Optimal Untuk Negeri

optimal

Buku Ajar

IMUNOLOGI GIZI

Nurfaidah
Dewi Nur Anita
Harlyanti Muhma'innah Mashar

BUKU AJAR
IMUNOLOGI GIZI

Penulis:
Nurfaidah, SKM., M.Kes.
Dewi Nur Anita, S.Tr.Keb., M.P.H.
Harlyanti Muhma'innah Mashar, M.Sc.

Optimal
Untuk
Negeri

BUKU AJAR IMUNOLOGI GIZI

Penulis: Nurfaidah, SKM., M.Kes.
Dewi Nur Anita, S.Tr.Keb., M.P.H.
Harlyanti Muhma'innah Mashar, M.Sc.

Desain Sampul: Raden Bhoma Wikantioso Indrawan
Penata Letak: Muhamad Ilham

ISBN: 978-634-7294-48-7

Cetakan Pertama : Juli, 2025
Hak Cipta 2025

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

Undang-Undang RI Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

Copyright © 2025
Penerbit Optimal Untuk Negeri

All Right Reserved
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.
Website : optimaluntuknegeri.com
Instagram : @bimbel.optimal
Tiktok : @maskokooo

PT OPTIMAL UNTUK NEGERI
Kencana Tower Lt. Mezzanine
Jl. Raya Meruya Ilir No. 88
RT. 001 RW. 005, Kel. Meruya Utara, Kec. Kembangan
Jakarta Barat
Anggota IKAPI No. 653/DKI/2025

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan karunia-Nya buku ajar ini yang berjudul Imunologi Gizi dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Buku ini hadir sebagai sumber pembelajaran yang komprehensif dan aplikatif bagi mahasiswa, dosen, dan tenaga kesehatan yang ingin memahami keterkaitan antara status gizi dengan sistem imun tubuh. Mengingat pentingnya pemahaman mengenai bagaimana zat gizi makro dan mikro memengaruhi respon imun, buku ini disusun berdasarkan referensi ilmiah mutakhir, baik dari penelitian terbaru maupun pedoman klinis terpercaya.

Isi buku ini terbagi dalam tiga bab utama. Bab pertama membahas peran zat gizi makro dan mikro serta metabolisme nutrien terhadap fungsi imun, memberikan landasan fisiologis dan biokimia yang kuat. Bab kedua menjelaskan hubungan antara gizi dan imunitas pada penderita HIV/AIDS, termasuk kebutuhan nutrisi spesifik dan strategi intervensi berbasis terapi. Bab ketiga memfokuskan pada peran gizi dalam penyakit autoimun, membahas konsep dasar penyakit, peran nutrien, pola diet, serta intervensi gizi berbasis bukti. Setiap bab dilengkapi dengan latihan soal, rangkuman, glosarium, dan daftar pustaka untuk menunjang proses belajar yang mendalam dan sistematis.

Kami menyadari bahwa ilmu imunologi gizi merupakan bidang yang terus berkembang dan membutuhkan pemahaman lintas disiplin. Oleh karena itu, besar harapan kami agar buku ini dapat menjadi rujukan yang bermanfaat dalam mendukung pembelajaran dan praktik profesional di bidang kesehatan. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi penyempurnaan edisi berikutnya.

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA ..... **iii**
DAFTAR ISI ..... **iv**

BAB 1 PERAN ZAT GIZI MAKRO DAN MIKRO, METABOLISME DAN DAMPAKNYA **1**
A. Peran Zat Gizi Makro dalam Sistem Imun 5
B. Peran Zat Gizi Mikro dalam Imunologi Gizi 16
C. Metabolisme Karbohidrat dan Pengaruhnya pada Respon Imun 20
D. Metabolisme Lemak dan Peranannya dalam Fungsi Imun 22
E. Metabolisme Protein dan Sintesis Molekul Imun 24
F. Pengaruh Kekurangan dan Kelebihan Gizi terhadap Fungsi Imun 26
G. Latihan 29
H. Rangkuman Materi 32
I. Glosarium 33
J. Daftar Pustaka 35

BAB 2 GIZI & IMUNITAS PADA HIV/AIDS **37**
A. Patofisiologi HIV/AIDS dan Dampaknya terhadap Sistem Imun 39
B. Hubungan Status Gizi dengan Progresivitas Infeksi HIV 41
C. Kebutuhan Zat Gizi Makro dan Mikro pada Penderita HIV/AIDS 44
D. Pedoman Intervensi Gizi Praktis dalam Terapi ART 46
E. Evaluasi Efektivitas Intervensi Gizi 48
F. Latihan Soal 50
G. Rangkuman Materi 52
H. Glosarium 53
I. Daftar Pustaka 55

BAB 3 GIZI DAN IMUNITAS PADA PENYAKIT AUTOIMUN **57**
A. Konsep Dasar Penyakit Autoimun 59
B. Peran Zat Gizi Makro dalam Penyakit Autoimun 60
C. Peran Zat Gizi Mikro dalam Imunitas Autoimun 62
D. Pola Diet dan Risiko Penyakit Autoimun 63
E. Strategi Intervensi Gizi Berbasis Bukti 65
F. Latihan Soal 66
G. Rangkuman Materi 69

H. Glosarium 69
I. Daftar Pustaka 72

PROFIL PENULIS 75

BAB 1

PERAN ZAT GIZI MAKRO DAN MIKRO, METABOLISME DAN DAMPAKNYA

Pendahuluan

Sistem imun tubuh merupakan mekanisme pertahanan yang kompleks, yang melibatkan berbagai jenis sel dan molekul untuk melawan patogen dan menjaga keseimbangan tubuh. Agar sistem imun dapat berfungsi secara optimal, tubuh membutuhkan energi dan bahan-bahan dasar untuk mendukung proses-proses biokimia yang terjadi dalam sel-sel imun. Zat gizi makro—yang terdiri dari karbohidrat, protein, dan lemak—memiliki peran yang sangat penting dalam hal ini. Tidak hanya menyediakan energi yang diperlukan tubuh untuk berfungsi dengan baik, zat gizi makro juga berperan dalam proses sintesis dan pemeliharaan komponen-komponen penting dalam sistem kekebalan tubuh (Baratawidjaja KG, 2006).

Metabolisme tubuh merujuk pada serangkaian proses kimia yang terjadi dalam tubuh untuk mengubah makanan yang dikonsumsi menjadi energi, serta membangun dan memperbaiki jaringan tubuh. Metabolisme yang efisien sangat bergantung pada kecukupan zat gizi tersebut. Karbohidrat, protein, dan lemak yang dicerna akan diubah menjadi energi yang dibutuhkan untuk mendukung fungsi organ, termasuk sistem kekebalan tubuh. Selain itu, vitamin dan mineral juga berperan dalam mengaktifkan enzim-enzim yang terlibat dalam proses metabolisme, serta memastikan bahwa semua proses biokimia berjalan dengan lancar.

Namun, ketidakseimbangan konsumsi zat gizi—baik kekurangan atau kelebihan—dapat memberikan dampak buruk terhadap metabolisme tubuh dan keseimbangan sistem imun. Kekurangan zat gizi makro seperti protein, atau mikro seperti vitamin dan mineral tertentu, dapat menyebabkan gangguan metabolisme, menurunkan fungsi sistem kekebalan tubuh, dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi atau penyakit. Sebaliknya, konsumsi zat gizi yang berlebihan, terutama lemak dan kalori, dapat menyebabkan peradangan kronis dan obesitas, yang berisiko merusak keseimbangan metabolik tubuh dan mempengaruhi respons imun secara negative (Sudiono J., 2014).

Kekurangan atau kelebihan zat gizi dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap metabolisme tubuh dan fungsi imun. Defisiensi gizi, baik itu kekurangan

energi, protein, atau mikronutrien, dapat menyebabkan gangguan metabolisme, mengurangi jumlah dan aktivitas sel imun, serta meningkatkan kerentanannya terhadap penyakit. Sebaliknya, konsumsi gizi yang berlebihan, terutama kalori, lemak, dan gula, dapat berkontribusi pada kondisi inflamasi kronis dan gangguan metabolik seperti obesitas, yang meningkatkan risiko gangguan imun dan penyakit degeneratif.

Dengan meningkatnya prevalensi malnutrisi dan penyakit terkait gaya hidup, pemahaman yang mendalam mengenai peran zat gizi makro dan mikro dalam metabolisme dan sistem imun sangat penting. Penyusunan pola makan yang seimbang, yang mencakup semua jenis zat gizi dalam jumlah yang tepat, tidak hanya dapat mendukung fungsi tubuh yang optimal, tetapi juga membantu memperkuat sistem imun dan mencegah timbulnya penyakit terkait defisiensi atau kelebihan gizi (Sinha, S., & Li, 2022).

Tujuan Intruksional Umum :

1. **Memahami hubungan antara gizi dan imunologi**
   Mahasiswa dapat menjelaskan secara komprehensif peran zat gizi makro (karbohidrat, protein, lemak) dan mikro (vitamin, mineral) dalam mendukung sistem imun tubuh, serta memahami bagaimana proses metabolisme mempengaruhi fungsi imun.
2. **Menganalisis dampak status gizi terhadap kesehatan imunologi**
   Mahasiswa dapat menghubungkan kekurangan atau kelebihan zat gizi dengan gangguan fungsi imun, serta dampaknya terhadap kemampuan tubuh untuk melawan infeksi dan penyakit.

Tujuan Intruksional Khusus :

1 Mahasiswa dapat mengidentifikasi dan menjelaskan peran zat gizi seperti protein, karbohidrat, lemak, vitamin A, C, D, E, dan mineral seperti seng, selenium, dan besi dalam mendukung sistem kekebalan tubuh.

2 Mahasiswa dapat menggambarkan jalur metabolisme zat gizi dan bagaimana zat tersebut diproses dan dimanfaatkan dalam tubuh untuk meningkatkan respons imun dan melindungi tubuh dari infeksi.

3 Mahasiswa dapat menganalisis bagaimana defisiensi atau kelebihan zat gizi tertentu (seperti protein, vitamin D, atau seng) dapat mempengaruhi sistem imun dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi atau gangguan autoimun.

4 Mahasiswa dapat menjelaskan bagaimana pola makan yang seimbang dan kaya zat gizi esensial dapat memperkuat respons imun tubuh serta mencegah gangguan kekebalan tubuh yang dapat disebabkan oleh defisiensi gizi.

5 Mahasiswa dapat merancang strategi intervensi gizi yang bertujuan untuk meningkatkan status gizi individu atau kelompok, khususnya dalam meningkatkan daya tahan tubuh dan pencegahan penyakit terkait kekebalan tubuh.

Capaian Pembelajaran:

Kognitif

Setelah mengikuti pembelajaran ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan fungsi dan peran zat gizi makro (karbohidrat, protein, lemak) dan mikro (vitamin, mineral) dalam mendukung dan memperkuat sistem imun tubuh.
2. Menganalisis jalur metabolisme zat gizi yang berhubungan dengan sistem kekebalan tubuh, dan memahami bagaimana metabolisme ini mempengaruhi respon imun terhadap infeksi atau penyakit.
3. Mengevaluasi dampak kekurangan atau kelebihan zat gizi tertentu terhadap efisiensi sistem imun, termasuk dampaknya pada kerentanannya terhadap penyakit infeksi dan gangguan autoimun.
4. Menerapkan konsep imunologi gizi untuk menjelaskan hubungan antara status gizi dan kekuatan sistem imun seseorang dalam konteks pencegahan penyakit.

Psikomotor

Setelah mengikuti pembelajaran ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Mendesain pola makan yang seimbang dengan mempertimbangkan kebutuhan zat gizi makro dan mikro untuk mendukung sistem imun yang optimal.
2. Melakukan analisis kebutuhan gizi individu berdasarkan status kesehatan dan kondisi imunologi (misalnya pada pasien dengan gangguan imun atau penyakit kronis).
3. Menilai dan mengoptimalkan asupan gizi yang tepat bagi individu atau kelompok berdasarkan pengetahuan tentang metabolisme zat gizi dan dampaknya terhadap daya tahan tubuh.
4. Menggunakan data dan penelitian ilmiah untuk merancang program edukasi atau intervensi yang dapat meningkatkan status gizi dan daya tahan tubuh dalam komunitas atau kelompok rentan.

Afektif

Setelah mengikuti pembelajaran ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Menghargai pentingnya pemenuhan gizi yang seimbang untuk mendukung fungsi imun tubuh yang optimal dan meningkatkan kualitas hidup.
2. Menunjukkan sikap peduli terhadap status gizi individu atau kelompok tertentu yang berisiko terhadap gangguan imunologi, serta berpartisipasi aktif dalam program promosi kesehatan yang berbasis gizi.
3. Mengembangkan kebiasaan hidup sehat dengan menerapkan prinsip-prinsip gizi yang baik dalam kehidupan sehari-hari untuk mendukung daya tahan tubuh.
4. Menunjukkan kepedulian terhadap penelitian dan pengembangan dalam bidang imunologi gizi serta dampaknya terhadap pencegahan penyakit di masyarakat.

Uraian Materi

A. Peran Zat Gizi Makro dalam Sistem Imun

Sistem imun tubuh berfungsi sebagai garis pertahanan utama terhadap infeksi dan penyakit. Untuk menjalankan fungsinya secara optimal, sistem imun memerlukan berbagai elemen penting, salah satunya adalah zat gizi makro. Zat gizi makro, yang terdiri dari karbohidrat, protein, dan lemak, memainkan peran yang sangat vital dalam menjaga kekuatan dan efisiensi sistem imun tubuh. Ketiga kelompok gizi ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi, tetapi juga mendukung proses-proses biokimia yang mendasari respons imun tubuh terhadap patogen. Untuk menjaga sistem imun tetap berfungsi optimal, tubuh memerlukan asupan yang cukup dari ketiga zat gizi makro: karbohidrat, protein, dan lemak. Kekurangan salah satu dari zat gizi ini dapat melemahkan sistem imun, membuat tubuh lebih rentan terhadap infeksi dan penyakit. Oleh karena itu, pola makan yang seimbang dan bergizi sangat penting untuk mendukung daya tahan tubuh (Baratawidjaja KG, 2006).

1. Karbohidrat

Karbohidrat adalah salah satu kelompok zat gizi makro yang sangat penting dalam mendukung fungsi sistem imun tubuh. Meskipun karbohidrat sering dikenal sebagai sumber utama energi, peranannya dalam sistem imun jauh lebih luas. Dalam konteks imunologi, karbohidrat berfungsi tidak hanya sebagai sumber energi bagi sel-sel imun, tetapi juga berperan dalam modulasi respons imun, regulasi peradangan, dan komunikasi antar sel imun.

Karbohidrat tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi tetapi juga berperan dalam mengatur respons imun tubuh. Karbohidrat berperan dalam mengatur keseimbangan peradangan dan sangat penting dalam respons terhadap infeksi. Respons imun yang berlebihan atau tidak terkendali dapat merusak jaringan tubuh yang sehat. Sebaliknya, karbohidrat yang ditemukan dalam makanan berserat tinggi seperti biji-bijian utuh, buah-buahan, dan sayuran membantu mengurangi peradangan kronis dan menyeimbangkan fungsi sistem kekebalan tubuh. Mengonsumsi karbohidrat kompleks seperti serat bertindak sebagai prebiotik, mendorong pertumbuhan flora usus yang sehat dan juga membantu mengatur sistem kekebalan tubuh. (Hidayat, A., & Jannah, 2023).

Kekurangan karbohidrat dalam diet dapat berakibat buruk bagi fungsi sistem imun. Saat tubuh kekurangan karbohidrat, sumber energi utama bagi sel-sel imun berkurang, yang mengakibatkan penurunan kemampuan tubuh dalam melawan infeksi. Sel-sel imun membutuhkan energi yang tinggi untuk berfungsi

dengan efektif, dan tanpa cukupnya karbohidrat, proses penting seperti fagositosis (penyerapan dan penghancuran patogen) bisa terganggu. Selain itu, kadar gula darah yang tidak stabil akibat asupan karbohidrat yang tidak memadai dapat mempengaruhi kemampuan sel-sel imun dalam mendeteksi dan merespons pathogen (Wijayanti, N. D., & Purnama, 2018).

Di sisi lain, karbohidrat juga mempengaruhi metabolisme tubuh dalam hal pengaturan gula darah. Konsumsi karbohidrat yang memiliki indeks glikemik rendah, seperti yang terdapat pada biji-bijian utuh dan sayuran, dapat memberikan energi yang lebih stabil dan mendukung fungsi imun yang lebih baik. Hal ini karena karbohidrat kompleks lebih lambat dicerna dan diserap, menjaga kestabilan gula darah dan menghindari lonjakan yang dapat mengganggu kinerja sel imun. Sebaliknya, konsumsi karbohidrat sederhana yang berlebihan dapat menyebabkan lonjakan gula darah yang cepat, yang dapat menghambat efektivitas sel-sel imun dalam merespons patogen (Castillo, M. A., 2023) .

