu konsumen untuk membuat pilihan yang lebih sehat dan terinformasi, serta mendorong produsen makanan untuk lebih memperhatikan kualitas gizi produk mereka. Kampanye edukasi tentang pola makan sehat yang dilaksanakan melalui media digital dan media sosial juga menjadi sarana yang efektif untuk meningkatkan kesadaran tentang pentingnya gizi yang seimbang, dengan pendekatan yang lebih personal dan menarik bagi berbagai kalangan (Rahmadani, 2020).

9.4.3 Penyediaan Produk Makanan yang Lebih Sehat dan Terjangkau

Inovasi juga telah menghasilkan produk makanan yang lebih sehat namun tetap terjangkau bagi masyarakat, terutama di daerah-daerah dengan tingkat ekonomi yang lebih rendah. Teknologi pangan memungkinkan produsen untuk menghasilkan makanan dengan biaya yang lebih efisien tanpa mengurangi kualitas gizi. Misalnya, pengembangan produk pangan berbasis tanaman lokal yang kaya akan gizi, seperti tepung berbasis ubi jalar atau singkong, telah membantu menyediakan alternatif makanan sehat yang lebih murah dan mudah diakses oleh masyarakat miskin. Dengan

demikian, inovasi dalam sektor pangan tidak hanya berfokus pada peningkatan kualitas makanan, tetapi juga pada aksesibilitas dan keterjangkauan pangan yang bergizi bagi seluruh lapisan masyarakat (Sari, 2019).

9.5 Latihan Soal

1. Apa yang dimaksud dengan inovasi pangan?
2. Sebutkan dua teknologi baru yang digunakan dalam pengolahan pangan!
3. Jelaskan perbedaan antara fortifikasi dan biofortifikasi!
4. Apa manfaat utama dari penerapan teknologi pengolahan pangan modern?
5. Bagaimana dampak inovasi pangan terhadap status gizi masyarakat?

Bab 10: Kebijakan dan Program Gizi: Pendekatan Nasional dan Internasional

10.1 Kebijakan Nasional dalam Penanggulangan Masalah Gizi

Kebijakan nasional dalam penanggulangan masalah gizi memiliki peran strategis dalam mendukung pencapaian derajat kesehatan masyarakat yang optimal. Di Indonesia, tantangan gizi yang dihadapi bersifat ganda, yakni keberadaan masalah kekurangan gizi seperti stunting dan wasting, yang terjadi bersamaan dengan meningkatnya prevalensi kelebihan gizi seperti obesitas dan penyakit tidak menular terkait gizi. Oleh karena itu, pemerintah melalui Kementerian Kesehatan dan kementerian terkait telah merancang kebijakan yang holistik dan multisektoral, dengan tujuan utama menurunkan beban gizi ganda serta memperkuat ketahanan pangan dan gizi nasional. Salah satu kebijakan kunci adalah *Rencana Aksi Nasional Pangan dan Gizi (RAN-PG)* yang menjadi peta jalan integratif dalam pengembangan intervensi berbasis bukti untuk memperbaiki status gizi masyarakat di seluruh tahapan kehidupan.

RAN-PG menekankan pentingnya pendekatan berbasis siklus hidup yang dimulai sejak masa prakonsepsi, kehamilan, hingga usia lanjut, dengan fokus pada intervensi spesifik dan sensitif. Intervensi spesifik meliputi pemberian suplemen zat gizi, fortifikasi pangan, dan edukasi gizi, sedangkan intervensi sensitif mencakup peningkatan akses terhadap air bersih, sanitasi, serta pemberdayaan ekonomi keluarga. Di sisi lain, kebijakan *Gerakan Masyarakat Hidup Sehat (GERMAS)* juga mendukung upaya penanggulangan masalah gizi dengan mengedepankan gaya hidup sehat, konsumsi pangan bergizi seimbang, peningkatan aktivitas fisik, dan pemeriksaan kesehatan rutin. GERMAS tidak hanya menargetkan individu, tetapi juga mendorong keterlibatan seluruh lapisan masyarakat melalui kegiatan kampanye, penguatan institusi pendidikan, dan dukungan dari sektor swasta serta media massa (Rachmi et al., 2018).

Keberhasilan implementasi kebijakan gizi nasional sangat bergantung pada kolaborasi lintas sektor yang harmonis. Sektor pertanian berperan dalam penyediaan pangan bergizi dan terjangkau, sektor pendidikan bertanggung jawab atas integrasi pendidikan gizi dalam kurikulum, sementara sektor sosial mendukung pemberdayaan masyarakat rentan melalui bantuan dan pelatihan. Sinergi ini mencerminkan pendekatan *nutrition-sensitive development* yang menempatkan isu gizi sebagai agenda prioritas dalam pembangunan berkelanjutan. Penelitian menunjukkan bahwa intervensi lintas sektor yang terkoordinasi dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap penurunan prevalensi stunting dan

memperbaiki indikator gizi secara nasional (Avula et al., 2021). Oleh karena itu, penguatan sistem koordinasi, alokasi anggaran yang memadai, serta monitoring dan evaluasi berbasis data sangat penting untuk memastikan bahwa kebijakan nasional di bidang gizi dapat berjalan secara efektif dan berkelanjutan.

10.2 Program Nasional untuk Peningkatan Status Gizi

10.2.1 Intervensi Makro: Suplementasi dan Fortifikasi

Program peningkatan status gizi di Indonesia telah mencakup berbagai pendekatan, baik berbasis kebijakan nasional maupun intervensi langsung kepada masyarakat. Salah satu strategi utama adalah suplementasi zat gizi mikro seperti vitamin A untuk anak usia balita dan zat besi untuk remaja putri dan ibu hamil. Program ini dirancang untuk mencegah defisiensi gizi yang berdampak pada tumbuh kembang dan produktivitas individu (de Benoist et al., 2008).

Selain suplementasi, fortifikasi pangan—yakni penambahan zat gizi esensial ke dalam makanan pokok seperti tepung terigu dan garam—juga menjadi bagian penting dari intervensi berskala luas. Pendekatan ini efektif dalam menjangkau populasi besar tanpa perlu mengubah perilaku konsumsi secara drastis, menjadikannya solusi berkelanjutan untuk pencegahan masalah gizi tersembunyi.

10.2.2 Pendekatan Edukatif: Program Gizi Seimbang

Penerapan *Program Gizi Seimbang* menggantikan paradigma sebelumnya yang hanya menekankan empat sehat lima sempurna. Program ini menekankan pentingnya konsumsi makanan beragam, aktivitas fisik, pemantauan berat badan secara rutin, serta menjaga kebersihan lingkungan dan makanan.

Melalui kampanye edukasi di sekolah, fasilitas kesehatan, dan media massa, program ini bertujuan membentuk pola konsumsi yang sehat dan berkelanjutan. Edukasi gizi juga diarahkan untuk menguatkan pemahaman masyarakat akan hubungan antara pola makan dan risiko penyakit tidak menular, seperti diabetes dan hipertensi.

10.2.3 Penguatan Intervensi Berbasis Komunitas

Program seperti *Posyandu* dan *Program Keluarga Harapan (PKH)* memainkan peran penting dalam mendekatkan layanan gizi ke tingkat keluarga. *Posyandu*, yang dikelola oleh kader masyarakat, menjadi garda terdepan dalam pemantauan pertumbuhan balita, distribusi vitamin A, dan penyuluhan gizi.

Sementara itu, *PKH* memberikan bantuan tunai bersyarat yang mendorong praktik sehat, seperti pemeriksaan kehamilan dan imunisasi anak. Pendekatan berbasis komunitas ini terbukti meningkatkan efektivitas program gizi karena mendorong partisipasi aktif, membangun rasa kepemilikan, dan memperkuat keberlanjutan intervensi (Friedman et al., 2017).

10.3 Pendekatan Internasional dalam Peningkatan Gizi Global

10.3.1 Kolaborasi Global untuk Penanggulangan Malnutrisi

Upaya peningkatan gizi global memerlukan pendekatan lintas negara yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan di tingkat internasional. Organisasi seperti *World Health Organization* (WHO), *United Nations Children's Fund* (UNICEF), *Food and Agriculture Organization* (FAO), dan *World Food Programme* (WFP) berperan sentral dalam merumuskan kebijakan dan mengimplementasikan program untuk menurunkan prevalensi malnutrisi. Salah satu inisiatif utama yang dijalankan secara kolektif adalah *Scaling Up Nutrition (SUN)*, yang mengedepankan intervensi berbasis bukti untuk mengatasi berbagai bentuk kekurangan gizi, termasuk *stunting*, *wasting*, dan defisiensi mikronutrien (Gillespie et al., 2013).

10.3.2 Target Global dan Agenda Pembangunan Berkelanjutan

Sebagai bagian dari *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan ke-2 yaitu “Zero Hunger”, pendekatan internasional difokuskan pada pencapaian *Global Nutrition Targets 2030* yang ditetapkan oleh WHO. Target ini mencakup penurunan prevalensi *stunting* sebesar 50%, pengurangan anemia pada wanita usia subur, serta peningkatan angka pemberian ASI eksklusif. Pencapaian target tersebut menuntut integrasi lintas sektor, mulai dari kesehatan, pertanian, pendidikan, hingga perlindungan sosial,

serta dukungan kebijakan nasional yang selaras dengan agenda global (Development Initiatives, 2020).

10.3.3 Akses, Keadilan, dan Ketahanan Sistem Pangan

Selain fokus pada intervensi langsung gizi, pendekatan global juga mencakup penguatan sistem pangan yang tangguh dan inklusif. Hal ini meliputi peningkatan akses terhadap makanan bergizi, pengurangan limbah pangan, serta distribusi sumber daya yang adil antarwilayah dan populasi. Ketimpangan dalam distribusi pangan menjadi tantangan serius dalam pencapaian keadilan gizi, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Oleh karena itu, pendekatan internasional menekankan pentingnya reformasi kebijakan pangan global dan investasi dalam sistem pertanian berkelanjutan.

10.4 Integrasi Kebijakan Nasional dan Internasional dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan

10.4.1 Harmonisasi Kebijakan Menuju Zero Hunger

Integrasi antara kebijakan nasional dan inisiatif internasional merupakan fondasi penting dalam mencapai *Sustainable Development Goals (SDGs)*, khususnya tujuan kedua, yaitu “*Zero Hunger*”. Tujuan ini menekankan pada penghapusan kelaparan dan peningkatan status gizi secara global. Pemerintah Indonesia telah mengambil langkah-langkah strategis untuk menyelaraskan kebijakan pangan dan gizi nasional dengan komitmen global. Salah

satunya adalah penetapan target nasional pengurangan stunting yang sejalan dengan kerangka SDGs, sebagai bagian dari upaya peningkatan kualitas hidup generasi masa depan (World Bank, 2021).