Secara keseluruhan, karbohidrat tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi untuk mendukung aktivitas sel imun, tetapi juga berperan dalam regulasi dan keseimbangan respons imun tubuh. Oleh karena itu, menjaga asupan karbohidrat yang cukup dan seimbang sangat penting untuk mendukung daya tahan tubuh yang optimal dan meningkatkan kemampuan tubuh dalam melawan infeksi serta menjaga kesehatan sistem imun.

Sel-sel yang terlibat dalam sistem imun, seperti sel T, sel B, dan sel-sel fagosit (misalnya makrofag), memerlukan energi yang cukup untuk menjalankan fungsinya. Sel-sel ini sangat aktif dalam melawan patogen, memperbanyak diri (proliferasi), dan memfagositosis (menelan dan menghancurkan mikroorganisme yang masuk ke tubuh). Sebagai sumber energi utama, karbohidrat yang dicerna dalam bentuk glukosa menjadi bahan bakar yang sangat dibutuhkan untuk proses-proses vital tersebut. Glukosa digunakan dalam proses glikolisis dan menghasilkan energi dalam bentuk ATP yang mendukung aktivitas sel imun, terutama dalam respon inflamasi dan perlawanan terhadap infeksi (Pramesti, D., & Ayuningtyas, n.d.).

Fagositosis adalah proses penting dalam respon imun tubuh di mana sel-sel imun, seperti makrofag dan neutrofil, menelan dan menghancurkan patogen. Karbohidrat, khususnya glukosa, diperlukan untuk menyediakan energi yang dibutuhkan selama proses ini. Sel-sel fagosit memerlukan banyak energi untuk bergerak menuju lokasi infeksi, menangkap, dan mencerna patogen. Aktivitas ini memerlukan sejumlah besar energi, yang dipenuhi oleh metabolisme karbohidrat. Kekurangan karbohidrat dapat mengurangi efisiensi fagositosis,

yang pada gilirannya dapat melemahkan kemampuan tubuh untuk mengeliminasi patogen.

Selain sebagai sumber energi, karbohidrat juga berperan dalam modulasi respons imun. Karbohidrat dapat mempengaruhi aktivitas molekul pengatur respon imun, seperti sitokin, yang merupakan protein yang mengatur berbagai tahap respon imun. Sitokin berperan dalam proses inflamasi dan membantu koordinasi aktivitas antara sel imun. Karbohidrat kompleks, seperti serat, yang ditemukan pada biji-bijian, sayuran, dan buah-buahan, dapat mempengaruhi komposisi mikrobiota usus dan produksi sitokin. Penelitian menunjukkan bahwa konsumsi karbohidrat kompleks yang kaya serat dapat meningkatkan fungsi sistem imun, sementara konsumsi karbohidrat sederhana yang berlebihan dapat meningkatkan peradangan yang dapat merugikan tubuh (Sutrisno, M., & Yulianto, n.d.).

Kadar gula darah yang tinggi dapat mengganggu fungsi sistem kekebalan tubuh. Kadar gula darah yang terlalu tinggi dapat mengganggu fungsi sel imun dengan menghambat aktivitas fagositosis atau merusak integritas fungsi leukosit. Oleh karena itu, penting untuk mengonsumsi karbohidrat dengan indeks glikemik rendah, yang membantu menstabilkan kadar gula darah. Karbohidrat yang dicerna secara lambat, seperti yang ditemukan dalam biji-bijian utuh dan sayuran, dilepaskan secara bertahap ke dalam aliran darah untuk menyediakan energi bagi sel-sel imun dan mencegah lonjakan gula darah.

Karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh tubuh, seperti serat pangan, berfungsi sebagai prebiotik. Prebiotik adalah substansi yang mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikrobiota usus, yang memiliki peran penting dalam modulasai sistem imun. Mikrobiota usus yang sehat dapat mempengaruhi produksi sel-sel imun dan sitokin yang diperlukan untuk menjaga keseimbangan respons imun. Penelitian menunjukkan bahwa asupan serat yang cukup dapat meningkatkan jumlah bakteri baik dalam usus, yang selanjutnya dapat meningkatkan sistem imun tubuh secara keseluruhan. Karbohidrat, terutama yang berasal dari makanan yang kaya akan gula sederhana (seperti permen dan makanan olahan), dapat meningkatkan proses inflamasi dalam tubuh. Inflamasi kronis yang disebabkan oleh konsumsi karbohidrat berlebih dapat melemahkan sistem imun dan meningkatkan risiko penyakit seperti diabetes dan penyakit kardiovaskular. Sebaliknya, konsumsi karbohidrat dalam bentuk serat dan karbohidrat kompleks dapat mengurangi peradangan, memperbaiki keseimbangan imun, dan meningkatkan respons imun terhadap infeksi (Wijayanti, N. D., & Purnama, 2018).

Karbohidrat juga berperan dalam mendukung respon kekebalan adaptif, yang melibatkan sel-sel T dan sel-sel B dalam menghasilkan antibodi untuk melawan patogen secara lebih spesifik. Antibodi yang dihasilkan oleh sel B memerlukan banyak energi untuk diproduksi. Proses produksi antibodi yang efektif membutuhkan cadangan energi yang cukup, yang didapatkan dari metabolisme karbohidrat. Oleh karena itu, asupan karbohidrat yang mencukupi akan mendukung produksi antibodi yang kuat dan spesifik terhadap patogen yang telah terdeteksi oleh tubuh. Kekurangan karbohidrat dapat menyebabkan penurunan kemampuan tubuh dalam merespons infeksi. Ketika tubuh kekurangan karbohidrat, energi yang diperlukan oleh sel-sel imun berkurang, yang dapat mengganggu fungsi dasar sel imun. Misalnya, proses fagositosis menjadi kurang efisien, produksi sitokin terganggu, dan kemampuan sel-sel imun untuk berkembang biak dan mengeliminasi patogen juga menurun. Oleh karena itu, konsumsi karbohidrat yang cukup sangat penting untuk mempertahankan daya tahan tubuh dan fungsi sistem imun yang optimal (Sudiono J., 2014).

Secara keseluruhan, karbohidrat tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi untuk mendukung aktivitas sel imun, tetapi juga berperan dalam regulasi dan keseimbangan respons imun tubuh. Oleh karena itu, menjaga asupan karbohidrat yang cukup dan seimbang sangat penting untuk mendukung daya tahan tubuh yang optimal dan meningkatkan kemampuan tubuh dalam melawan infeksi serta menjaga kesehatan sistem imun.

2. Lemak

Lemak adalah salah satu zat gizi makro yang memiliki peran penting dalam mendukung berbagai fungsi tubuh, termasuk sistem imun. Lemak berfungsi tidak hanya sebagai sumber energi cadangan, tetapi juga memainkan peran struktural dan fungsional dalam mendukung respons imun yang efektif. Membran sel, termasuk sel-sel imun, sebagian besar tersusun dari lipid, yang merupakan komponen utama lemak. Oleh karena itu, lemak sangat penting dalam menjaga integritas dan fungsi sel-sel imun yang aktif dalam melawan patogen.

Asam lemak esensial, seperti omega-3 dan omega-6, sangat berperan dalam modulasi sistem imun. Omega-3, yang banyak ditemukan dalam ikan berlemak dan beberapa sumber nabati, memiliki efek anti-inflamasi. Asam lemak omega-3, khususnya EPA dan DHA, berperan dalam mengurangi peradangan kronis yang dapat merusak jaringan tubuh dan melemahkan sistem imun. Sebaliknya, omega-6, yang ditemukan dalam minyak nabati, mendukung respons inflamasi yang diperlukan pada infeksi akut, tetapi jika dikonsumsi berlebihan, dapat menyebabkan peradangan yang berlebihan dan berdampak buruk bagi kesehatan tubuh (Sutrisno, M., & Yulianto, n.d.).

Lemak juga penting dalam pembentukan molekul pengatur imun, seperti eikosanoid, yang berfungsi sebagai mediator dalam proses peradangan. Eikosanoid yang dihasilkan dari asam lemak omega-3 dan omega-6 mengatur reaksi inflamasi tubuh terhadap infeksi dan cedera. Asupan lemak yang seimbang dapat memastikan produksi eikosanoid yang tepat, yang mendukung tubuh dalam mengatasi patogen tanpa menyebabkan kerusakan jaringan yang tidak perlu.Sel-sel imun, seperti makrofag dan neutrofil, membutuhkan energi yang cukup untuk menjalankan fungsinya, seperti fagositosis, yaitu proses penghancuran patogen. Lemak menyediakan energi cadangan yang sangat dibutuhkan dalam proses ini. Selain itu, lemak berperan dalam mendukung pemulihan dan perbaikan jaringan tubuh setelah infeksi, yang sangat penting untuk menjaga daya tahan tubuh. Kekurangan asupan lemak dapat menyebabkan penurunan kemampuan sistem imun untuk merespons infeksi secara optimal (Husni, A. S., & Agustina, 2018).

Lemak memiliki banyak fungsi penting dalam tubuh, salah satunya adalah menyediakan sumber energi yang efisien. Dibandingkan dengan karbohidrat dan protein, lemak menyediakan energi dua kali lipat per gram, menjadikannya sumber energi tambahan yang penting. Selain itu, lemak merupakan komponen penting membran sel, membantu melindungi dan mengatur komunikasi antar sel. Fungsi-fungsi ini penting untuk mendukung aktivitas sel-sel imun yang mempertahankan tubuh terhadap patogen. Salah satu fungsi lemak yang paling penting dalam sistem kekebalan tubuh adalah pembentukan membran sel. Sel imun seperti sel T, sel B, dan makrofag memiliki membran yang terutama terdiri dari lipid (lemak). Membran ini tidak hanya berfungsi sebagai perlindungan tetapi juga merupakan tempat berlangsungnya berbagai proses komunikasi antara sel-sel imun. Lemak membentuk struktur yang memungkinkan sel imun berinteraksi dengan lingkungan, mengenali patogen, dan membentuk respons imun yang tepat (Sudiono J., 2014).

Lemak yang terdiri dari asam lemak esensial, terutama omega-3 dan omega-6, berperan dalam mengatur respons imun tubuh. Asam lemak Omega-3 (terutama EPA dan DHA), yang ditemukan dalam jumlah besar pada ikan laut dan beberapa sumber nabati, memiliki sifat antiperadangan yang membantu mengurangi peradangan berlebihan yang sering terjadi pada penyakit kronis dan infeksi yang tidak terkontrol. Hal ini mungkin saja terjadi. Sebaliknya, asam lemak omega-6 yang ditemukan dalam minyak sayur memiliki efek pro-inflamasi yang diperlukan untuk mempercepat respons imun terhadap infeksi akut. Asam lemak Omega-3, terutama EPA dan DHA, memiliki sifat anti-inflamasi yang penting dalam mengatur keseimbangan respons imun. Kedua asam lemak ini

memengaruhi proses yang mengarah pada produksi prostaglandin dan leukotrien. Ini adalah molekul yang terlibat dalam proses peradangan. Asupan asam lemak omega-3 yang cukup membantu mencegah peradangan kronis yang dapat merusak jaringan tubuh, termasuk penyakit autoimun dan kardiovaskular. Dalam hal ini, omega-3 berperan dalam menjaga keseimbangan antara respons imun yang dibutuhkan untuk melawan infeksi dan mencegah peradangan berlebih yang dapat membahayakan tubuh. (Bender, 2020).

Berbeda dengan omega-3, asam lemak omega-6, yang banyak ditemukan pada minyak jagung, minyak kedelai, dan minyak bunga matahari, berfungsi untuk mempercepat respons inflamasi tubuh, yang sangat diperlukan dalam tahap awal infeksi atau cedera. Inflamasi akut adalah bagian dari respons imun tubuh yang bertujuan untuk menghancurkan patogen dan memperbaiki jaringan yang rusak. Meskipun omega-6 memiliki sifat pro-inflamasi, konsumsi yang berlebihan dapat meningkatkan risiko inflamasi kronis, yang berpotensi berbahaya bagi tubuh, seperti pada penyakit inflamasi seperti artritis reumatoid dan penyakit jantung. Lemak, terutama asam lemak esensial, juga berperan dalam mengatur keseimbangan respons imun tubuh. Lemak berinteraksi dengan sel-sel imun dan mengatur produksi dan pelepasan sitokin—protein yang berfungsi mengatur peradangan dan aktivasi sel imun. Respons imun tubuh harus terkoordinasi dengan baik agar tidak berlebihan, karena respons inflamasi yang terlalu kuat dapat menyebabkan kerusakan jaringan tubuh. Asam lemak omega-3 dapat membantu meredakan peradangan yang berlebihan, sementara omega-6 memicu respons yang diperlukan untuk melawan patogen pada tahap awal (Sulastri, N., & Mulyani, 2021).

Selain perannya dalam mengatur membran sel dan peradangan, lemak juga terlibat dalam sintesis molekul sinyal yang mengendalikan aktivitas sel imun. Asam lemak, terutama omega-3 dan omega-6, memengaruhi produksi eikosanoid, sekelompok senyawa yang bertindak sebagai mediator proses inflamasi. Dalam jumlah yang seimbang, eikosanoid dapat meningkatkan kemampuan sel imun untuk melawan infeksi. Ketidakseimbangan antara asupan omega-3 dan omega-6 menghambat produksi eikosanoid dan meningkatkan risiko penyakit inflamasi. Fagositosis adalah proses di mana sel-sel imun, seperti makrofag dan neutrofil, menelan dan menghancurkan patogen. Proses ini memerlukan sejumlah besar energi dan kelancaran fungsi membran sel. Lipid yang membentuk membran sel imun berperan penting dalam mendukung kelancaran fungsi fagositosis. Selain itu, asam lemak omega-3 telah terbukti meningkatkan aktivitas fagosit, sehingga meningkatkan kemampuan sel imun untuk menghilangkan patogen (Sutrisno, M., & Yulianto, n.d.).

Lemak juga berperan dalam mendukung kesehatan mikrobiota usus, yang berperan besar dalam modulasi sistem imun. Mikrobiota yang seimbang dapat meningkatkan daya tahan tubuh terhadap infeksi dan merangsang pembentukan antibodi. Lemak, terutama yang berasal dari sumber alami seperti ikan berlemak dan biji-bijian, dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme baik dalam usus yang, pada gilirannya, mendukung fungsi sistem imun tubuh. Selain mendukung fungsi sel imun, lemak juga penting dalam proses pemulihan tubuh setelah infeksi. Selama proses penyembuhan, tubuh memerlukan energi yang cukup untuk memperbaiki jaringan yang rusak akibat peradangan. Lemak menyediakan cadangan energi yang dibutuhkan untuk pemulihan tersebut, khususnya ketika tubuh menghadapi infeksi yang parah atau cedera. Selain itu, lemak juga membantu sintesis prostaglandin dan molekul lainnya yang diperlukan untuk perbaikan jaringan.

Lemak juga mempengaruhi keseimbangan hormon dalam tubuh, yang pada gilirannya dapat memengaruhi respons imun. Beberapa hormon, seperti hormon kortisol, yang berperan dalam mengatur peradangan, dipengaruhi oleh asupan lemak. Selain itu, asam lemak omega-3 dan omega-6 dapat memodulasi aktivitas hormon dan enzim yang mengatur reaksi inflamasi dan respons imun, menjaga keseimbangan yang diperlukan untuk kesehatan tubuh. Kekurangan asupan lemak dapat memiliki dampak buruk terhadap sistem imun. Lemak esensial, khususnya omega-3 dan omega-6, sangat penting dalam menjaga fungsi membran sel dan komunikasi antar sel imun. Kekurangan lemak dapat menyebabkan penurunan produksi eikosanoid yang penting, mengurangi kemampuan sel imun dalam melawan infeksi dan meningkatkan kerentanannya terhadap penyakit. Oleh karena itu, penting untuk mencukupi kebutuhan lemak sehat dalam pola makan sehari-hari (Bender, 2020).