10.4.2 Strategi Nasional dalam Mendukung Agenda Global

Upaya integratif diwujudkan melalui Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) yang memasukkan penguatan intervensi gizi sebagai salah satu prioritas utama. Program-program seperti Gerakan Nasional Percepatan Perbaikan Gizi dan intervensi gizi spesifik bagi kelompok rentan didesain berdasarkan prinsip-prinsip inklusivitas dan berbasis bukti. Selain itu, Indonesia menjalin kemitraan dengan organisasi internasional seperti UNICEF, FAO, dan World Food Programme untuk mendukung implementasi program dan penyusunan kebijakan berbasis data. Kerja sama lintas sektor ini memperkuat efektivitas pelaksanaan dan memastikan keberlanjutan program di tingkat lokal (UNICEF, 2020).

10.4.3 Sinergi untuk Efektivitas Intervensi Gizi

Keberhasilan integrasi kebijakan sangat bergantung pada sinergi antara aktor nasional dan mitra internasional, termasuk pemerintah daerah, lembaga swadaya masyarakat, dan sektor swasta. Sinergi ini tercermin dalam pelaksanaan program gizi terpadu yang menggabungkan pendekatan promotif, preventif, dan kuratif. Dengan adanya sistem pemantauan terpadu, intervensi dapat disesuaikan secara dinamis sesuai kondisi wilayah dan kelompok sasaran. Pendekatan ini menjamin bahwa pembangunan gizi tidak

hanya responsif terhadap kebutuhan lokal, tetapi juga selaras dengan standar dan tujuan global.

10.5 Latihan Soal

1. Jelaskan tujuan utama kebijakan nasional di bidang gizi di Indonesia!
2. Sebutkan tiga program nasional yang berfokus pada peningkatan status gizi masyarakat!
3. Apa saja peran organisasi internasional dalam memperbaiki status gizi global?
4. Bagaimana integrasi kebijakan nasional dan internasional dapat mendukung pencapaian SDGs?
5. Berikan contoh sinergi antara kebijakan pemerintah Indonesia dengan inisiatif global dalam bidang gizi!

Profil Penulis



Bdn. Maulina Mawaddah, S.ST., M.Kes., lahir di Manambin pada 22 Juli 1987 dan saat ini berdomisili di Kota Medan. Ia memiliki hobi membaca, sebuah kegiatan yang mencerminkan semangatnya untuk terus belajar dan memperluas wawasan, terutama dalam bidang kesehatan dan kebidanan. Kepada para pembaca, ia berpesan bahwa setiap individu harus berdaya dalam membuat keputusan terhadap kesehatan reproduksinya. Menurutnya, penting bagi masyarakat untuk membangun budaya komunikasi yang terbuka dan saling menghormati dalam membicarakan isu-isu kesehatan reproduksi. Dengan kesadaran dan keterbukaan tersebut, setiap orang dapat berpartisipasi aktif dalam menjaga kesehatan diri dan mendukung terciptanya kesejahteraan bersama.



Endah Tri Wahyuni, S.ST., M.Kes. lahir di Karawang pada 19 September 1990 dan saat ini berdomisili di Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Ia memiliki hobi berolahraga, kegiatan yang mencerminkan semangatnya untuk menjaga kesehatan dan keseimbangan hidup. Kepada para pembaca, ia berpesan bahwa kebidanan bukan hanya tentang ilmu, tetapi juga tentang cinta, empati, dan ketulusan. Menurutnya, profesi bidan menuntut tidak hanya keahlian teknis, tetapi juga hati yang lembut dalam melayani. Dengan memadukan ilmu dan kasih, bidan dapat memberikan makna yang lebih dalam bagi kehidupan dan kesejahteraan ibu serta anak.



Fadila, S.K.M., M.Gz., lahir di Ternate pada 9 September 1982 dan saat ini berdomisili di Kota Ternate. Ia memiliki hobi menulis, berjalan pagi, dan menikmati secangkir kopi—aktivitas yang mencerminkan keseimbangan antara produktivitas, kesehatan, dan refleksi diri. Kepada para pembaca, ia mengucapkan terima kasih karena telah memilih buku ini sebagai sumber belajar. Ia berharap materi yang disajikan dapat memperluas wawasan, mempertajam pemahaman, serta mendorong pembaca untuk menerapkan ilmu gizi dalam praktik sehari-hari. Menurutnya, ilmu gizi adalah bidang yang terus berkembang, dan setiap individu memiliki peran penting dalam meningkatkan kesehatan masyarakat melalui pengetahuan yang tepat dan berbasis bukti. Dengan semangat tersebut, ia mengajak pembaca untuk terus belajar dan menjadikan ilmu sebagai bekal dalam menciptakan kehidupan yang lebih sehat dan bermakna.



Dr. apt. Mellova Amir, M.Sc., lahir di Bukittinggi pada 16 Oktober 1956 dan saat ini berdomisili di Jakarta. Ia memiliki hobi belajar, membaca, dan berkesenian—aktivitas yang mencerminkan semangatnya untuk terus menumbuhkan ilmu, memperkaya wawasan, serta mengekspresikan kreativitas dalam kehidupan sehari-hari. Kepada para pembaca, ia berpesan untuk jangan pernah berhenti belajar. Baginya, belajar adalah proses tanpa akhir yang menjadi kunci untuk berkembang, beradaptasi, dan berkontribusi dalam menghadapi perubahan zaman.



Puji Analia, S.Gz., M.Gz., lahir di Pekanbaru pada 30 Desember 1997 dan saat ini berdomisili di Kabupaten Kampar. Ia memiliki minat besar dalam dunia kreatif dan digital, dengan hobi menonton YouTube, mendesain grafis, serta mengedit video—

aktivitas yang mencerminkan perpaduan antara rasa ingin tahu, kreativitas, dan semangat belajar yang tinggi. Kepada para pembaca, ia berpesan untuk tetap haus akan ilmu. Menurutnya, dahaga terhadap pengetahuan adalah kekuatan yang akan menuntun langkah kita untuk terus belajar dan berkembang. Dengan semangat belajar yang tak pernah padam, seseorang akan memiliki daya untuk beradaptasi, berinovasi, dan menghadapi tantangan kehidupan dengan bijak.