Pada penyakit autoimun, di mana sistem imun menyerang sel-sel tubuh yang sehat, mengonsumsi lemak dalam jumlah seimbang membantu mengatur respons peradangan. Asam lemak omega-3 memiliki sifat antiperadangan dan dapat membantu mengurangi peradangan yang terjadi pada penyakit autoimun seperti artritis reumatoid dan lupus. Sebaliknya, mengonsumsi terlalu banyak asam lemak omega-6 dapat meningkatkan peradangan dan gejala penyakit autoimun. Limfosit merupakan jenis sel darah putih yang berperan dalam respon imun adaptif dalam pengenalan antigen dan produksi antibodi. Lemak, terutama asam lemak esensial, dapat memengaruhi perkembangan dan fungsi limfosit. Asupan lemak yang cukup mendukung diferensiasi limfosit dan memperkuat respons tubuh terhadap patogen. Selain itu, lemak juga memengaruhi aktivasi

limfosit T, yang sangat penting dalam penghancuran sel yang terinfeksi. (Fadhilah, A., & Setiawati, 2020).

Secara keseluruhan, lemak memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung fungsi sistem imun tubuh. Lemak tidak hanya menyediakan energi yang dibutuhkan oleh sel imun, tetapi juga berperan dalam membentuk membran sel, mengatur inflamasi, dan memodulasi berbagai proses biokimia yang mendukung respons imun. Oleh karena itu, konsumsi lemak yang cukup, terutama lemak sehat seperti omega-3, sangat penting untuk menjaga sistem imun tetap kuat dan efektif dalam melawan infeksi dan penyakit.

3. Protein

Protein adalah salah satu zat gizi makro yang memiliki peran yang sangat vital dalam mendukung sistem imun tubuh. Seluruh komponen sistem imun, baik itu sel-sel imun, antibodi, sitokin, maupun molekul pengatur peradangan lainnya, sebagian besar terdiri dari protein. Tanpa asupan protein yang cukup, tubuh akan kesulitan untuk memproduksi komponen-komponen sistem imun yang esensial, yang berakibat pada penurunan kemampuan tubuh dalam melawan infeksi dan penyakit.

Secara umum, sistem imun tubuh dapat dibagi menjadi dua jenis respon imun: respon imun bawaan dan respon imun adaptif. Protein berperan dalam kedua jenis reaksi. Dalam respons imun bawaan, protein berperan dalam mengenali patogen dan mengaktifkan sel imun untuk menyerangnya. Dalam respons imun adaptif, protein terlibat dalam pembentukan antibodi dan sel memori yang dapat melawan patogen secara lebih efektif setelah terpapar ulang. Salah satu fungsi protein terpenting dalam sistem imun adalah pembentukan antibodi. Antibodi, juga disebut imunoglobulin, adalah protein yang diproduksi oleh sel B dalam sistem imun. Fungsi utama antibodi adalah mengenali, mengikat, dan menetralkan patogen seperti bakteri, virus, dan jamur. Tanpa protein yang cukup, tubuh tidak dapat memproduksi antibodi yang efektif, sehingga melemahkan respons imun terhadap infeksi. (Bender, 2020).

Protein juga sangat penting dalam pembentukan sel-sel imun yang diperlukan untuk melawan infeksi. Sel-sel seperti limfosit T dan B, serta makrofag dan neutrofil, semuanya membutuhkan protein untuk berkembang, berfungsi, dan melakukan tugasnya. Limfosit T berfungsi untuk menyerang sel yang terinfeksi, sedangkan limfosit B memproduksi antibodi. Makrofag dan neutrofil berperan dalam proses fagositosis, di mana mereka menelan dan menghancurkan patogen yang masuk ke dalam tubuh. Selain itu, sitokin, yang merupakan protein pengatur dalam sistem imun, juga bergantung pada protein untuk sintesisnya. Sitokin adalah molekul kecil yang mengatur komunikasi antara

sel-sel imun. Mereka merangsang proses peradangan yang diperlukan untuk melawan infeksi, serta mengarahkan sel-sel imun ke lokasi infeksi. Produksi sitokin yang tidak tepat atau berlebihan dapat menyebabkan peradangan kronis atau masalah autoimun, sementara kekurangan sitokin dapat mengurangi respons imun tubuh terhadap patogen.

Protein berperan pula dalam mendukung proses fagositosis, di mana sel-sel imun seperti makrofag dan neutrofil menelan dan mencerna patogen. Fagositosis adalah salah satu langkah awal dalam respons imun tubuh, di mana sel-sel imun mengenali dan menghancurkan bakteri atau virus yang menginfeksi tubuh. Untuk melakukan fagositosis dengan efektif, sel-sel imun membutuhkan protein dalam jumlah yang cukup, baik untuk membentuk komponen struktural sel maupun untuk menghasilkan enzim yang diperlukan untuk menghancurkan patogen. Selain itu, protein juga terlibat dalam pembentukan komplemen, yaitu serangkaian protein yang terdapat dalam darah dan memiliki peran penting dalam sistem imun tubuh. Komplemen membantu dalam mengidentifikasi dan menghancurkan patogen. Mereka juga merangsang proses peradangan dan menarik sel-sel imun ke lokasi infeksi. Tanpa protein komplemen yang cukup, tubuh akan lebih sulit dalam mengatasi infeksi (Sudiono J., 2014).

Selama respons imun, tubuh membutuhkan lebih banyak sel-sel baru, dan ini membutuhkan protein untuk pembentukan sel. Sebagai contoh, selama infeksi, tubuh akan menghasilkan lebih banyak sel darah putih untuk melawan patogen. Semua proses ini membutuhkan protein sebagai bahan baku untuk sintesis sel-sel baru. Kekurangan protein dapat menghambat pembentukan sel-sel imun dan memperlambat pemulihan tubuh setelah infeksi. Selain peran strukturalnya dalam sel, protein juga sangat penting dalam menyediakan energi untuk tubuh selama fase infeksi atau peradangan. Ketika tubuh terinfeksi, metabolisme tubuh meningkat, dan tubuh membutuhkan lebih banyak energi untuk mendukung aktivitas sel imun yang sedang bekerja. Protein menyediakan energi yang dibutuhkan oleh tubuh untuk mendukung respons imun yang optimal dan memastikan sel-sel imun dapat bekerja dengan efisien (Ardhani, N. P., & Suryawati, 2019).

Protein juga berperan dalam proses pembentukan dan pemeliharaan jaringan tubuh, yang sangat penting setelah infeksi atau cedera. Misalnya, protein kolagen memainkan peran utama dalam menjaga kekuatan dan integritas kulit serta jaringan ikat. Kulit yang sehat berfungsi sebagai penghalang fisik yang melindungi tubuh dari patogen. Selama infeksi, tubuh membutuhkan protein untuk memperbaiki jaringan yang rusak, yang merupakan bagian dari proses pemulihan setelah infeksi. Sistem imun tubuh yang lemah sering kali disebabkan

oleh defisiensi protein. Ketika tubuh kekurangan protein, jumlah sel-sel imun akan menurun, yang menyebabkan penurunan respons imun tubuh terhadap infeksi. Sel B yang memproduksi antibodi, limfosit T yang menyerang sel terinfeksi, serta makrofag dan neutrofil yang melakukan fagositosis semua membutuhkan protein untuk berfungsi secara optimal. Kekurangan protein menghambat proses-proses ini dan membuat tubuh lebih rentan terhadap patogen (Lestari, D., & Widyawati, 2020).

Selain itu, protein juga berperan dalam mengatur keseimbangan hormon-hormon tubuh yang mempengaruhi sistem imun. Salah satunya adalah kortisol, yang berperan dalam mengatur respons tubuh terhadap stres dan peradangan. Asam amino dalam protein digunakan oleh tubuh untuk memproduksi hormon-hormon ini. Kortisol yang diproduksi oleh tubuh berfungsi untuk mengontrol tingkat peradangan dan mencegah peradangan yang berlebihan. Keseimbangan yang tepat antara hormon ini sangat penting untuk menjaga fungsi sistem imun tubuh. Dalam beberapa kasus, faktor genetik juga dapat mempengaruhi kemampuan tubuh untuk memproduksi protein imun. Misalnya, beberapa orang mungkin memiliki mutasi genetik yang mengganggu sintesis antibodi atau produksi sel-sel imun lainnya. Dalam hal ini, mengonsumsi protein dalam jumlah yang cukup melalui makanan atau suplemen yang tepat dapat membantu meningkatkan efektivitas respons imun, meskipun faktor genetik tersebut tidak dapat sepenuhnya diubah.

Protein juga terlibat dalam mempertahankan integritas dan kesehatan membran sel. Membran sel, yang terbuat dari lemak dan protein, memungkinkan komunikasi antara sel-sel imun dan memfasilitasi pengenalan patogen. Jika tubuh kekurangan protein, membran sel menjadi lebih rapuh, dan ini mengurangi kemampuan sel-sel imun untuk mengenali, menyerang, dan menghancurkan patogen. Dengan asupan protein yang cukup, membran sel tetap kuat, memungkinkan sistem imun berfungsi lebih efektif. Asupan protein yang memadai juga sangat penting dalam menjaga keseimbangan mikrobiota usus, yang berperan dalam pengaturan sistem imun. Mikrobiota yang sehat membantu sistem imun untuk mengenali patogen dengan lebih baik dan mengatur reaksi peradangan tubuh. Kekurangan protein dapat mengganggu keseimbangan mikrobiota usus, yang dapat berdampak buruk bagi kesehatan sistem imun secara keseluruhan (Gibson, R. S., & Margetts, 2021).

Kekurangan protein dalam makanan Anda juga dapat menyebabkan berkurangnya produksi vitamin dan mineral yang berperan dalam sistem kekebalan tubuh Anda. Beberapa vitamin dan mineral, seperti vitamin A, C, D, dan seng, mendukung sistem kekebalan tubuh. Protein diperlukan untuk

metabolisme dan penyerapan nutrisi yang tepat. Oleh karena itu, asupan protein yang cukup membantu meningkatkan ketersediaan dan efektivitas vitamin dan mineral yang mendukung fungsi kekebalan tubuh. Asam amino yang ditemukan dalam protein juga penting untuk mengatur respons peradangan tubuh. Beberapa asam amino, seperti glutamin, memainkan peran khusus dalam mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh, mendorong pemulihan dari infeksi, dan menjaga kesehatan pencernaan. Kekurangan asam amino ini dapat memperlambat proses pemulihan dan mengurangi kemampuan tubuh untuk melawan infeksi (Astuti, R., & Mustikaningtyas, n.d.).

Selama fase akut infeksi atau peradangan, tubuh mengalami peningkatan metabolisme protein, yang mengarah pada peningkatan kebutuhan protein. Pada saat ini, tubuh membutuhkan lebih banyak protein untuk menghasilkan sel-sel imun dan komponen-komponen yang terlibat dalam proses peradangan, seperti sitokin dan eikosanoid. Jika kebutuhan protein ini tidak dipenuhi, tubuh akan kesulitan untuk melawan infeksi dengan efektif.

Protein juga berperan dalam mengatur keseimbangan sistem imun adaptif dan bawaan. Keseimbangan yang baik antara kedua sistem imun ini sangat penting untuk melawan patogen dengan efektif. Sistem imun bawaan bertindak cepat terhadap infeksi pertama kali, sementara sistem imun adaptif menghasilkan respons yang lebih spesifik dan memori imun yang akan melindungi tubuh di masa depan. Protein terlibat dalam regulasi kedua sistem ini untuk memastikan bahwa respons imun tubuh berjalan secara optimal. Dalam pemulihan pasca-infeksi, tubuh membutuhkan protein untuk membangun kembali jaringan yang rusak. Selain itu, protein juga diperlukan untuk memperbarui sel-sel yang rusak dan mendukung pertumbuhan kembali sel-sel yang baru. Misalnya, protein kolagen berperan dalam proses penyembuhan luka dan pemulihan jaringan setelah infeksi atau cedera.

Pentingnya protein dalam mendukung fungsi sistem imun harus dipahami dalam konteks diet yang seimbang. Mengonsumsi berbagai sumber protein yang kaya akan asam amino esensial, seperti daging, ikan, telur, dan produk nabati seperti kacang-kacangan, dapat memberikan tubuh asupan yang dibutuhkan untuk mendukung sistem imun yang sehat. Pastikan diet mengandung protein dalam jumlah yang cukup untuk menjaga sistem imun tubuh tetap optimal.

Secara keseluruhan, protein memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga fungsi sistem imun yang optimal. Dari pembentukan antibodi, sitokin, dan sel-sel imun, hingga pemulihan jaringan dan energi yang dibutuhkan selama infeksi, protein sangat penting untuk menjaga tubuh tetap sehat dan kuat dalam melawan patogen. Oleh karena itu, menjaga asupan protein yang cukup sangat

penting untuk mendukung daya tahan tubuh terhadap infeksi dan penyakit (Baratawidjaja KG, 2006).

B. Peran Zat Gizi Mikro dalam Imunologi Gizi

Dari perspektif imunologi gizi, peran mikronutrien dalam mendukung kesehatan kekebalan tubuh sangatlah penting. Mikronutrien, yang terdiri dari vitamin dan mineral, berperan penting dalam mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh. Meskipun vitamin dan mineral dibutuhkan dalam jumlah kecil, mereka terlibat dalam banyak proses biokimia berbeda yang mendukung kekebalan tubuh, mulai dari mengatur respons imun hingga mencegah infeksi. Kekurangan zat gizi mikro ini dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh dan membuat Anda lebih rentan terhadap penyakit, menyoroti pentingnya nutrisi yang cukup untuk menjaga kesehatan fisik yang optimal. Tindakan gizi yang tepat, termasuk asupan zat gizi mikro dan perbaikan pola makan, dapat memperkuat sistem kekebalan tubuh dan membantu mencegah atau mengurangi efek penyakit. (Gombart, A. F., 2020).

1. Vitamin

Meskipun vitamin hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil, vitamin memainkan peran penting dalam mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh. Sistem kekebalan tubuh kita bertanggung jawab untuk mempertahankan tubuh kita terhadap berbagai patogen, termasuk virus, bakteri, dan jamur, dan sangat bergantung pada vitamin yang cukup agar dapat berfungsi optimal. Kekurangan vitamin tertentu dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh Anda dan membuat Anda lebih rentan terhadap penyakit. Oleh karena itu, memahami peran vitamin dalam imunologi gizi sangat penting untuk menjaga sistem kekebalan tubuh. Vitamin A berperan sangat penting dalam mendukung sistem kekebalan tubuh. Fungsi vitamin ini adalah menjaga integritas sel epitel tubuh. Ini membentuk penghalang pertama terhadap invasi patogen, terutama pada saluran pernapasan dan pencernaan. Selain itu, vitamin A terlibat dalam mengatur sel-sel imun seperti sel T dan sel B, yang bertanggung jawab untuk melawan infeksi. Kekurangan vitamin A meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, terutama infeksi saluran pernapasan.

Vitamin A berperan dalam diferensiasi dan proliferasi sel-sel imun, termasuk sel T dan sel B, yang sangat penting dalam mengatasi infeksi. Vitamin A juga mendukung produksi antibodi yang dibutuhkan tubuh untuk mengenali dan mengatasi patogen. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kekurangan vitamin A dapat menurunkan respons imun terhadap infeksi dan memperburuk penyebaran infeksi, terutama pada anak-anak yang lebih rentan terhadap gangguan ini.

Vitamin C diketahui sebagai antioksidan kuat yang membantu melindungi sel imun dari kerusakan oksidatif yang terjadi selama respons terhadap infeksi. Radikal bebas yang dihasilkan saat melawan patogen dapat merusak sel-sel tubuh, termasuk sel-sel imun. Vitamin C, melalui sifat antioksidannya, membantu mengurangi kerusakan ini dan meningkatkan fungsi sel imun, sehingga memungkinkan mereka melawan infeksi secara lebih efektif. Vitamin C juga berperan penting dalam meningkatkan kemampuan fagositosis sel imun seperti neutrofil dan makrofag (proses di mana sel-sel ini menelan dan menghancurkan patogen). Selain itu, vitamin C mendukung produksi interferon, protein yang membantu melawan infeksi virus dalam tubuh. Oleh karena itu, mendapatkan cukup vitamin C dapat membantu tubuh Anda pulih lebih cepat setelah infeksi dan meningkatkan respons tubuh Anda terhadap vaksinasi (Siregar, D. P., & Tanjung, 2023).

Vitamin D merupakan vitamin yang berperan penting dalam mengatur sistem kekebalan tubuh. Vitamin D mempengaruhi banyak aspek fungsi sel kekebalan, termasuk sel T dan makrofag. Sel T yang diaktifkan oleh vitamin D lebih mampu mengenali dan melawan patogen. Selain itu, vitamin D mengatur respons peradangan dan mencegah peradangan berlebihan yang dapat merusak jaringan tubuh. Kekurangan vitamin D dikaitkan dengan peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan dan penyakit autoimun. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kekurangan vitamin D dapat meningkatkan kerentanan terhadap infeksi pernapasan, termasuk infeksi virus seperti influenza dan COVID-19. Vitamin D meningkatkan respons imun tubuh terhadap virus dengan meningkatkan produksi antibodi dan aktivitas fagosit. Oleh karena itu, asupan vitamin D yang cukup sangat penting untuk mencegah infeksi dan memperkuat daya tahan tubuh terhadap patogen.

Vitamin E adalah antioksidan yang membantu melindungi sel imun dari kerusakan akibat stres oksidatif, yang terjadi saat tubuh merespons infeksi. Vitamin E juga membantu menjaga integritas membran sel imun, yang memungkinkan sel-sel ini berfungsi dengan baik saat melawan patogen. Selain itu, Vitamin E memiliki sifat antiperadangan, yang penting untuk menjaga peradangan dalam tubuh agar tidak tak terkendali dan merusak jaringan tubuh. Vitamin E mendukung aktivitas sel imun dalam mendeteksi dan menghancurkan patogen. Penelitian telah menunjukkan bahwa vitamin E dapat meningkatkan fungsi sel T, makrofag, dan neutrofil yang merespons infeksi. Kekurangan Vitamin E dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh, memperlambat pemulihan dari infeksi, dan membuat Anda lebih rentan terhadap penyakit (Pramesti, D., & Ayuningtyas, n.d.).

Vitamin K, yang lebih dikenal dengan peranannya dalam pembekuan darah, juga memiliki pengaruh terhadap sistem kekebalan tubuh. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa vitamin K memiliki efek modulator pada respons imun, termasuk pengaturan peradangan. Vitamin K membantu mencegah peradangan kronis yang bisa melemahkan sistem imun. Meskipun peranannya dalam imunologi masih membutuhkan penelitian lebih lanjut, pemenuhan vitamin K yang cukup berpotensi mendukung kekebalan tubuh.

Secara keseluruhan, vitamin memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga sistem kekebalan tubuh yang sehat. Memastikan kecukupan vitamin A, C, D, E, dan K dalam pola makan sehari-hari sangat penting untuk mendukung berbagai fungsi imun, seperti produksi antibodi, pengaturan peradangan, dan perlindungan terhadap patogen. Mengonsumsi makanan yang kaya akan vitamin, seperti buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, dan biji-bijian, dapat membantu menjaga daya tahan tubuh dan mencegah gangguan pada sistem kekebalan tubuh (Sulastri, N., & Mulyani, 2021).

2. Mineral

Mineral adalah zat gizi mikro yang sangat penting dalam berbagai fungsi tubuh, termasuk sistem kekebalan tubuh. Walaupun dibutuhkan dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan makronutrien, mineral memiliki peran yang sangat besar dalam mendukung efektivitas dan efisiensi respons imun tubuh terhadap infeksi. Mineral mendukung berbagai proses biologis yang terkait dengan pertahanan tubuh, seperti pengaturan peradangan, penguatan sel-sel imun, serta produksi antibodi. Kekurangan mineral tertentu dapat menyebabkan gangguan pada sistem kekebalan tubuh dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi.

Zinc merupakan mineral yang berperan sangat penting dalam berfungsinya sistem kekebalan tubuh. Seng mendukung pengembangan dan aktivasi sel kekebalan seperti sel T dan sel B, yang penting untuk pertahanan tubuh melawan patogen. Selain itu, seng terlibat dalam produksi dan regulasi sitokin. Ini adalah molekul yang berperan dalam komunikasi antar sel kekebalan. Defisiensi seng mengurangi jumlah dan fungsi sel kekebalan tubuh, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi. Zinc berperan dalam meningkatkan aktivitas fagositosis sel imun seperti neutrofil dan makrofag. Fagositosis adalah proses di mana sel imun menyerap dan menghancurkan patogen yang menyerang dalam tubuh. Tanpa cukup zinc, sel imun Anda kurang mampu mengenali dan membasmi patogen, sehingga meningkatkan risiko infeksi. Oleh karena itu, asupan zinc yang cukup sangat penting untuk menjaga fungsi fagosit yang

efektif dan meningkatkan daya tahan tubuh terhadap infeksi. (Hidayat, A., & Jannah, 2023).

Selenium adalah mineral dengan sifat antioksidan yang kuat dan berperan dalam melindungi sel-sel imun dari kerusakan oksidatif selama respons imun terhadap patogen. Selenium berperan dalam aktivitas enzim yang terlibat dalam pengaturan peradangan dan respons imun. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa selenium dapat meningkatkan fungsi makrofag dan sel-sel T, yang berperan dalam mengatasi infeksi. Kekurangan selenium dapat menurunkan daya tahan tubuh dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi. Sebagai antioksidan, selenium membantu melindungi sel-sel imun dari kerusakan akibat radikal bebas yang terbentuk selama pertempuran tubuh melawan infeksi. Selenium juga mendukung pengaturan sistem kekebalan tubuh, termasuk mengurangi risiko peradangan berlebihan yang dapat merusak jaringan tubuh. Selain itu, selenium meningkatkan kemampuan tubuh dalam melawan infeksi dengan memperkuat respons imun tubuh terhadap patogen.

Zat besi adalah mineral penting dalam tubuh yang berperan dalam transportasi oksigen oleh hemoglobin dalam sel darah merah. Selain itu, zat besi juga mendukung fungsi sel-sel imun, terutama sel darah putih, yang bertugas untuk melawan patogen. Kekurangan zat besi dapat menyebabkan anemia, yang mengurangi kapasitas tubuh untuk mengangkut oksigen dan memperlambat proses pemulihan tubuh setelah infeksi. Zat besi yang cukup diperlukan untuk menjaga jumlah dan fungsi sel darah putih dalam melawan infeksi. Sel darah putih merupakan komponen utama dalam respons kekebalan tubuh terhadap infeksi. Zat besi mendukung produksi dan aktivasi sel darah putih, termasuk neutrofil dan limfosit, yang penting dalam mempertahankan tubuh dari infeksi. Kekurangan zat besi dapat mengurangi efektivitas sel-sel imun ini, meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi dan memperlambat proses penyembuhan tubuh setelah penyakit. Oleh karena itu, kecukupan zat besi sangat penting untuk fungsi sistem kekebalan tubuh yang optimal (Astuti, R., & Mustikaningtyas, n.d.).

Tembaga adalah mineral yang terlibat dalam berbagai proses biokimia dalam tubuh, termasuk dalam fungsi sistem imun. Tembaga berperan dalam aktivasi enzim antioksidan yang melindungi sel-sel imun dari kerusakan oksidatif. Selain itu, tembaga juga berperan dalam metabolisme besi dan produksi hemoglobin, yang penting untuk transportasi oksigen ke sel-sel imun. Kekurangan tembaga dapat mengganggu fungsi sistem kekebalan tubuh, menyebabkan penurunan aktivitas sel imun dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi.

Kalsium, selain berperan dalam kesehatan tulang dan gigi, juga berfungsi dalam pengaturan sistem kekebalan tubuh. Kalsium terlibat dalam aktivasi sel T, yang berperan dalam mengenali dan melawan patogen. Selain itu, kalsium mendukung produksi dan sekresi sitokin, yang berfungsi dalam komunikasi antar sel imun. Kekurangan kalsium dapat mengganggu fungsi sistem kekebalan tubuh dan meningkatkan risiko peradangan yang dapat merusak jaringan tubuh.

Magnesium adalah mineral yang berperan dalam berbagai reaksi biokimia tubuh, termasuk dalam pengaturan fungsi sistem kekebalan tubuh. Magnesium membantu pengaturan peradangan dan mendukung aktivitas enzim yang terlibat dalam respons imun. Kekurangan magnesium dapat mengurangi efektivitas respons imun tubuh, meningkatkan risiko peradangan kronis, dan mengganggu proses pemulihan setelah infeksi. Oleh karena itu, memastikan kecukupan magnesium sangat penting dalam menjaga keseimbangan imunologis tubuh (Siregar, D. P., & Tanjung, 2023).

Secara keseluruhan, mineral memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh. Mineral seperti zinc, selenium, zat besi, tembaga, kalsium, dan magnesium berkontribusi dalam berbagai aspek fungsi imun, termasuk produksi sel imun, aktivitas fagositosis, pengaturan peradangan, dan perlindungan terhadap kerusakan sel. Kekurangan mineral dapat mengganggu respons imun tubuh, meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi, dan memperlambat proses pemulihan. Oleh karena itu, penting untuk memastikan kecukupan mineral dalam diet agar sistem kekebalan tubuh dapat berfungsi dengan optimal.

C. Metabolisme Karbohidrat dan Pengaruhnya pada Respon Imun

Karbohidrat merupakan salah satu makronutrien utama yang menyediakan energi bagi tubuh. Metabolisme karbohidrat berperan penting dalam menjaga keseimbangan energi yang dibutuhkan untuk berbagai proses fisiologis, termasuk fungsi sistem imun. Proses metabolisme karbohidrat melibatkan konversi karbohidrat yang kita konsumsi menjadi glukosa, yang kemudian digunakan oleh sel-sel tubuh untuk menghasilkan energi. Selain itu, metabolisme karbohidrat juga memiliki hubungan yang erat dengan respons imun tubuh, mempengaruhi aktivitas sel imun, pengaturan peradangan, serta kemampuan tubuh untuk melawan infeksi.

Sel-sel tubuh, termasuk sel-sel imun, memerlukan energi yang cukup untuk melakukan fungsi-fungsinya. Glukosa, hasil akhir dari metabolisme karbohidrat, adalah sumber energi utama bagi sel imun. Sel-sel seperti limfosit, makrofag, dan neutrofil membutuhkan glukosa untuk melakukan aktivitas seperti fagositosis, produksi antibodi, dan respons terhadap patogen. Selain itu, proses-proses tersebut

memerlukan energi yang cukup agar dapat berjalan secara efisien. Dalam kondisi kekurangan glukosa, fungsi sel imun bisa terganggu, yang dapat menurunkan efektivitas sistem kekebalan tubuh (Bender, 2020).

Sel-sel imun sangat bergantung pada metabolisme glukosa untuk menjalankan berbagai aktivitasnya. Misalnya, glukosa digunakan oleh sel-sel imun untuk melakukan proses fagositosis, yaitu menelan dan menghancurkan patogen seperti bakteri atau virus. Selain itu, glukosa juga digunakan dalam sintesis protein-protein penting untuk respons imun, seperti sitokin, yang membantu mengatur komunikasi antara sel-sel imun. Oleh karena itu, karbohidrat yang cukup dalam tubuh sangat penting dalam menjaga efektivitas respons imun, terutama saat tubuh menghadapi infeksi atau cedera.

Kondisi metabolisme yang tidak seimbang, seperti pada diabetes melitus, dapat mempengaruhi fungsi sistem imun. Pada individu dengan diabetes, baik tipe 1 maupun tipe 2, kadar glukosa darah yang tinggi (hiperglikemia) sering kali mengganggu fungsi sel-sel imun, termasuk menurunkan kemampuan sel untuk melakukan fagositosis dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi. Selain itu, kadar glukosa yang tidak terkontrol dapat merusak pembuluh darah dan jaringan tubuh, yang memperburuk peradangan dan memperpanjang waktu pemulihan dari infeksi.

Selain itu, proses metabolisme karbohidrat juga berhubungan erat dengan pengaturan peradangan, yang merupakan bagian dari respons imun tubuh. Peradangan adalah reaksi tubuh terhadap infeksi atau cedera dan membutuhkan energi yang cukup untuk menghasilkan mediator peradangan, seperti sitokin dan prostaglandin. Karbohidrat, sebagai sumber utama energi, berperan dalam menyediakan energi yang diperlukan untuk produksi mediator peradangan tersebut. Jika metabolisme karbohidrat terganggu, seperti pada kondisi hiperglikemia, proses peradangan bisa menjadi lebih intens dan berlarut-larut, yang justru bisa merusak jaringan tubuh dan memperburuk kondisi kesehatan secara keseluruhan (Arfianti, R., & Kurniawati, 2022).

Secara keseluruhan, metabolisme karbohidrat memiliki peran penting dalam mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh. Glukosa yang berasal dari metabolisme karbohidrat menyediakan energi untuk sel-sel imun dalam melaksanakan fungsinya, seperti fagositosis dan produksi antibodi. Oleh karena itu, menjaga keseimbangan metabolisme karbohidrat melalui pola makan yang sehat dan pengelolaan kondisi medis seperti diabetes adalah langkah penting untuk memastikan respons imun yang optimal, serta untuk mengurangi risiko infeksi dan mempercepat proses pemulihan tubuh.

D. Metabolisme Lemak dan Peranannya dalam Fungsi Imun

Lemak adalah salah satu makronutrien penting dalam tubuh yang berperan besar dalam berbagai fungsi fisiologis, termasuk penyediaan energi, penyimpanan energi cadangan, serta pembentukan dan pemeliharaan struktur sel. Dalam konteks sistem imun, metabolisme lemak juga memainkan peran penting yang sering kali kurang diperhatikan. Lemak, baik dalam bentuk trigliserida, fosfolipid, maupun asam lemak bebas, terlibat dalam banyak proses biologis yang mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh. Metabolisme lemak tidak hanya menyediakan energi bagi sel-sel imun, tetapi juga terlibat dalam regulasi peradangan, pengaturan respons imun adaptif, serta produksi molekul pensinyalan yang mendukung berbagai proses imunologis (Sinha, S., & Li, 2022).

Metabolisme lemak memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh. Lemak menyediakan energi untuk sel-sel imun, berperan dalam pembentukan membran sel, dan mempengaruhi regulasi peradangan. Asam lemak omega-3, khususnya, memiliki sifat anti-inflamasi yang penting untuk mengurangi peradangan berlebihan dan memperbaiki pemulihan tubuh setelah infeksi atau cedera. Sebaliknya, lemak trans dan kekurangan lemak sehat dalam diet dapat merusak sistem imun, meningkatkan risiko peradangan kronis, dan memperburuk daya tahan tubuh terhadap infeksi. Oleh karena itu, penting untuk menjaga keseimbangan metabolisme lemak dengan mengonsumsi lemak sehat dalam jumlah yang cukup untuk mendukung sistem kekebalan tubuh yang optimal (Fadhilah, A., & Setiawati, 2020).

Lemak dalam makanan yang kita konsumsi diubah menjadi asam lemak dan gliserol selama proses pencernaan. Asam lemak yang dihasilkan kemudian diserap ke dalam darah dan dibawa ke sel-sel tubuh, di mana mereka dapat digunakan untuk berbagai fungsi. Jika tubuh tidak memerlukan energi secara langsung, asam lemak ini disimpan dalam jaringan adiposa sebagai trigliserida untuk digunakan di kemudian hari. Selain menjadi sumber energi cadangan, lemak juga berperan dalam membentuk struktur membran sel, yang memainkan peran krusial dalam proses komunikasi antar sel, termasuk sel-sel imun.

Sebagian besar membran sel tubuh, termasuk sel-sel imun seperti limfosit, makrofag, dan neutrofil, tersusun atas lapisan lipid, terutama fosfolipid dan kolesterol. Membran sel berfungsi melindungi sel dari kerusakan serta memungkinkan sel berinteraksi dengan lingkungan eksternal dan mengenali patogen. Dalam respon imun, kemampuan sel-sel imun untuk mengenali dan merespons infeksi sangat tergantung pada komposisi dan fungsi membran sel mereka. Oleh karena itu, metabolisme lemak yang sehat sangat penting untuk

mempertahankan integritas dan fungsi membran sel, memungkinkan sel imun untuk bekerja dengan optimal.

Asam lemak tak jenuh, terutama yang terkandung dalam minyak ikan (omega-3), biji rami, dan kenari, memainkan peran penting dalam regulasi peradangan. Peradangan adalah bagian dari respon imun tubuh terhadap infeksi atau cedera, namun peradangan yang berlebihan atau kronis dapat merusak jaringan tubuh. Asam lemak omega-3 memiliki sifat anti-inflamasi yang dapat mengurangi produksi mediator peradangan, seperti prostaglandin, yang biasanya diproduksi dari asam lemak omega-6. Dengan meningkatkan asam lemak omega-3 dalam diet, tubuh dapat mengurangi peradangan berlebih, yang dapat membantu menurunkan risiko penyakit inflamasi kronis dan gangguan autoimun.

Selain sebagai sumber energi dan komponen struktural, lemak juga berfungsi sebagai prekursor untuk sintesis lipid mediators yang penting dalam modulasi respon imun. Salah satu contoh lipid mediator yang berperan penting adalah resolvin, protectin, dan maresin, yang terbentuk dari asam lemak omega-3. Lipid mediator ini membantu meredakan peradangan setelah respon imun terhadap infeksi atau cedera. Resolvin dan protectin, misalnya, berfungsi untuk mengurangi peradangan yang berlebihan dan membantu proses penyembuhan jaringan, serta memodulasi aktivitas sel-sel imun agar peradangan tidak berlangsung terlalu lama. Hal ini menunjukkan bagaimana metabolisme lemak dapat mengatur intensitas dan durasi peradangan dalam tubuh.