Luthfiana Nurkusuma Ningtyas, S.Gz., M.Gizi., lahir di Sukoharjo pada 24 Desember 1990 dan saat ini berdomisili di Jl. Masjid III No. 123A, RT 006/RW 006, Cipayung, Jakarta Timur. Ia menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) di bidang Gizi Masyarakat di Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka dan melanjutkan studi magister (S2) di bidang Gizi Masyarakat di Universitas Sebelas Maret. Saat ini, ia berprofesi sebagai tenaga pendidik di Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka. Kepada para pembaca, ia berpesan untuk selalu sadar dan peka terhadap lingkungan. Menurutnya, sebagaimana diet tubuh membentuk fisik yang sehat, “diet pikiran” akan membentuk cara berpikir yang lebih baik. Dengan menjaga keseimbangan antara tubuh, pikiran, dan lingkungan, seseorang dapat mencapai kehidupan yang lebih sehat dan harmonis.



Baroroh Barir, S.K.M., M.Gz., lahir di Jombang pada 7 April 1977 dan saat ini berdomisili di Dusun Santrean RT 005/RW 001, Desa Pesantren, Kecamatan Tembelang, Kabupaten Jombang. Ia menempuh pendidikan magister (S2) di bidang Ilmu Gizi di Universitas Sebelas Maret dan saat ini berprofesi sebagai dosen. Kepada para pembaca, ia berpesan tentang pentingnya pola makan yang sehat bagi kesehatan. Menurutnya, menjaga keseimbangan gizi dan menerapkan pola makan yang tepat merupakan langkah sederhana namun sangat penting untuk meningkatkan kualitas hidup dan mencegah berbagai penyakit.



Muhammad Rafki Pratama, S.Gz., M.Gz., lahir di Samarinda pada 12 Maret 1997 dan saat ini berdomisili di Tenggarong, Kabupaten Kutai Kartanegara. Ia memiliki hobi membaca, menulis, dan memasak—tiga kegiatan yang mencerminkan kecintaannya terhadap ilmu pengetahuan, kreativitas, dan seni dalam kehidupan sehari-hari. Kepada para pembaca, ia berpesan bahwa membaca adalah kunci wawasan. Melalui membaca, seseorang dapat membuka jendela pengetahuan, memperluas cara pandang, dan menemukan inspirasi untuk terus berkembang dalam berbagai aspek kehidupan.



Dr. Trees, S.T.P., M.Kes., lahir di Kendari pada 6 November 1969 dan saat ini berdomisili di kota yang sama. Ia memiliki minat besar terhadap alam (*nature*), serta hobi membaca dan menyanyi, yang mencerminkan semangatnya dalam menyeimbangkan antara pengetahuan, seni, dan kecintaan terhadap lingkungan. Kepada para pembaca, ia berpesan semoga buku ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan baru sesuai dengan bidang masing-masing. Ia berharap melalui buku ini, pembaca tidak hanya memperoleh pengetahuan teoretis, tetapi juga inspirasi untuk terus belajar dan mengembangkan diri di bidang yang digeluti.



Dian Widya Putri, S.Gz., M.Sc., lahir di Semarang pada 4 Oktober 1992. Saat ini ia berdomisili di Pura Ariesta, Jl. Raya Lampung Blok G7/20, Kecamatan Tajurhalang, Kabupaten Bogor. Ia menyelesaikan pendidikan sarjana di bidang Gizi Masyarakat di Institut Pertanian Bogor (IPB), kemudian meraih gelar magister dalam *Nutritional Science and Food Management* dari Ewha Womans University, Korea Selatan. Kini, ia berprofesi sebagai dosen Program Sarjana Gizi di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta (UPN Veteran Jakarta). Kepada para pembaca yang ia hormati, ia menyampaikan bahwa Bab 10 dari buku ini mengarahkan pandangan kita pada masa depan kesehatan masyarakat. Dalam bab tersebut, pembaca diajak menghadapi kenyataan mengenai berbagai tantangan besar seperti meningkatnya penyakit tidak menular akibat gaya hidup, kesenjangan akses kesehatan antara wilayah kota dan desa, serta ancaman global seperti perubahan iklim dan potensi pandemi. Meskipun tantangan tersebut tampak menakutkan, pesan yang ingin ia sampaikan bukanlah tentang kekhawatiran, melainkan tentang harapan yang didasari strategi dan optimisme berbasis data. Ia menyoroti bagaimana teknologi digital seperti *telemedicine* dan kecerdasan buatan (AI) mampu mempercepat deteksi penyakit dan memperluas jangkauan layanan kesehatan, serta pentingnya penguatan peran Puskesmas sebagai garda terdepan. Namun, menurutnya, “rahasia” utama di balik masa depan kesehatan

masyarakat bukan terletak pada teknologi canggih semata, melainkan pada pergeseran paradigma—dari pengobatan menuju pencegahan, dari upaya kuratif ke preventif, serta pada kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, swasta, dan masyarakat. Ia menekankan bahwa kunci keberhasilan ada pada setiap individu. Pengetahuan tentang edukasi kesehatan, kesadaran akan pentingnya kesehatan mental, serta penerapan gaya hidup sehat harus menjadi api yang menyalakan perubahan. Setiap pembaca, baik sebagai individu maupun bagian dari komunitas, memiliki peran sebagai agen perubahan untuk membangun dunia yang lebih sehat dan adil. Dengan semangat tersebut, ia mengajak semua pihak untuk tidak hanya pasif menghadapi masa depan, tetapi turut aktif membentuknya.