Sel-sel imun, terutama yang terlibat dalam respon imun adaptif dan peradangan, memerlukan energi yang cukup untuk melakukan fungsinya. Aktivitas seperti fagositosis (penyerapan dan penghancuran patogen), produksi sitokin, dan proliferasi sel memerlukan sumber energi yang cukup. Selain glukosa, yang merupakan sumber energi utama, asam lemak juga menyediakan energi yang dibutuhkan untuk sel-sel imun. Asam lemak bebas yang dibebaskan dari jaringan adiposa dapat diubah menjadi ATP (adenosin trifosfat) dalam mitokondria, menyediakan energi yang diperlukan untuk mendukung aktivitas sel imun. Dalam situasi peradangan atau infeksi, sel-sel imun memanfaatkan asam lemak untuk memperoleh energi tambahan, memastikan bahwa respons imun tubuh berjalan dengan baik (Baratawidjaja KG, 2006).

Lemak trans, yang banyak ditemukan dalam makanan olahan dan makanan cepat saji, dapat merusak keseimbangan peradangan dalam tubuh. Konsumsi lemak trans dapat meningkatkan produksi mediator pro-inflamasi, memperburuk respon imun, dan mengurangi kemampuan sel imun untuk berfungsi dengan baik. Selain itu, lemak trans dapat mempengaruhi fungsi makrofag dan sel T, yang merupakan bagian dari sistem kekebalan tubuh yang terlibat dalam pertahanan terhadap

infeksi. Oleh karena itu, mengurangi konsumsi lemak trans sangat penting untuk mendukung fungsi imun yang sehat dan mencegah peradangan kronis yang dapat merusak tubuh.

Kekurangan lemak dalam diet dapat mengganggu berbagai aspek fungsi sistem imun. Karena lemak berperan dalam pembentukan membran sel, produksi molekul pensinyalan imunologis, dan menyediakan energi bagi sel imun, defisiensi lemak dapat menyebabkan penurunan fungsi imun. Sel-sel imun yang kekurangan energi atau tidak memiliki komponen membran yang optimal mungkin tidak dapat berfungsi secara efisien, baik dalam mengenali patogen maupun dalam melawan infeksi. Selain itu, kekurangan asam lemak esensial, seperti omega-3, dapat mengganggu pengaturan peradangan tubuh, meningkatkan risiko peradangan kronis, dan memperburuk kondisi autoimun.

E. Metabolisme Protein dan Sintesis Molekul Imun

Protein merupakan salah satu makronutrien yang memiliki peran fundamental dalam tubuh, tidak hanya sebagai sumber energi tetapi juga dalam berbagai fungsi struktural, enzimatik, dan regulasi. Dalam konteks sistem imun, metabolisme protein memainkan peran penting dalam mendukung pembentukan molekul-molekul imun yang diperlukan untuk melawan infeksi, menjaga keseimbangan imun, dan mengatur proses peradangan. Protein yang dikonsumsi dalam makanan akan dipecah menjadi asam amino yang kemudian digunakan oleh tubuh untuk membangun berbagai jenis protein fungsional, termasuk antibodi, sitokin, dan protein lain yang terlibat dalam respon imun tubuh (Lestari, D., & Widyawati, 2020).

Proses pencernaan protein dimulai di lambung, di mana protein dipecah menjadi polipeptida lebih kecil oleh enzim pepsin. Di usus halus, polipeptida ini diurai lebih lanjut menjadi asam amino oleh enzim protease. Asam amino yang dihasilkan kemudian diserap ke dalam darah dan dibawa ke sel-sel tubuh, termasuk sel-sel imun, untuk digunakan dalam sintesis protein. Tubuh kita tidak dapat menyimpan asam amino, sehingga konsumsi protein yang cukup setiap hari diperlukan untuk memastikan pasokan asam amino yang optimal bagi berbagai fungsi tubuh.

Salah satu peran penting metabolisme protein dalam sistem imun adalah dalam sintesis molekul-molekul imun yang terlibat dalam respons terhadap patogen. Salah satu molekul imun yang paling penting adalah antibodi, yang diproduksi oleh sel B. Antibodi berfungsi untuk mengenali dan mengikat patogen seperti bakteri atau virus, menandainya untuk dihancurkan atau dinetralisir oleh sistem imun. Pembentukan antibodi ini memerlukan asam amino yang disediakan oleh metabolisme protein untuk sintesis rantai ringan dan berat antibodi. Selain

antibodi, sel-sel imun juga memerlukan protein untuk menghasilkan molekul pengatur seperti sitokin. Sitokin adalah protein kecil yang berfungsi sebagai molekul pensinyalan, mengkoordinasikan komunikasi antara sel-sel imun selama respons imun. Beberapa contoh sitokin yang penting termasuk interleukin, interferon, dan faktor nekrosis tumor (TNF). Proses sintesis sitokin memerlukan asam amino yang cukup untuk menghasilkan protein-protein ini yang mengatur proses inflamasi, proliferasi sel imun, serta diferensiasi sel-sel imun dalam respons terhadap infeksi atau cedera (Siregar, D. P., & Tanjung, 2023).

Fagositosis adalah proses di mana sel-sel imun, terutama makrofag dan neutrofil, menelan dan menghancurkan patogen. Proses ini membutuhkan sejumlah besar energi dan protein untuk memfasilitasi pengenalan, penyerapan, dan penghancuran patogen. Beberapa protein penting yang terlibat dalam fagositosis termasuk reseptor pada permukaan sel imun yang mengenali patogen dan mediator inflamasi seperti sitokin yang diproduksi selama proses fagositosis. Asam amino yang berasal dari metabolisme protein diperlukan untuk sintesis protein-protein ini, yang memungkinkan sel imun untuk secara efisien menjalankan proses fagositosis.

Sistem imun tubuh dapat dibagi menjadi dua komponen utama: imunologi adaptif dan imunologi innate. Imunologi innate berfungsi sebagai pertahanan pertama tubuh terhadap infeksi dan melibatkan sel-sel imun seperti makrofag, neutrofil, dan sel NK (natural killer). Sel-sel imun ini bergantung pada berbagai protein yang dihasilkan selama metabolisme protein untuk mengenali patogen dan memulai respons inflamasi. Imunologi adaptif, di sisi lain, melibatkan limfosit T dan B yang memerlukan sintesis protein-protein spesifik untuk membentuk respon imun yang lebih terarah dan efektif. Metabolisme protein yang sehat mendukung kemampuan tubuh untuk menghasilkan sel-sel imun yang cukup dan mengaktifkan protein-protein pengatur yang memadai untuk respon imun yang lebih spesifik dan kuat. Sel T, misalnya, membutuhkan sintesis protein untuk pengenalan antigen dan aktivasi respon imun yang terkoordinasi, sementara limfosit B memproduksi antibodi dalam jumlah besar untuk menetralisir patogen yang teridentifikasi (Sinha, S., & Li, 2022).

Peradangan adalah bagian integral dari respons imun tubuh terhadap infeksi atau cedera. Protein terlibat dalam proses ini dengan mengatur tingkat dan durasi peradangan. Molekul seperti sitokin, kemokin, dan faktor pertumbuhan dihasilkan selama proses peradangan untuk menarik sel-sel imun ke lokasi infeksi dan meningkatkan aktivitas sistem imun lokal. Protein seperti interleukin (IL), interferon (IFN), dan faktor nekrosis tumor (TNF) memainkan peran penting dalam pengaturan peradangan dan berkontribusi pada pengaturan intensitas respon imun. Namun, peradangan yang berlebihan atau kronis dapat merusak jaringan tubuh dan

berkontribusi pada kondisi autoimun dan penyakit inflamasi. Dalam hal ini, metabolisme protein yang terganggu atau kurangnya kontrol terhadap sintesis protein yang mengatur peradangan dapat memperburuk respon inflamasi dan meningkatkan kerusakan jaringan tubuh.

Kekurangan protein dalam diet dapat mengganggu kemampuan tubuh untuk memproduksi molekul imun yang dibutuhkan dalam respons terhadap infeksi. Defisiensi protein mengurangi jumlah asam amino yang tersedia untuk sintesis antibodi, sitokin, dan protein pengatur lainnya. Akibatnya, tubuh menjadi lebih rentan terhadap infeksi dan memiliki kesulitan dalam mengelola respon inflamasi. Selain itu, kekurangan protein dapat mengganggu fungsi sel-sel imun seperti makrofag dan limfosit, sehingga memperburuk efektivitas respon imun tubuh. Kekurangan protein yang parah, seperti yang terlihat pada kondisi malnutrisi atau kwashiorkor, dapat mengarah pada penurunan dramatis dalam fungsi imun. Setelah infeksi atau cedera, tubuh memerlukan proses pemulihan yang memadai untuk memperbaiki jaringan yang rusak dan mengembalikan keseimbangan sistem imun. Protein memainkan peran utama dalam proses pemulihan ini. Sel-sel imun, seperti makrofag dan limfosit T, membutuhkan protein untuk menjalankan fungsi-fungsi penting dalam proses penyembuhan, termasuk produksi mediator inflamasi, pengelolaan peradangan, dan pembersihan patogen. Dalam hal ini, metabolisme protein yang efektif mendukung pemulihan tubuh setelah infeksi atau cedera, memastikan sistem imun dapat bekerja dengan baik untuk melawan infeksi dan memperbaiki kerusakan (Sudiono J., 2014).

Metabolisme protein berperan sangat penting dalam mendukung fungsi sistem imun tubuh. Proses ini menyediakan asam amino yang dibutuhkan untuk sintesis molekul-molekul imun, seperti antibodi, sitokin, dan mediator peradangan yang diperlukan untuk respons terhadap infeksi. Sel-sel imun yang bergantung pada metabolisme protein yang efisien dapat melakukan fungsi mereka, termasuk pengenalan patogen, fagositosis, dan pengaturan peradangan. Kekurangan protein dapat mengurangi efektivitas sistem imun, meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi, dan memperburuk peradangan. Oleh karena itu, memastikan asupan protein yang cukup sangat penting untuk mendukung sistem imun yang sehat dan optimal.

F. Pengaruh Kekurangan dan Kelebihan Gizi terhadap Fungsi Imun

Keseimbangan gizi yang baik sangat penting untuk menjaga fungsi sistem imun yang optimal. Kekurangan gizi, baik dalam bentuk makronutrien (seperti protein) maupun mikronutrien (seperti vitamin dan mineral), dapat melemahkan respons imun dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi. Di sisi lain, kelebihan gizi, terutama kalori berlebihan yang menyebabkan obesitas dan

konsumsi gizi yang tidak seimbang (termasuk gula, lemak jenuh, dan beberapa vitamin atau mineral), dapat menyebabkan peradangan kronis yang merusak sistem imun dan meningkatkan kerentanannya terhadap penyakit. Oleh karena itu, penting untuk mengonsumsi makanan yang bergizi secara seimbang, dengan memperhatikan kebutuhan kalori dan jenis nutrisi yang tepat, guna mendukung kesehatan sistem imun dan mencegah gangguan fungsi imun (Bender, 2020).

1. Pengaruh Kekurangan Gizi terhadap Fungsi Imun

Kekurangan gizi dapat mengganggu berbagai komponen sistem imun, termasuk produksi sel-sel imun, produksi antibodi, dan pengaturan respon peradangan. Kekurangan gizi dapat disebabkan oleh asupan makanan yang tidak memadai, malabsorpsi, atau kondisi medis tertentu yang mengganggu penyerapan nutrisi.

Sistem imun tubuh memainkan peran yang sangat penting dalam mempertahankan kesehatan dengan melindungi tubuh dari serangan patogen seperti bakteri, virus, dan jamur. Untuk menjaga efektivitas sistem imun, tubuh memerlukan asupan gizi yang cukup dan seimbang. Kekurangan gizi, baik dalam bentuk defisiensi makronutrien (seperti protein, lemak, dan karbohidrat) maupun mikronutrien (seperti vitamin dan mineral), dapat secara signifikan melemahkan fungsi sistem imun dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi.

Salah satu dampak utama kekurangan gizi adalah penurunan produksi dan fungsi sel-sel imun, terutama sel darah putih atau leukosit. Sel-sel ini berperan penting dalam mendeteksi dan menghancurkan patogen. Nutrisi yang tidak mencukupi, seperti kekurangan protein atau zinc, dapat mengganggu sintesis dan fungsi sel-sel imun ini, sehingga sistem imun tidak dapat merespons infeksi dengan optimal. Selain itu, kekurangan vitamin A, C, dan E dapat menghambat produksi antibodi yang dibutuhkan untuk melawan infeksi. Akibatnya, tubuh menjadi lebih rentan terhadap penyakit dan infeksi (Astuti, R., & Mustikaningtyas, n.d.).

Kekurangan gizi juga mempengaruhi kemampuan tubuh untuk memperbaiki dan meremajakan sel-sel yang rusak, termasuk yang terlibat dalam proses penyembuhan luka. Nutrisi yang cukup, khususnya protein dan mikronutrien seperti vitamin C dan zinc, diperlukan untuk sintesis kolagen dan regenerasi jaringan. Tanpa asupan yang memadai, proses penyembuhan luka menjadi lebih lambat dan berisiko menyebabkan infeksi sekunder. Pada kondisi yang lebih ekstrem, kekurangan gizi dapat menyebabkan kondisi seperti imunodefisiensi, di mana sistem imun tidak dapat bekerja dengan efektif untuk melawan patogen.

Pentingnya nutrisi bagi sistem imun juga tercermin pada dampak kekurangan mikronutrien tertentu, seperti vitamin D. Defisiensi vitamin D telah dikaitkan dengan peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan, termasuk infeksi virus seperti influenza dan COVID-19. Vitamin D berperan dalam modulasi respons imun tubuh, dan kekurangannya dapat menyebabkan disfungsi sistem imun. Selain itu, kekurangan gizi dapat mengganggu keseimbangan mikrobiota usus, yang memiliki hubungan erat dengan kesehatan imun. Mikrobiota usus yang tidak seimbang dapat mengurangi kemampuan tubuh untuk mempertahankan infeksi dan meningkatkan peradangan kronis.

Secara keseluruhan, kekurangan gizi tidak hanya memperburuk status kesehatan individu, tetapi juga memengaruhi efektivitas sistem imun. Oleh karena itu, penting bagi setiap individu untuk mendapatkan asupan gizi yang cukup untuk mendukung sistem imun yang sehat dan mengurangi risiko penyakit. Untuk itu, konsumsi makanan bergizi yang kaya akan vitamin, mineral, protein, serta makronutrien yang dibutuhkan tubuh sangat diperlukan dalam menjaga daya tahan tubuh yang optimal (Pramesti, D., & Ayuningtyas, n.d.).

2. Pengaruh Kelebihan Gizi terhadap Fungsi Imun

Kelebihan gizi, atau konsumsi kalori dan nutrisi yang berlebihan, dapat mempengaruhi sistem kekebalan tubuh secara signifikan. Meskipun tubuh membutuhkan nutrisi yang cukup untuk mendukung fungsi imun, konsumsi kalori yang berlebihan, terutama dalam bentuk makanan tinggi lemak dan gula, justru dapat menurunkan efektivitas sistem imun. Salah satu dampak utama kelebihan gizi adalah peningkatan kadar peradangan dalam tubuh, yang dapat melemahkan kemampuan tubuh untuk melawan infeksi dan penyakit. Peradangan kronis yang disebabkan oleh kelebihan kalori, terutama pada individu dengan obesitas, dapat mengganggu aktivitas sel-sel imun, seperti sel T dan sel B, yang berperan penting dalam pertahanan tubuh terhadap patogen.

Konsumsi lemak berlebih, terutama lemak jenuh dan trans, juga dapat merusak fungsi imun. Lemak jenis ini dapat mengubah membran sel imun, mengurangi efektivitas fagositosis, yaitu proses di mana sel imun memakan dan menghancurkan patogen. Selain itu, konsumsi lemak yang berlebihan dapat meningkatkan produksi sitokin inflamasi, yang tidak hanya memperburuk peradangan tetapi juga mengurangi respons imun tubuh secara keseluruhan. Obesitas, yang sering kali disertai dengan pola makan tinggi lemak dan kalori, telah terbukti meningkatkan risiko infeksi dan memperburuk kondisi kesehatan, karena tubuh menjadi kurang efisien dalam melawan patogen (Sinha, S., & Li, 2022).

Gula berlebih juga berperan besar dalam merusak fungsi imun. Diet yang tinggi gula dapat menyebabkan resistensi insulin dan gangguan metabolik lainnya, yang pada gilirannya dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh. Selain itu, konsumsi gula yang berlebihan dapat menurunkan kemampuan sel imun untuk mengenali dan melawan mikroorganisme penyebab infeksi. Penurunan kemampuan ini membuat individu dengan asupan gula tinggi lebih rentan terhadap berbagai infeksi, termasuk infeksi saluran pernapasan dan infeksi saluran kemih.

Secara keseluruhan, meskipun kelebihan gizi dapat meningkatkan energi tubuh, dampaknya terhadap sistem kekebalan tubuh bisa sangat merugikan. Konsumsi nutrisi yang berlebihan, terutama dalam bentuk makanan yang kaya akan kalori kosong, lemak jenuh, dan gula, dapat mengganggu keseimbangan sistem imun dan meningkatkan kerentanannya terhadap penyakit. Oleh karena itu, penting untuk menjaga pola makan yang seimbang dan tidak berlebihan, guna memastikan bahwa tubuh mendapatkan cukup gizi untuk mendukung fungsi imun yang optimal tanpa menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan (Sutrisno, M., & Yulianto, n.d.).

G. Latihan

1. Zat gizi yang berperan dalam memberikan energi utama untuk tubuh adalah:
   A. Vitamin
   B. Karbohidrat
   C. Mineral
   D. Protein
2. Vitamin yang berperan dalam meningkatkan daya tahan tubuh terhadap infeksi adalah:
   A. Vitamin D
   B. Vitamin C
   C. Vitamin B12
   D. Vitamin A
3. Obesitas dapat mempengaruhi sistem imun dengan cara:
   A. Meningkatkan produksi sel T
   B. Mengurangi aktivitas sel imun akibat peradangan kronis
   C. Meningkatkan daya tahan tubuh terhadap infeksi
   D. Menyebabkan defisiensi vitamin A
4. Manakah dari zat gizi mikro yang berfungsi memperkuat sistem imun tubuh?
   A. Kalsium
   B. Vitamin C

C. Karbohidrat
D. Lemak jenuh

5. Probiotik dapat membantu meningkatkan sistem imun dengan cara?
   A. Mempercepat proses pencernaan
   B. Meningkatkan keseimbangan mikrobiota usus
   C. Mengatur metabolisme tubuh
   D. Menghasilkan energi lebih banyak dari makanan
6. Kekurangan protein dalam tubuh dapat memengaruhi sistem imun dengan cara?
   A. Meningkatkan produksi sel darah putih
   B. Mengurangi produksi antibodi dan sel imun
   C. Meningkatkan jumlah vitamin dalam tubuh
   D. Menurunkan kadar hormon yang mengatur tidur
7. Apa yang dimaksud dengan gizi makro dan bagaimana kaitannya dengan sistem imun?
   A. Gizi makro adalah nutrisi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil, seperti vitamin dan mineral, yang membantu meningkatkan respons imun.
   B. Gizi makro adalah nutrisi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar, seperti karbohidrat, protein, dan lemak, yang mendukung fungsi sistem imun.
   C. Gizi makro hanya mencakup vitamin dan mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar.
   D. Gizi makro tidak berpengaruh pada sistem imun karena lebih berfokus pada energi tubuh.
8. Manakah dari berikut ini yang merupakan peran vitamin C dalam sistem imun?
   A. Membantu meningkatkan produksi sel darah merah yang bertanggung jawab untuk melawan infeksi.
   B. Membantu tubuh dalam sintesis kolagen yang mendukung jaringan tubuh, serta meningkatkan daya tahan tubuh.
   C. Mengatur metabolisme karbohidrat untuk mempercepat respons imun.
   D. Merangsang sekresi insulin yang memperkuat fungsi sel-sel imun
9. Mana di antara pilihan berikut yang menunjukkan hubungan antara protein dan sistem imun?
   A. Protein berfungsi hanya untuk membangun jaringan tubuh dan tidak memiliki kaitan dengan fungsi imun.
   B. Protein dibutuhkan untuk sintesis antibodi yang penting dalam pertahanan tubuh terhadap patogen.

C. Protein dapat menurunkan produksi sel darah putih yang membantu tubuh melawan infeksi.
D. Protein meningkatkan metabolisme lemak sehingga menurunkan kemampuan sistem imun dalam melawan infeksi.

10. Mengapa lemak sehat (seperti asam lemak omega-3) penting untuk mendukung sistem imun?
    A. Lemak sehat mempercepat produksi sel darah merah yang melawan infeksi.
    B. Lemak sehat meningkatkan peradangan yang mendukung pemulihan tubuh lebih cepat.
    C. Lemak sehat berperan dalam mengatur fungsi membran sel dan mendukung respon imun yang seimbang.
    D. Lemak sehat hanya menyediakan energi untuk tubuh tanpa berpengaruh pada sistem imun.
11. Mineral mana yang berperan penting dalam meningkatkan respons imun tubuh, terutama dalam proses pembentukan dan fungsi sel darah putih?
    A. Zat besi
    B. Kalsium
    C. Sodium
    D. Magnesium
12. Manakah dari berikut ini yang paling berperan dalam memperkuat sistem imun tubuh?
    A. Karbohidrat sederhana seperti gula
    B. Protein, vitamin, dan mineral
    C. Hormon yang dihasilkan tubuh
    D. Lemak jenuh
13. Apa hubungan antara gizi yang baik dan sistem imun tubuh?
    A. Gizi yang baik hanya mempengaruhi metabolisme tubuh, tidak berhubungan dengan sistem imun
    B. Gizi yang baik mendukung pertumbuhan sel darah putih dan antibodi, sehingga memperkuat respons imun tubuh.
    C. Gizi yang baik hanya berperan dalam meningkatkan energi tubuh tanpa mempengaruhi sistem imun
    D. Gizi yang baik dapat menyebabkan penurunan aktivitas sel imun.
14. Manakah pernyataan berikut yang benar mengenai peran vitamin D dalam sistem imun?
    A. Vitamin D membantu meningkatkan respons imun tubuh dengan memperbaiki struktur dan fungsi sel darah putih.

B. Vitamin D hanya berperan dalam penyerapan kalsium dan tidak mempengaruhi sistem imun.
C. Vitamin D mengurangi jumlah sel darah putih dalam tubuh.
D. Vitamin D meningkatkan metabolisme karbohidrat tubuh.

15. Kekurangan gizi mikro seperti vitamin dan mineral dapat menyebabkan?
    A. Meningkatkan kapasitas tubuh dalam memproduksi energi.
    B. Gangguan dalam fungsi sistem imun dan meningkatkan kerentanannya terhadap infeksi.
    C. Penurunan kadar hormon dalam tubuh.
    D. Peningkatan sintesis protein dalam tubuh.

Kunci Jawaban

1. B
2. C
3. B
4. C
5. B
6. B
7. B
8. B
9. B
10. C
11. B
12. A
13. B
14. A
15. B

H. Rangkuman Materi

Zat gizi makro dan mikro memainkan peran penting dalam mendukung sistem imun tubuh. Zat gizi makro, seperti karbohidrat, protein, dan lemak, memberikan energi dan komponen struktural yang diperlukan untuk menjaga fungsi sistem imun. Protein, khususnya, sangat vital karena membentuk antibodi, enzim, dan sel-sel sistem imun yang terlibat dalam respon terhadap infeksi. Karbohidrat juga berperan dalam memberikan energi yang dibutuhkan oleh sel-sel imun dalam menjalankan fungsi pertahanannya. Sementara itu, lemak, terutama asam lemak omega-3, dapat mempengaruhi respon inflamasi dan membantu mengatur fungsi imun tubuh.

Selain zat gizi makro, zat gizi mikro, seperti vitamin dan mineral, memiliki peran yang tidak kalah penting dalam mendukung kesehatan sistem imun. Vitamin A, C, D, dan E serta mineral seperti zinc dan selenium berfungsi sebagai antioksidan yang melindungi tubuh dari kerusakan oksidatif. Vitamin C, misalnya, membantu meningkatkan produksi sel-sel imun, sedangkan vitamin D berperan dalam mengatur aktivitas sel T dan meningkatkan pertahanan tubuh terhadap infeksi. Kekurangan vitamin atau mineral tertentu dapat melemahkan sistem imun, menyebabkan tubuh lebih rentan terhadap infeksi dan penyakit.

Metabolisme tubuh berhubungan erat dengan fungsi sistem imun, karena proses metabolik yang efisien diperlukan untuk menghasilkan energi dan membentuk komponen yang dibutuhkan oleh sel-sel imun. Selama proses metabolisme, tubuh mengubah zat gizi yang kita konsumsi menjadi energi dan bahan dasar untuk sintesis molekul penting, termasuk molekul yang terlibat dalam respon imun. Misalnya, dalam kondisi defisiensi energi atau kekurangan zat gizi, tubuh akan mengalihkan sumber daya yang terbatas untuk mempertahankan fungsi vital, yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas sistem imun untuk melawan patogen.

Dampak kekurangan zat gizi terhadap sistem imun sangat signifikan. Kekurangan protein dapat menurunkan produksi antibodi dan sel-sel imun, sementara defisiensi vitamin A dapat menyebabkan gangguan dalam integritas kulit dan membran mukosa yang berfungsi sebagai barier pertama terhadap infeksi. Kekurangan vitamin C dapat mengurangi kemampuan tubuh untuk memproduksi sel-sel imun dan meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan. Di sisi lain, kelebihan zat gizi, seperti lemak jenuh dan gula, dapat meningkatkan peradangan dalam tubuh yang dapat menurunkan respons imun dan meningkatkan risiko penyakit inflamasi kronis.

Secara keseluruhan, sistem imun yang sehat bergantung pada asupan zat gizi yang seimbang dan metabolisme yang efisien. Oleh karena itu, penting bagi setiap individu untuk menjaga pola makan yang mencakup semua kelompok zat gizi yang dibutuhkan tubuh, baik makro maupun mikro, untuk mendukung kinerja sistem imun secara optimal. Dengan demikian, memperhatikan konsumsi gizi yang cukup, baik dalam jumlah maupun kualitas, akan membantu tubuh mempertahankan daya tahan terhadap infeksi dan mempercepat pemulihan dari penyakit.

I. Glosarium

Zat Gizi Makro : Zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar untuk menyediakan energi dan mendukung fungsi fisiologis, termasuk karbohidrat, protein, dan lemak. Zat gizi makro berperan penting dalam menyediakan sumber

energi utama serta komponen struktural yang diperlukan untuk fungsi sel dan jaringan tubuh, termasuk sistem imun.

Zat Gizi Mikro : Zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil, tetapi memiliki peran yang sangat penting dalam proses metabolik dan mendukung sistem imun. Zat gizi mikro meliputi vitamin (seperti vitamin A, C, D, E) dan mineral (seperti zinc, selenium), yang berfungsi sebagai kofaktor untuk enzim dan antioksidan dalam menjaga kesehatan tubuh dan kekebalan tubuh.

Metabolisme : Proses biokimia yang terjadi dalam tubuh untuk mengubah makanan yang dikonsumsi menjadi energi dan komponen lain yang diperlukan untuk menjalankan berbagai fungsi tubuh. Metabolisme terbagi menjadi dua kategori: katabolisme (pemecahan molekul besar menjadi molekul kecil untuk menghasilkan energi) dan anabolisme (sintesis molekul besar dari molekul kecil untuk membangun struktur tubuh dan memperbaiki sel).

Sistem Imun : Sistem pertahanan tubuh yang terdiri dari berbagai sel, jaringan, dan organ yang bekerja bersama untuk melindungi tubuh dari infeksi, penyakit, dan patogen lainnya. Sistem imun meliputi respon imun spesifik (antibodi) dan non-spesifik (misalnya, fagositosis), yang bergantung pada nutrisi yang cukup untuk berfungsi secara optimal.

Antibodi : Protein yang diproduksi oleh sel B dalam sistem imun untuk mengenali dan menetralisir patogen, seperti virus dan bakteri. Antibodi memainkan peran kunci dalam respon imun humoral yang membantu melindungi tubuh dari infeksi.

Vitamin A : Vitamin yang berperan penting dalam menjaga integritas jaringan tubuh, termasuk kulit dan membran mukosa yang berfungsi sebagai penghalang terhadap patogen. Vitamin A juga mendukung fungsi sistem imun dengan meningkatkan respons terhadap infeksi.

Vitamin C : Vitamin yang berfungsi sebagai antioksidan kuat yang melindungi tubuh dari kerusakan oksidatif. Selain itu, vitamin C juga meningkatkan produksi dan fungsi sel-sel imun seperti sel T dan sel B serta mempercepat penyembuhan luka.

Vitamin D : Vitamin yang berperan dalam modulasi sistem imun dengan meningkatkan respons sel T dan memperkuat pertahanan tubuh terhadap infeksi, terutama infeksi saluran pernapasan. Kekurangan vitamin D dapat mengurangi efektivitas sistem imun.

Zinc : Mineral penting yang terlibat dalam sintesis DNA, pembelahan sel, serta fungsi normal sel-sel imun. Zinc membantu dalam produksi sel T dan meningkatkan aktivitas enzim yang diperlukan dalam respon imun tubuh.

Selenium : Mineral yang berfungsi sebagai antioksidan yang melindungi tubuh dari kerusakan oksidatif. Selenium mendukung fungsi sistem imun, meningkatkan respon sel T, serta membantu produksi antibodi yang efektif dalam melawan infeksi.

Inflamasi : Respon tubuh terhadap cedera atau infeksi yang melibatkan aktivasi sistem imun dan pelepasan zat kimia yang dapat memicu peradangan. Inflamasi berfungsi untuk melawan infeksi, namun inflamasi kronis dapat menurunkan efektivitas sistem imun dan meningkatkan risiko penyakit degeneratif.

Peradangan : Proses biologis yang merupakan bagian dari respon imun tubuh terhadap patogen atau cedera. Peradangan akut adalah bagian dari proses penyembuhan, namun peradangan kronis yang berlebihan dapat merusak jaringan tubuh dan mengganggu fungsi sistem imun.

Imunitas : Kemampuan tubuh untuk melawan infeksi dan penyakit dengan memproduksi antibodi dan sel-sel imun lainnya yang dapat mengenali dan menghancurkan patogen. Imunitas bisa bersifat spesifik (imunitas adaptif) atau non-spesifik (imunitas bawaan).

Fagositosis : Proses di mana sel-sel imun seperti makrofag dan neutrofil memakan dan menghancurkan patogen atau sel yang terinfeksi. Fagositosis adalah bagian dari sistem imun non-spesifik yang pertama kali bereaksi terhadap infeksi.

Antiinflamasi : Proses yang bertujuan untuk mengurangi atau mengatur peradangan dalam tubuh. Beberapa zat gizi, seperti asam lemak omega-3, memiliki sifat antiinflamasi yang membantu mengontrol peradangan dan mendukung fungsi sistem imun yang sehat.

Obesitas : Kondisi yang ditandai dengan penumpukan lemak tubuh yang berlebihan, yang dapat mempengaruhi sistem imun. Obesitas dapat menyebabkan inflamasi kronis dan penurunan respons imun, meningkatkan kerentanannya terhadap berbagai infeksi dan penyakit.

Imunomodulasi : Proses di mana zat atau senyawa mempengaruhi atau mengubah respons imun tubuh. Zat gizi, seperti vitamin D, zinc, dan selenium, dapat memiliki efek imunomodulator yang mendukung kekebalan tubuh yang lebih kuat dan respons imun yang tepat.

J. Daftar Pustaka

Ardhani, N. P., & Suryawati, T. (2019). Pengaruh Asupan Protein terhadap Fungsi Imun pada Anak-anak. *Jurnal Gizi Dan Pangan*.

Arfianti, R., & Kurniawati, I. (2022). Peran Vitamin C dalam Meningkatkan Daya Tahan Tubuh terhadap Infeksi. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*.

Astuti, R., & Mustikaningtyas, E. (n.d.). Pengaruh Defisiensi Vitamin A dan Zinc terhadap Fungsi Sistem Imun pada Anak-Anak. *Jurnal Gizi Dan Pangan*.

Baratawidjaja KG, R. I. (2006). *Imunologi Dasar* (Edisi 7). Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Bender, D. A. (2020). *Introduction to Nutrition and Metabolism*. CRC Press.

Castillo, M. A., et al. (2023). Immune Response Regulation by Micronutrients: The Role of Vitamins and Minerals. *Frontiers in Nutrition*.