Salam sehat, Dian Widya Putri

Daftar Pustaka

- Afshin, A., Sur, P. J., Fay, K. A., Cornaby, L., Ferrara, G., Salama, J. S., ... & Murray, C. J. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 393(10184), 1958–1972.
- Alberts, A., Moldoveanu, E.-T., Niculescu, A.-G., Grumezescu, A.M. (2025). Vitamin C: A Comprehensive Review of Its Role in Health, Disease Prevention, and Therapeutic Potential. *Molecules*, 30(3), 748. <https://doi.org/10.3390/molecules30030748>
- Allen, L., de Benoist, B., Dary, O. & Hurrell, R. (2017). *Guidelines on food fortification with micronutrients*. Geneva: World Health Organization & Food and Agriculture Organization.
- Alnafisah, R.Y., Alragea, A.S., Alzamil, M.K., & Alqahtani, A.S. (2024). The Impact and Efficacy of Vitamin D Fortification. *Nutrients*, 16(24), 4322. <https://doi.org/10.3390/nu16244322>
- Amarya, S., Singh, K., & Sabharwal, M. (2015). Ageing process and physiological changes. *International Journal of Applied Home Science*, 2(3–4), 345–353.
- Appel, L. J., Moore, T. J., Obarzanek, E., Vollmer, W. M., Svetkey, L. P., & Sacks, F. M. (2011). A clinical trial of the effects of

- dietary patterns on blood pressure. *New England Journal of Medicine*, 336(16), 1117–1124.
- Avula, R., Frongillo, E. A., Arabi, M., Sharma, S., & Menon, P. (2021). Enhancing governance and strengthening accountability for nutrition: The need for more responsive and cohesive leadership. *Global Food Security*, 28, 100437.
- Bailey, R. L., West, K. P., & Black, R. E. (2015). The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 66(suppl 2), 22–33.
- Becker, P., Carney, L. N., Corkins, M. R., Monczka, J., Smith, E., & Smith, S. E. (2020). Consensus statement of the Academy of Nutrition and Dietetics/American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 120(5), 879–891.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Gatto, G. J. (2019). *Biochemistry* (9th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Bjørke-Monsen, A.L., & Ueland, P.M. (2023). Vitamin B6: a Scoping Review for Nordic Nutrition Recommendations 2023. *Food & Nutrition Research*, 67. Doi:10.29219/fnr.v67.10259.
- Black, R. E., Victora, C. G., Walker, S. P., Bhutta, Z. A., Christian, P., & de Onis, M. (2017). *Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. The Lancet*, 389(10066), 447–490.
- Bode, L. (2018). Human milk oligosaccharides: Every baby needs a sugar mama. *Glycobiology*, 22(9), 1147–1162.

- Bouis, H. E., & Saltzman, A. (2017). *Biofortification: Progress toward a more nourishing future*. *Global Food Security*, 12, 8-13.
- Brown, K.H., Wessells, K.R. & Hess, S.Y. (2018). Zinc bioavailability and homeostasis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 68(2), 425S–435S.
- Chen, J., Lieffers, J., Bauman, A., Hanning, R., & Allman-Farinelli, M. (2020). The use of smartphone health apps and other mobile health (mHealth) technologies in dietetic practice: A three-country study. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 33(4), 564–573.
- Clark, M. A., Springmann, M., Hill, J., & Tilman, D. (2022). Multiple health and environmental impacts of foods. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(3), e2117728119.
- Contento, I.R. (2016). *Nutrition Education: Linking Research, Theory, and Practice*. 3rd ed. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning.
- Craigie, A.M., et al. (2018). Tracking of obesity-related behaviours from childhood to adulthood: A systematic review. *Maturitas*, 70(3), 266–284.
- de Benoist, B., McLean, E., Egli, I., & Cogswell, M. (2008). Worldwide prevalence of anaemia 1993–2005: WHO global database on anaemia. *World Health Organization*.
- de Onis, M. & Branca, F. (2016). Childhood stunting: A global perspective. *Maternal & Child Nutrition*, 12(S1), 12–26.

- Development Initiatives. (2020). *2020 Global Nutrition Report: Action on equity to end malnutrition*. Bristol: Development Initiatives.
- Gillespie, S., Haddad, L., Mannar, V., Menon, P., & Nisbett, N. (2013). The politics of reducing malnutrition: Building commitment and accelerating progress. *The Lancet*, 382(9891), 552–569.
- Dupuy, M., Bondonno, N.P., Pokharel, P., Linneberg, A., Levinger, I., Schultz, C., Hodgson, J.M., & Sim, M. (2025). Vitamin K: Metabolism, Genetic Influences, and Chronic Disease Outcomes. *Food Science & Nutrition*, 13(6), e70431. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70431>
- EFSA. (2013). Scientific opinion on dietary reference values for water. *EFSA Journal*, 11(9), 1–48.
- El-Gayar, O., Timsina, P., Nawar, N., & Eid, W. (2013). Mobile applications for diabetes self-management: Status and potential. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 7(1), 247–262.
- Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M. I., Corella, D., Arós, F., ... & Martínez-González, M. A. (2018). Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *New England Journal of Medicine*, 378(25), e34.
- Fanzo, J., Haddad, L., McLaren, R., Marshall, Q., & Davis, C. (2020). The Food Systems Dashboard: Supporting evidence-