Fadhilah, A., & Setiawati, T. (2020). Pengaruh Defisiensi Asam Lemak Omega-3 terhadap Respon Imun pada Penyakit Inflamasi. *Jurnal Ilmu Gizi Dan Kesehatan*.

Gibson, R. S., & Margetts, B. M. (2021). The Relationship Between Protein Intake and Immunity in the Elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*.

Gombart, A. F., et al. (2020). A Review of the Role of Micronutrients and Macronutrients in Immunity. *Clinical Reviews in Food Science and Nutrition*.

Hidayat, A., & Jannah, R. (2023). Hubungan Asupan Vitamin D dengan Fungsi Imun pada Remaja. *Jurnal Gizi Indonesia*.

Husni, A. S., & Agustina, R. (2018). Lemak Sehat dan Perannya dalam Menunjang Respons Imun pada Orang Dewasa. *Jurnal Gizi Indonesia*.

Lestari, D., & Widyawati, E. (2020). Hubungan Asupan Protein dengan Fungsi Imun pada Penderita Malnutrisi. *Jurnal Nutrisi Indonesia*.

Pramesti, D., & Ayuningtyas, S. (n.d.). Pengaruh Kekurangan Vitamin E terhadap Kesehatan Imun pada Lansia. *2024*.

Sinha, S., & Li, Y. (2022). Metabolism and Immunity. *Nature Reviews Immunology*.

Siregar, D. P., & Tanjung, M. (2023). Pengaruh Asupan Mikronutrien terhadap Fungsi Imun pada Wanita Hamil. *Jurnal Gizi Dan Kesehatan Masyarakat*.

Sudiono J. (2014). *Sistem Kekebalan Tubuh*. EGC.

Sulastri, N., & Mulyani, T. (2021). Hubungan Antara Asupan Makronutrien dan Keberhasilan Sistem Imun pada Lansia. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*.

Sutrisno, M., & Yulianto, A. (n.d.). Asupan Gizi Makro dan Mikronutrien terhadap Imunitas pada Lansia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*.

Wijayanti, N. D., & Purnama, P. (2018). Peran Karbohidrat dalam Mendukung Fungsi Imun pada Masyarakat Berisiko Malnutrisi. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*.

BAB 2

GIZI & IMUNITAS PADA HIV/AIDS

Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)

Setelah mengikuti pembelajaran topik ini, mahasiswa mampu mengintegrasikan konsep imunologi gizi dalam pengelolaan nutrisi pasien HIV/AIDS secara komprehensif, guna meningkatkan imunitas, memperlambat progresivitas penyakit, dan meningkatkan kualitas hidup pasien sesuai standar praktik kesehatan terbaru.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Setelah menyelesaikan topik ini, mahasiswa mampu menjelaskan hubungan gizi dengan imunitas pada penderita HIV/AIDS, mengidentifikasi tantangan gizi spesifik pada kondisi tersebut, serta menyusun intervensi gizi berbasis bukti untuk meningkatkan fungsi imun dan kualitas hidup pasien dengan HIV/AIDS.

Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

- Menjelaskan patofisiologi HIV/AIDS dan dampaknya terhadap sistem imun.
- Mengidentifikasi hubungan antara status gizi dengan progresivitas infeksi HIV.
- Menganalisis kebutuhan zat gizi makro dan mikro yang spesifik pada penderita HIV/AIDS.
- Menyusun pedoman intervensi gizi praktis dalam mendukung terapi antiretroviral (ART).
- Menilai efektivitas intervensi gizi dalam meningkatkan status imun dan kualitas hidup pasien HIV/AIDS.

Pendahuluan

Infeksi Human Immunodeficiency Virus (HIV) dan kondisi Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS) merupakan tantangan global yang signifikan dalam bidang kesehatan masyarakat. Nutrisi berperan penting dalam mendukung sistem imun pada individu dengan HIV/AIDS. Malnutrisi dapat mempercepat progresivitas penyakit, sementara status gizi yang baik dapat memperlambat laju infeksi dan memperbaiki kualitas hidup pasien. Oleh karena itu, pemahaman tentang hubungan antara nutrisi dengan fungsi imun pada penderita HIV/AIDS menjadi sangat penting untuk diterapkan dalam praktik klinis dan kesehatan masyarakat.

Uraian Materi

A. Patofisiologi HIV/AIDS dan Dampaknya terhadap Sistem Imun

1. Pengertian HIV/AIDS

Human Immunodeficiency Virus (HIV) adalah virus yang secara spesifik menyerang sistem imun tubuh manusia, khususnya sel-sel kekebalan tubuh yang memiliki peran penting dalam melindungi tubuh dari infeksi, yaitu sel T CD4. Infeksi HIV ditandai dengan penurunan bertahap kemampuan sistem kekebalan tubuh dalam melawan berbagai infeksi dan penyakit. Kondisi ini, jika tidak terdeteksi dan tidak dikelola dengan baik, dapat berkembang menjadi Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS), yang merupakan tahap akhir dari infeksi HIV. AIDS ditandai dengan menurunnya jumlah sel CD4 secara signifikan hingga di bawah ambang batas tertentu (biasanya kurang dari 200 sel/μL darah), sehingga tubuh rentan terhadap berbagai infeksi oportunistik dan jenis kanker tertentu.

2. Mekanisme infeksi HIV terhadap sel imun (CD4)

HIV secara spesifik menyerang dan menginfeksi sel T helper atau limfosit CD4 yang berperan penting dalam mengatur respons imun tubuh. Proses infeksi dimulai ketika virus HIV menempel pada reseptor CD4 yang terdapat pada permukaan sel T helper. Untuk masuk ke dalam sel, virus membutuhkan koreseptor tambahan seperti CCR5 atau CXCR4. Setelah virus HIV berhasil menempel, ia kemudian berfusi dengan membran sel dan melepaskan materi genetiknya (RNA) ke dalam sitoplasma sel.

Selanjutnya, RNA virus akan mengalami proses transkripsi balik atau reverse transcription yang dikatalisis oleh enzim reverse transcriptase yang dibawa oleh virus itu sendiri. Proses ini akan mengubah RNA virus menjadi DNA virus. DNA virus kemudian masuk ke inti sel dan mengalami integrasi ke dalam DNA inang menggunakan enzim integrase, sehingga DNA virus menjadi bagian permanen dari materi genetik sel inang. Dengan demikian, setiap kali sel T CD4 terinfeksi melakukan replikasi, materi genetik virus juga ikut direplikasi, memperbanyak jumlah virus dalam tubuh.

Setelah integrasi, DNA virus menggunakan mekanisme sintesis protein dari sel inang untuk menghasilkan protein virus baru. Protein ini kemudian dirakit menjadi virus HIV baru, yang akan keluar dari sel melalui proses budding (pelepasan virus dari permukaan sel) atau melalui lisis sel yang mengakibatkan kematian sel inang tersebut. Proses infeksi dan kematian sel yang berulang ini

menyebabkan penurunan jumlah sel T CD4 secara progresif, mengganggu fungsi dan efektivitas sistem imun secara keseluruhan.

3. **Peran sel T, makrofag, dan limfosit dalam sistem imun**

Sel T, makrofag, dan limfosit merupakan komponen vital dalam sistem imun manusia. Sel T, terutama sel T helper atau limfosit CD4, berfungsi sebagai regulator dalam respons imun adaptif. Sel T helper mengenali antigen yang dipresentasikan oleh sel penyaji antigen (antigen presenting cell), seperti makrofag dan sel dendritik. Setelah pengenalan antigen, sel T helper mengaktifkan dan mengkoordinasi berbagai komponen imun lain, termasuk sel B untuk memproduksi antibodi dan sel T sitotoksik untuk menghancurkan sel yang terinfeksi virus atau kanker.

Makrofag merupakan sel imun yang berfungsi dalam fagositosis, yaitu menelan dan menghancurkan patogen seperti bakteri, virus, dan partikel asing lainnya. Selain itu, makrofag juga bertindak sebagai sel penyaji antigen, yang menampilkan antigen kepada sel T helper untuk memulai respons imun adaptif.

Limfosit, yang terdiri dari sel T dan sel B, merupakan komponen utama sistem imun adaptif. Limfosit B bertugas memproduksi antibodi spesifik yang mampu mengikat antigen tertentu, sedangkan limfosit T (baik helper maupun sitotoksik) membantu dalam pengaturan respons imun dan penghancuran sel yang terinfeksi atau abnormal. Interaksi yang erat antara sel T, makrofag, dan limfosit sangat penting dalam mempertahankan keseimbangan sistem imun tubuh terhadap berbagai infeksi dan ancaman eksternal.

4. **Dampak infeksi HIV terhadap penurunan imunitas**

Infeksi HIV secara spesifik menyerang limfosit CD4 yang berperan sentral dalam koordinasi respons imun tubuh. Ketika jumlah sel CD4 menurun secara signifikan akibat infeksi HIV yang terus-menerus, kemampuan tubuh dalam mengatur respons imun juga mengalami penurunan drastis. Penurunan jumlah sel CD4 menyebabkan tubuh kehilangan kapasitasnya dalam mengaktifkan sel B untuk memproduksi antibodi spesifik dan mengaktifkan sel T sitotoksik untuk membunuh sel-sel yang terinfeksi. Akibatnya, tubuh menjadi rentan terhadap berbagai infeksi oportunistik, yakni infeksi yang biasanya tidak menimbulkan masalah serius pada individu dengan sistem imun yang sehat.

Infeksi oportunistik yang umum dijumpai pada pasien AIDS antara lain tuberkulosis, kandidiasis (infeksi jamur), pneumonia Pneumocystis jirovecii, toksoplasmosis serebral, infeksi sitomegalovirus (CMV), herpes zoster, dan infeksi jamur lain yang dapat mengancam nyawa. Selain infeksi oportunistik, penurunan fungsi imun juga meningkatkan risiko beberapa jenis kanker, seperti sarkoma Kaposi dan limfoma non-Hodgkin.

Secara keseluruhan, dampak HIV terhadap sistem imun bersifat luas dan kompleks. Virus ini tidak hanya menurunkan jumlah sel CD4, tetapi juga menyebabkan peradangan kronis dalam tubuh, mengganggu homeostasis imun, serta mengganggu komunikasi antar sel imun. Tanpa intervensi medis seperti pemberian terapi antiretroviral (ARV), kerusakan imun ini terus berlanjut, memperparah penyakit, dan pada akhirnya dapat menyebabkan kematian akibat komplikasi infeksi oportunistik atau kanker terkait AIDS.

B. Hubungan Status Gizi dengan Progresivitas Infeksi HIV

1. Malnutrisi pada penderita HIV/AIDS: Penyebab dan akibatnya

Malnutrisi adalah kondisi kekurangan zat gizi yang terjadi ketika tubuh tidak memperoleh cukup energi, protein, atau zat-zat esensial lainnya dari makanan. Pada penderita HIV/AIDS, malnutrisi sangat sering terjadi karena berbagai faktor yang saling berkaitan. Salah satu penyebab utamanya adalah penurunan nafsu makan yang diakibatkan oleh infeksi oportunistik, efek samping dari obat antiretroviral (ARV), gangguan fungsi saluran pencernaan seperti diare kronis, mual dan muntah, serta adanya masalah pada metabolisme tubuh akibat inflamasi kronis yang dipicu oleh infeksi HIV itu sendiri.

Selain itu, penderita HIV/AIDS juga sering mengalami gangguan absorpsi nutrisi di saluran pencernaan akibat infeksi usus kronis, misalnya yang disebabkan oleh Cryptosporidium, Giardia, atau infeksi jamur lainnya. Kondisi ini semakin memperparah status gizi pasien karena makanan yang dikonsumsi tidak terserap secara optimal oleh tubuh.

Akibat dari malnutrisi pada pasien HIV/AIDS sangat kompleks dan serius. Kondisi ini secara langsung menyebabkan penurunan berat badan yang drastis, kelemahan otot, penurunan fungsi organ tubuh, serta melemahnya sistem imun yang telah terkompromi. Malnutrisi juga berkontribusi secara signifikan terhadap morbiditas (kesakitan) dan mortalitas (kematian) pasien, karena meningkatkan risiko infeksi oportunistik yang berulang dan lebih sulit diatasi.

2. Penurunan berat badan (wasting syndrome)

Penurunan berat badan yang signifikan pada penderita HIV/AIDS sering disebut sebagai wasting syndrome, yaitu kondisi penurunan berat badan yang tidak disengaja sebesar lebih dari 10% dari berat badan awal, disertai diare kronis atau demam yang menetap selama lebih dari 30 hari. Wasting syndrome pada HIV/AIDS terjadi akibat kombinasi beberapa faktor, di antaranya kurangnya asupan nutrisi, gangguan absorpsi makanan, perubahan metabolisme akibat inflamasi kronis, serta peningkatan kebutuhan energi tubuh akibat infeksi berulang.

Inflamasi kronis akibat HIV menyebabkan tubuh mengeluarkan lebih banyak energi untuk melawan infeksi, sehingga kebutuhan energi meningkat drastis. Jika kebutuhan ini tidak terpenuhi melalui asupan nutrisi yang memadai, tubuh akan mulai memecah cadangan lemak dan protein dari jaringan tubuh, menyebabkan penurunan massa otot dan jaringan tubuh lainnya secara cepat dan drastis. Kondisi ini sangat mempercepat progresivitas penyakit dan menurunkan kualitas hidup pasien secara signifikan.

3. **Dampak malnutrisi terhadap penurunan jumlah CD4 dan percepatan perkembangan AIDS**

   Malnutrisi memiliki hubungan erat dengan percepatan progresivitas infeksi HIV menuju AIDS. Pasien HIV/AIDS yang mengalami malnutrisi akan mengalami penurunan fungsi kekebalan tubuh lebih cepat dibandingkan dengan mereka yang memiliki status gizi baik. Kekurangan nutrisi, terutama protein dan mikronutrien seperti vitamin A, vitamin B kompleks, vitamin C, vitamin E, zinc, selenium, dan zat besi secara langsung mengganggu fungsi dan proliferasi sel imun, khususnya limfosit CD4.

   Defisiensi mikronutrien menyebabkan gangguan dalam produksi dan fungsi limfosit T, penurunan aktivitas makrofag, dan gangguan pembentukan antibodi oleh limfosit B. Akibatnya, jumlah limfosit CD4 yang sudah tertekan akibat infeksi HIV akan menurun lebih cepat. Penurunan cepat dalam jumlah sel CD4 berarti pasien lebih rentan terhadap infeksi oportunistik, sehingga perkembangan dari tahap infeksi HIV menjadi AIDS menjadi lebih cepat terjadi. Dengan demikian, status gizi buruk merupakan faktor yang mempercepat perkembangan penyakit HIV menuju AIDS, sekaligus memperburuk prognosis penyakit secara keseluruhan.

4. **Pentingnya pemantauan status gizi secara rutin**

   Pemantauan rutin terhadap status gizi penderita HIV/AIDS merupakan langkah penting dalam pengelolaan penyakit ini secara komprehensif. Evaluasi status gizi yang dilakukan secara teratur bertujuan untuk mendeteksi secara dini tanda-tanda malnutrisi, wasting syndrome, atau kekurangan zat gizi tertentu yang dapat memperburuk kondisi pasien. Dengan pemantauan yang rutin, intervensi gizi dapat dilakukan secara cepat dan tepat, baik berupa konseling nutrisi, pemberian suplemen mikronutrien, maupun terapi nutrisi enteral atau parenteral jika diperlukan.

   Pemantauan status gizi juga membantu dalam menilai efektivitas terapi ARV. Pasien yang mendapatkan asupan nutrisi yang memadai umumnya menunjukkan respons yang lebih baik terhadap pengobatan, seperti peningkatan jumlah sel CD4, penurunan viral load, serta perbaikan gejala klinis yang dialami.

Pemantauan ini juga menjadi dasar bagi tenaga kesehatan untuk memberikan edukasi kepada pasien tentang pentingnya diet seimbang dan asupan gizi yang optimal dalam mendukung terapi dan memperlambat progresivitas penyakit.

C. Kebutuhan Zat Gizi Makro dan Mikro pada Penderita HIV/AIDS

1. Kebutuhan energi dan protein untuk mencegah wasting syndrome

Penderita HIV/AIDS memiliki kebutuhan energi dan protein yang lebih tinggi dibandingkan individu sehat. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan aktivitas metabolisme yang dipicu oleh infeksi kronis, inflamasi berkepanjangan, dan infeksi oportunistik yang sering terjadi. Umumnya, kebutuhan energi pasien HIV/AIDS meningkat sekitar 10-30% dibandingkan kebutuhan normal orang sehat. Pada kasus yang lebih berat atau jika pasien mengalami infeksi oportunistik akut, kebutuhan energi bisa meningkat hingga 30-50%.