- based decision-making for sustainable food systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4(3), 1–10.
- FAO. (n.d.). *Annex: Micronutrient fortification of food — Guidance on Fortificant Forms & Stabilitas*. <https://www.fao.org/4/w2840e/w2840e0b.htm>
- Foster, J. A., Rinaman, L., & Cryan, J. F. (2017). Stress and the gut–brain axis: Regulation by the microbiome. *Neurobiology of Stress*, 7, 124–136.
- Freese, R., & Lysne, V. (2023). Niacin - a Scoping Review for Nordic Nutrition Recommendations 2023. *Food & nutrition research*, 67. <https://doi.org/10.29219/fnr.v67.10299>
- Friedman, J., Kandpal, E., & Filmer, D. (2017). Leveraging the demographic and health surveys to understand the role of *conditional cash transfer programs* in improving child health. *The World Bank Research Observer*, 32(2), 263–286.
- Frontini, R., Smith, L., & et al. (2024). Ultra-processed food consumption and health-related outcomes. *Frontiers in Nutrition*.
- Gallo, S., et al. (2020). Vitamin D supplementation during pregnancy: Updated meta-analysis. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 105(7), 1–14.
- Ghosh, S., Sinha, J. K., Putcha, U. K., & Raghunath, M. (2020). Nutritional interventions for healthy ageing across the lifespan: A review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 14(3), IE01–IE06.

- Gibson, R. (2022). *Principles of Nutritional Assessment*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press.
- González, K., & Martínez, A. (2023). Ultra-processed foods: How bad are they for your health? *BMJ*, 383, 2023–075294.
- Gropper, S. S., & Smith, J. L. (2020). *Advanced nutrition and human metabolism* (7th ed.). Boston, MA: Cengage Learning.
- Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J., &
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). *Textbook of medical physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2015). *Free radicals in biology and medicine* (5th ed.). Oxford University Press.
- Handayani, S.S., Suhendra, D., Gunawan, E.R., Murniati, Arlia, E. (2024). Edukasi Antioksidan Alami dalam Minyak Nabati Non Pangan di Kelompok Wanita PKK Desa Bagik Polak Labuapi Lombok Barat. *Jurnal Pepadu*, 5(4).887-890. DOI : <https://doi.org/10.29303/pepadu.v5i4.5916>.
- Hardy, L.L., et al. (2019). Children's adherence to core food groups: Longitudinal trends. *Public Health Nutrition*, 20(15), 1–9.
- Haris, M., & Anwar, M. (2021). *Inovasi teknologi iradiasi dan nano dalam pengolahan pangan*. *Jurnal Teknologi Pangan*, 22(3), 134–141.
- Helmalia, A. Putrid, P. Dirpan, A. (2019). Potensi Rempah-Rempah Tradisional sebagai Sumber Antioksidan Alami untuk Bahan Baku Pangan Fungsional). *Canrea Journal: Food*

Technology, Nutritions, and Culinary Journal. 26-31. DOI: [10.20956/canrea.v2i1.113](https://doi.org/10.20956/canrea.v2i1.113).

- Hofmeyr, G.J., et al. (2018). Calcium supplementation during pregnancy: Preventing preeclampsia. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 10, CD001059.
- Hrubša, M., et al. (2022). *Biological Properties of Vitamins of the B-Complex, Part 1: Vitamins B1, B2, B3, and B5*. *Nutrients*. <https://www.mdpi.com/2072-6643/14/3/484>.
- Hu, F. B. (2018). Resolved: There is sufficient scientific evidence that decreasing sugar-sweetened beverage consumption will reduce the prevalence of obesity and obesity-related diseases. *Obesity Reviews*, 14(8), 606–619.
- Indriani, A., Sutomo, B., Syaputra, M. (2021). Penerapan Metode *Forward Chaining* untuk Mendiagnosa Kekurangan Vitamin pada Manusia (Apotik Sari Waras). *Journal Computer Science And Informatic Systems J-Cosys*, 1(2). <https://doi.org/10.53514/JC.V1I2.69>.
- Kaur, J., Dhir, A., Talwar, S., & Ghuman, K. (2022). Urban farming and sustainable food systems: A systematic review and future research agenda. *Sustainable Cities and Society*, 78, 103610.
- Kaye, A.D., Thomassen, A.S., Mashaw, S.A., MacDonald, E.M., Waguespack, A., Hickey, L., Singh, A., Gungor, D., Kallurkar, A., Kaye, A.M., Shekoohi, S., & Varrassi, G. (2025). Vitamin E (α -Tocopherol): Emerging Clinical Role and Adverse Risks of Supplementation in

- Adults. *Cureus*, 17(2), e78679.
<https://doi.org/10.7759/cureus.78679>
- Kazmierczak-Baranska, J. Halczuk, K., & Karwowski, B.T. (2025). Thiamine (Vitamin B1)—An Essential Health Regulator. *Nutrients*. 17(13), 2206. <https://doi.org/10.3390/nu17132206>
- Keats, E.C., et al. (2021). Complementary feeding interventions for preventing stunting. *The Lancet Global Health*, 9(8), e1050–e1061.
- Kemenkes RI. (2019). *Angka Kecukupan Gizi (AKG) 2019*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Koletzko, B., Boey, C.C., Chan, E., et al. (2020). Role of long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFA). *Annals of Nutrition & Metabolism*, 76(1), 16–26.
- Lee, R. D., & Nieman, D. C. (2019). *Nutritional assessment* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Li, J., Duan, H., Ramaswamy, H., & Wang, C. (2025). A Comprehensive Review of Fortification, Bioavailability, and Health Benefits of Folate. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(16), 7703. <https://doi.org/10.3390/ijms26167703>
- Lidia, K. (2020). Peningkatan Kesehatan dengan Suplemen dan Gizi Seimbang di Era Pandemi Covid-19. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Undana*, 14(2): 63-68. <https://doi.org/10.35508/jpkmlppm.v14i2.3445>.

- Liu, J., et al. (2022). Effects of animal-source foods on growth and development in children. *Advances in Nutrition*, 13(4), 1011–1032.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126.
- Lysne V. & Strandler H.S. (2023). Riboflavin: a Scoping Review for Nordic Nutrition Recommendations 2023. *Food & Nutrition Research*, 67. <https://doi.org/10.29219/fnr.v67.10315>
- Mahan, L. K., Raymond, J. L., & Escott-Stump, S. (2020). *Krause's Food & the Nutrition Care Process* (15th ed.). Elsevier.
- Martel, J.L., Doshi, H., Sina, R.E., Franklin, D.S. (2024). Vitamin B1 (Thiamine). In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK482360/>
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Moubarac, J. C., Levy, R. B., Louzada, M. L. C., & Jaime, P. C. (2019). The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processed foods. *Public Health Nutrition*, 22(5), 936–941.
- Mozaffarian, D. (2016). Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity: A comprehensive review. *Circulation*, 133(2), 187–225.
- Muawanah & Hasanah, M. (2018). Analisis Kandungan Iodium pada Ikan Laut yang Beredar di Pasaran Paotere Kota Makassar. *Jurnal Medika: Media Ilmiah Analisis Kesehatan*, 3(1): 13-17. <https://doi.org/10.53861/jmed.v3i1.145>

- Murphy, M., et al. (2021). Protein and pregnancy outcomes: Systematic review. *Nutrition Reviews*, 78(8), 1–15.
- Myers, S. S., Smith, M. R., Guth, S., Golden, C. D., Vaitla, B., Mueller, N. D., Dangour, A. D., & Huybers, P. (2017). Climate change and global food systems: Potential impacts on food security and undernutrition. *Annual Review of Public Health*, 38, 259–277.
- Nadhif, D. A., & Putri, M. W., (2024). Gambaran dan konsep tentang peranan vitamin. *Jurnal ABDIMAS : MURI*, 4(1), 46-49. DOI: <https://doi.org/10.33222/jmuri.v4i1.3171>
- Nawaly, H., Susanto, A.B, & Uktoselja, J.L.A. (2013). Senyawa Bioaktif dari Rumput Laut sebagai Antioksidan. Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:142698638>.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2021). *Lehninger Principles of Biochemistry* (8th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Nevins, J.E., et al. (2021). DHA and infant neurodevelopment. *Nutrients*, 13(1), 1–16.
- Ng, M., & Popkin, B. M. (2019). The nutrition transition: Global dietary trends and their health implications. *Annual Review of Nutrition*, 39, 83–103.
- NIH. (2022). Folate Fact Sheet for Health Professionals. National Institutes of Health Office of Dietary Supplements. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Folate-HealthProfessional/>

- Obeid, O., Heil, S.G., Verhoeven, M.M.A., van den Heuvel, E.G.H.M., de Groot, L.C.P.G.M. & Eussen, S.J.P.M. (2019). Vitamin B12 Intake From Animal Foods, Biomarkers, and Health Aspects. *Frontiers in Nutrition*, 6. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00093>
- Obianeli, L., et al. (2024). Maternal micronutrient needs in pregnancy: Updated review. *Maternal Nutrition Journal*, 5(2), 55–70.
- Ordovas, J. M., & Ferguson, L. R. (2017). Nutrigenomics and nutrigenetics for precision nutrition. *Current Opinion in Lipidology*, 28(3), 313–320.
- Pandey, K.B., & Rizvi, S.I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270–278.
- Pasricha, S.R., et al. (2021). Iron deficiency in adolescents. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 5(7), 596–608.
- Peechakara, B.V., Sina, R.E., & Gupta, M. (2024). Vitamin B2 (Riboflavin). In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525977/>
- Perez-Rodrigo, C. & Aranceta, J. (2020). Nutrition education in schools. *British Journal of Nutrition*, 125(1), 1–9.
- Perrin, M.T., et al. (2017). Human milk immunology. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 22, 89–102.
- Phillips, S. M., Chevalier, S., & Leidy, H. J. (2016). Protein “requirements” beyond the RDA: Implications for

optimizing health. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(5), 565–572.*

- Rachmi, C. N., Agho, K., Li, M., Baur, L. A., & Rahman, M. M. (2018). Stunting coexisting with overweight in 2·5-year-old Indonesian children: Prevalence, trends and associated risk factors from repeated cross-sectional surveys. *Public Health Nutrition*, 21(5), 1043–1050.
- Rahmadani, T. (2020). *Inovasi dalam teknologi pangan dan dampaknya terhadap kesadaran gizi masyarakat*. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 12(3), 155-162.
- Rahmi, H. (2017). Review : Aktivitas Antioksidan dari Berbagai Sumber Buah-buahan di Indonesia. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 2(1):34-38. <https://doi.org/10.33661/jai.v2i1.721>
- Rakuša, T.Ž., Roškar, R., Hickey, N., & Geremia, S. (2022). Vitamin B₁₂ in Foods, Food Supplements, and Medicines-A Review of Its Role and Properties with a Focus on Its Stability. *Molecules*, 28(1),240.<https://doi.org/10.3390/molecules28010240>
- Regulska-Ilow, B., Róžańska, D., Zatońska, K., & Szuba, A. (2022). Estimation of Vitamin K Content and Its Sources in the Diet of the Polish Participants of the PURE Study. *Nutrients*, 14(9), 1917. <https://doi.org/10.3390/nu14091917>
- Rizzoli, R., et al. (2019). Calcium and vitamin D requirements from childhood to elderly. *Osteoporosis International*, 25(2), 3–14.

- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., & Langley, S. (2020). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: The role of nutrition in health promotion and chronic disease prevention. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 120(4), 735–748.
- Sari, L. (2019). *Pangan bergizi untuk masyarakat miskin: Inovasi dan tantangan dalam implementasinya*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 45-53.
- Sawyer, S.M., et al. (2018). The age of adolescence. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 2(3), 223–228.
- Schulz, D. N., Kremers, S. P., Vandelanotte, C., van Adrichem, M. J., Schneider, F., & de Vries, H. (2020). Effects of a web-based tailored lifestyle intervention for adults: A randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 22(7), e16073.
- Shetty, P. (2020). Malnutrition and undernutrition. *Medicine*, 48(2), 109–114.
- Shim, J.S., Kim, K.N., Lee, J., Yoon, M.O., & Lee, H.S. (2022). Dietary Intake and Major Source Foods of Vitamin E among Koreans: Findings of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2016–2019. *Nutrition Research and Practice*. 16(5):616-627. <https://doi.org/10.4162/nrp.2022.16.5.616>
- Silvia, D. (2018). Pengumpulan Data Base Sumber Antioksidan Alami Alternatif Berbasis Pangan Lokal di Indonesia.

<https://doi.org/10.31219/OSF.IO/7N38K>

- Springmann, M., Clark, M., Rayner, M., Scarborough, P., & Webb, P. (2020). The global and regional costs of healthy and sustainable dietary patterns: A modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 4(1), e84–e91.
- Sumarni, A., & Fitria, Y. (2020). Penerapan high pressure processing dalam industri pangan dan dampaknya terhadap kualitas gizi. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 18(2), 78–85.
- Suryani, L. (2020). *Inovasi Pangan dan Keberlanjutannya dalam Pembangunan Sistem Pangan Global*. Jakarta: Penerbit Kesehatan.
- Sutrisno, H. (2020). Fortifikasi pangan sebagai strategi dalam mengurangi defisiensi gizi mikro di masyarakat. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(1), 110-117.
- Swinburn, B. A., Kraak, V. I., Allender, S., Atkins, V. J., Baker, P. I., Bogard, J. R., ... & Dietz, W. H. (2019). The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *The Lancet*, 393(10173), 791–846.
- Tang, A. M., Chung, M., Dong, K., Terrin, N., Edmonds, A., & Assefa, N. (2020). Determining a global mid-upper arm circumference cutoff to assess malnutrition in pregnant women. *Food and Nutrition Bulletin*, 41(2), 206–222.
- UNICEF. (2020). *Indonesia nutrition profile*. United Nations Children’s Fund.

- Untailawan, R., Male, Y., & Dulanlebit, Y. (2019). Studi Kandungan Iodium dalam Rumpun Laut *Eucheuma Cottonii* Diperaian Kei Kecil. *Science Map Journal*, 1(2):55-59. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/sciencemap/article/view/1604>
- USDA / FoodData Central, (2020–2024). *Pantothenic Acid (Vitamin B5) Content In Foods*. <https://fdc.nal.usda.gov/>.
- Victora, C.G., et al. (2016). Breastfeeding in the 21st century. *The Lancet*, 387, 475–490.
- Viswanathan, M., et al. (2023). Folate and pregnancy outcomes. *American Journal of Clinical Nutrition*, 117(5), 1001–1014.
- Volkert, D., et al. (2019). ESPEN guideline on clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clinical Nutrition*, 38(1), 10–47.
- Whitney, E. & Rolfes, S.R. (2018). *Understanding Nutrition*. 15th ed. Boston: Cengage.
- WHO. (2021). *Complementary Feeding Guidelines*. Geneva: World Health Organization.
- Willett, W. C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601–1613.
- World Bank. (2021). *Nutrition policy and program responses: Indonesia country brief*. The World Bank Group.
- World Health Organization. (2020). *Micronutrient deficiencies: Prevention and control*. WHO Press.
- Wu, G. (2016). Dietary protein intake and human health. *Food & Function*, 7(3), 1251–1265.*

- Yulianti, E. (2019). *Penerapan Inovasi Pangan untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan dan Kesehatan Masyarakat*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu.
- Zimmermann, M. B., & Jooste, P. L. (2012). *The impact of salt iodization on public health*. *Public Health Reviews*, 33(2), 425-438.
- Zmora, N., Suez, J., & Elinav, E. (2019). You are what you eat: Diet, health, and the gut microbiota. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 16(1), 35–56.

Buku ajar yang berjudul **Ilmu Gizi Terapan: Konsep, Kesehatan, dan Inovasi untuk Masyarakat Sehat di Era Modern** disusun untuk masyarakat umum agar lebih memahami pentingnya gizi dalam mendukung kesehatan individu dan keluarga di era modern. Dengan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami, buku ini menjelaskan konsep dasar gizi, peran nutrisi bagi kesehatan, serta inovasi dalam pengelolaan makanan untuk menciptakan pola makan yang seimbang dan aman.

Buku ini ditujukan untuk disebarluaskan kepada masyarakat luas, agar masyarakat dapat memahami, menerapkan, dan memanfaatkan ilmu gizi untuk hidup sehat, aktif, dan berkualitas di tengah tantangan gaya hidup modern. Pembaca akan diajak mengenal cara memilih, mengolah, dan menyajikan makanan yang sehat, serta strategi praktis untuk meningkatkan kualitas hidup melalui kebiasaan makan yang tepat dan inovatif.