Protein memiliki peran penting dalam mempertahankan massa otot, fungsi kekebalan tubuh, serta mendukung proses penyembuhan dan regenerasi jaringan. Pada pasien HIV/AIDS, protein diperlukan dalam jumlah yang lebih besar untuk mencegah wasting syndrome, yaitu kondisi kehilangan massa otot dan jaringan tubuh secara ekstrem akibat penyakit kronis. Rekomendasi asupan protein pada pasien HIV/AIDS biasanya sekitar 1,2-1,5 gram per kilogram berat badan per hari, atau bahkan lebih tinggi pada pasien dengan kondisi wasting yang berat.

Asupan energi dan protein yang memadai akan membantu mempertahankan berat badan pasien, memperlambat kehilangan massa tubuh, menjaga kekuatan otot, serta memperbaiki fungsi imun tubuh yang secara langsung berdampak pada peningkatan kualitas hidup pasien.

2. Peran zat gizi mikro (vitamin A, C, E, selenium, zinc, dan zat besi)

Zat gizi mikro memiliki peran penting dalam menjaga fungsi kekebalan tubuh, khususnya pada penderita HIV/AIDS yang sistem imunnya telah terganggu secara signifikan.

Vitamin A memiliki peran krusial dalam menjaga integritas mukosa dan epitel tubuh, sehingga membantu melindungi tubuh dari infeksi oportunistik. Selain itu, vitamin A membantu dalam proses diferensiasi sel imun serta menjaga fungsi optimal limfosit T.

Vitamin C adalah antioksidan kuat yang mampu mengurangi kerusakan jaringan akibat stres oksidatif yang tinggi pada pasien HIV/AIDS. Vitamin C juga mendukung fungsi fagosit makrofag, mempercepat penyembuhan luka, dan meningkatkan aktivitas limfosit.

Vitamin E, serupa dengan vitamin C, bertindak sebagai antioksidan yang melindungi sel imun dari kerusakan oksidatif serta mendukung fungsi optimal limfosit T dan B.

Selenium merupakan mineral esensial yang berperan penting dalam menjaga integritas imun melalui fungsi antioksidannya dan perannya dalam

produksi enzim antioksidan seperti glutation peroksidase, yang melindungi sel imun dari kerusakan oksidatif.

Zinc (Seng) adalah mineral penting yang mendukung proliferasi dan aktivitas sel T, meningkatkan fungsi makrofag dan neutrofil, serta membantu dalam proses penyembuhan luka dan regenerasi jaringan tubuh.

Zat besi penting untuk produksi hemoglobin dan oksigenasi jaringan tubuh, serta mendukung proliferasi sel imun. Namun, pemberian zat besi pada pasien HIV/AIDS harus dipantau ketat karena kelebihan zat besi dapat mempercepat pertumbuhan patogen tertentu.

3. Dampak defisiensi zat gizi mikro terhadap sistem imun penderita HIV/AIDS

Defisiensi zat gizi mikro memiliki dampak serius pada penderita HIV/AIDS karena dapat mempercepat progresivitas penyakit dengan semakin menekan sistem imun. Defisiensi vitamin A, misalnya, menyebabkan penurunan resistensi terhadap infeksi oportunistik, terutama infeksi saluran pernapasan dan saluran cerna. Kekurangan vitamin C dan E menyebabkan peningkatan stres oksidatif, yang mempercepat kematian sel imun dan memperburuk kerusakan jaringan tubuh.

Defisiensi selenium secara signifikan memperburuk inflamasi kronis, mempercepat progresi infeksi HIV menjadi AIDS, serta meningkatkan kerentanan terhadap infeksi oportunistik dan kanker tertentu. Kekurangan zinc menurunkan kemampuan tubuh dalam memproduksi dan mempertahankan fungsi optimal sel T dan B, sehingga mempercepat penurunan jumlah sel CD4.

Defisiensi zat besi, meskipun membutuhkan pendekatan hati-hati, juga dapat menyebabkan anemia, yang secara tidak langsung mengurangi kapasitas oksigenasi jaringan tubuh, melemahkan sistem imun, dan memperburuk kondisi umum pasien.

Dengan demikian, defisiensi zat gizi mikro secara langsung maupun tidak langsung akan mempercepat penurunan fungsi imun, meningkatkan kerentanan terhadap berbagai infeksi oportunistik, serta mempercepat progresi dari HIV menuju AIDS.

4. Strategi pemberian suplemen gizi yang optimal

Strategi pemberian suplemen gizi pada pasien HIV/AIDS harus didasarkan pada hasil evaluasi status gizi secara rutin dan menyeluruh. Suplemen gizi makro seperti energi dan protein sebaiknya diberikan melalui diet tinggi kalori dan tinggi protein, yang disesuaikan dengan kondisi masing-masing pasien. Dalam kasus sulit makan atau gangguan saluran cerna yang berat, suplemen gizi cair atau makanan formula khusus dapat diberikan sebagai tambahan.

Untuk zat gizi mikro, suplementasi dapat diberikan secara selektif berdasarkan hasil pemeriksaan darah untuk mengidentifikasi defisiensi spesifik. Suplemen multivitamin-mineral yang mengandung vitamin A, C, E, selenium, dan zinc biasanya direkomendasikan sebagai upaya umum untuk menjaga status mikronutrien optimal, terutama pada pasien yang mengalami penurunan berat badan dan infeksi oportunistik berulang.

Strategi pemberian suplemen zat besi membutuhkan perhatian khusus, terutama untuk menghindari overdosis yang dapat memperburuk infeksi tertentu. Sebaiknya zat besi diberikan hanya jika terdapat bukti klinis atau laboratorium yang menunjukkan anemia defisiensi besi yang nyata, disertai dengan pemantauan rutin terhadap kadar zat besi dalam darah.

Selain itu, edukasi gizi merupakan bagian penting dari strategi ini, karena pasien dan keluarga perlu memahami pentingnya kepatuhan terhadap suplementasi gizi serta mampu memilih dan mengolah makanan yang tepat. Pendekatan interdisipliner yang melibatkan ahli gizi, dokter, perawat, dan tenaga kesehatan lainnya juga sangat penting dalam memastikan keberhasilan strategi pemberian suplemen gizi tersebut.

D. Pedoman Intervensi Gizi Praktis dalam Terapi ART

1. Prinsip dasar intervensi gizi pada terapi ART

Intervensi gizi merupakan salah satu aspek fundamental dalam manajemen terapi antiretroviral (ART) pada pasien HIV/AIDS. Prinsip utama dari intervensi gizi adalah memastikan terpenuhinya kebutuhan zat gizi makro dan mikro yang memadai untuk memperbaiki kondisi klinis pasien, memperlambat progresivitas penyakit, meningkatkan respons imun, serta memaksimalkan efektivitas terapi ART.

Prinsip ini meliputi pemberian asupan energi dan protein yang cukup untuk mencegah wasting syndrome dan memperbaiki status gizi secara umum. Nutrisi yang diberikan harus seimbang, mengandung karbohidrat, protein, lemak sehat, serta vitamin dan mineral esensial. Selain itu, intervensi gizi harus disesuaikan dengan kondisi klinis, toleransi obat pasien, serta efek samping terapi ART yang mungkin muncul. Dalam praktiknya, prinsip ini mengedepankan pendekatan individual yang disesuaikan berdasarkan penilaian kondisi pasien secara rutin dan menyeluruh.

2. Strategi diet untuk meningkatkan daya tahan tubuh dan toleransi obat

Strategi diet pada pasien yang menjalani terapi ART harus diarahkan untuk meningkatkan daya tahan tubuh, mengoptimalkan fungsi imun, serta memperbaiki toleransi terhadap obat-obatan ART. Diet seimbang yang

dianjurkan mencakup makanan tinggi kalori, protein, dan kaya antioksidan untuk membantu melawan stres oksidatif dan inflamasi kronis akibat infeksi HIV.

Pasien dianjurkan mengonsumsi makanan dengan kandungan protein tinggi, seperti daging tanpa lemak, ikan, telur, kacang-kacangan, dan produk susu. Lemak sehat seperti omega-3 yang ditemukan dalam ikan salmon, sarden, dan alpukat juga penting karena membantu mengurangi inflamasi. Karbohidrat kompleks seperti nasi merah, gandum utuh, ubi, serta buah-buahan dan sayuran berwarna cerah disarankan untuk menjaga energi tetap stabil dan menyediakan serat yang membantu mengatasi gangguan pencerutan.

Pemberian vitamin dan mineral juga penting. Pasien sebaiknya mengonsumsi makanan yang kaya vitamin A, C, E, zinc, dan selenium seperti wortel, bayam, jeruk, kacang-kacangan, biji-bijian, dan makanan laut. Nutrisi ini secara spesifik membantu memperbaiki fungsi imun, mempercepat penyembuhan luka, mengurangi efek stres oksidatif, serta meningkatkan toleransi tubuh terhadap efek samping obat ART.

3. Manajemen efek samping ART dengan pendekatan gizi

Pengobatan dengan ART sering kali disertai berbagai efek samping yang dapat mempengaruhi asupan nutrisi dan memperburuk status gizi pasien. Efek samping tersebut antara lain mual, muntah, diare, anoreksia (kehilangan nafsu makan), gangguan absorpsi nutrisi, serta perubahan metabolisme seperti dislipidemia, lipodistrofi, dan resistensi insulin.

Pendekatan gizi sangat membantu dalam manajemen efek samping ini. Pada pasien dengan mual dan muntah, strategi nutrisi meliputi pemberian makanan dalam porsi kecil tetapi sering, makanan yang tidak terlalu berlemak, serta tekstur makanan yang lembut atau cair agar mudah ditoleransi oleh lambung. Untuk diare kronis, pasien dianjurkan mengonsumsi makanan rendah serat dan rendah lemak, serta asupan cairan dan elektrolit yang mencukupi untuk menghindari dehidrasi.

Pada kasus anoreksia, makanan dengan densitas energi tinggi yang disajikan dalam porsi kecil dan menarik, serta pemberian makanan pendamping berupa suplemen cair energi tinggi dapat meningkatkan asupan nutrisi secara signifikan. Untuk mengatasi gangguan metabolisme seperti dislipidemia atau resistensi insulin, pasien dianjurkan diet rendah lemak jenuh, rendah gula sederhana, kaya serat, serta pemantauan rutin terhadap profil lipid dan gula darah.

4. Pentingnya edukasi pasien mengenai pola makan dan kepatuhan terapi

Edukasi pasien merupakan komponen yang sangat penting dalam keberhasilan intervensi gizi selama terapi ART. Edukasi bertujuan untuk

meningkatkan pemahaman pasien tentang hubungan erat antara pola makan, status gizi, dan efektivitas pengobatan HIV/AIDS. Pasien perlu memahami bahwa nutrisi yang baik tidak hanya memperbaiki kondisi klinis tetapi juga meningkatkan respons imun, memperlambat progresivitas penyakit, serta meningkatkan toleransi terhadap efek samping terapi ART.

Edukasi pola makan mencakup informasi praktis seperti jenis makanan yang disarankan, cara memasak dan penyajian makanan, frekuensi makan, serta cara mengatasi berbagai keluhan atau efek samping yang muncul akibat terapi ART. Pasien juga perlu diberikan pengetahuan tentang pentingnya menghindari makanan yang dapat mengganggu penyerapan obat atau memperburuk kondisi seperti alkohol, makanan mentah atau setengah matang, serta makanan dengan potensi alergi atau iritasi.

Selain edukasi pola makan, pasien juga perlu ditekankan pentingnya kepatuhan terhadap terapi ART. Kepatuhan pengobatan sangat penting karena ketidakpatuhan dapat menyebabkan resistensi obat, kegagalan terapi, dan mempercepat progresi HIV menuju AIDS. Kombinasi edukasi pola makan dan kepatuhan terapi sangat efektif dalam meningkatkan hasil terapi secara keseluruhan serta kualitas hidup pasien HIV/AIDS.

E. Evaluasi Efektivitas Intervensi Gizi

1. Indikator status gizi dan status imun (CD4, berat badan, IMT)

Evaluasi efektivitas intervensi gizi pada pasien HIV/AIDS dilakukan dengan menilai perubahan pada indikator status gizi dan sistem imun. Tiga indikator utama yang digunakan adalah jumlah sel CD4, berat badan, dan Indeks Massa Tubuh (IMT).

a. CD4 adalah indikator utama status imun. Peningkatan jumlah sel CD4 menunjukkan perbaikan fungsi imun sebagai hasil dari kombinasi terapi ARV dan dukungan nutrisi. Sebaliknya, stagnasi atau penurunan CD4 bisa menunjukkan kegagalan terapi atau status gizi yang belum optimal.
b. Berat badan merupakan indikator sensitif terhadap perubahan status gizi. Peningkatan berat badan yang stabil menunjukkan keberhasilan intervensi gizi, sedangkan penurunan berat badan (terutama >10% dari berat badan awal) bisa mengindikasikan wasting syndrome, malnutrisi, atau komplikasi lain.
c. IMT (Indeks Massa Tubuh) dihitung dari berat badan dan tinggi badan (kg/m^2), dan digunakan untuk menilai status gizi secara umum. IMT < 18,5 mengindikasikan kekurangan gizi, sedangkan IMT yang meningkat secara bertahap setelah intervensi menunjukkan perbaikan status nutrisi.

2. Metode evaluasi klinis dan laboratorium dalam pemantauan intervensi gizi

Evaluasi intervensi gizi dilakukan dengan pendekatan klinis dan laboratorium secara berkala:

a. Evaluasi klinis mencakup pengukuran antropometri (berat badan, tinggi badan, IMT, lingkar lengan atas), pemeriksaan fisik (tanda wasting, anemia klinis, edema), dan penilaian gejala gastrointestinal (mual, muntah, diare, nafsu makan menurun).
b. Evaluasi laboratorium digunakan untuk menilai status imun dan biokimia gizi. Pemeriksaan penting meliputi:
   1) CD4 count untuk menilai status imun
   2) Hemoglobin (Hb) untuk mendeteksi anemia
   3) Albumin serum sebagai indikator status protein
   4) Elektrolit dan fungsi hati/ginjal, yang juga berguna untuk menilai efek samping ART
   5) Status mikronutrien (jika tersedia), seperti kadar zinc, selenium, vitamin A dan D.

   Penilaian dilakukan secara berkala, misalnya setiap 1–3 bulan, tergantung pada tingkat keparahan dan respons pasien terhadap intervensi.

3. Studi kasus efektivitas intervensi gizi terhadap kualitas hidup penderita HIV/AIDS

Berbagai studi telah menunjukkan bahwa intervensi gizi yang tepat dapat meningkatkan kualitas hidup pasien HIV/AIDS. Misalnya, dalam studi di negara berkembang, pemberian terapi gizi tinggi protein dan energi selama 6 bulan menunjukkan peningkatan berat badan rata-rata 3–5 kg, peningkatan jumlah CD4 sebesar 100–200 sel/µL, dan penurunan gejala infeksi oportunistik.

Salah satu studi di Afrika menunjukkan bahwa suplementasi mikronutrien (vitamin A, C, E, selenium, dan zinc) secara signifikan memperlambat penurunan CD4 dan mengurangi kejadian diare kronis. Pasien juga melaporkan peningkatan energi, nafsu makan, dan kemampuan bekerja, yang mencerminkan perbaikan kualitas hidup secara menyeluruh.

Intervensi gizi yang disesuaikan juga membantu meningkatkan kepatuhan terhadap ART, karena pasien lebih mampu mentoleransi efek samping seperti mual dan kelelahan, serta lebih jarang menghentikan pengobatan.

4. Tantangan dalam implementasi intervensi gizi di berbagai setting kesehatan

Implementasi intervensi gizi dalam pengelolaan HIV/AIDS menghadapi berbagai tantangan, terutama di daerah dengan sumber daya terbatas.

Beberapa tantangan utama antara lain:

a. Keterbatasan akses terhadap makanan bergizi, baik karena kemiskinan, ketidakstabilan pangan, atau ketidaktahuan masyarakat tentang pola makan sehat.

b. Kurangnya tenaga ahli gizi di layanan HIV, sehingga penilaian dan edukasi gizi sering tidak dilakukan secara optimal.
c. Efek stigma HIV/AIDS, yang menyebabkan pasien enggan mengakses layanan kesehatan, termasuk layanan gizi.
d. Kurangnya alat laboratorium untuk pemeriksaan status mikronutrien, padahal evaluasi detail penting untuk perencanaan suplemen yang tepat.
e. Minimnya integrasi program gizi dan HIV, sehingga pasien hanya fokus pada ART tanpa dukungan gizi yang berkelanjutan.

Selain itu, dalam kondisi bencana atau daerah konflik, kebutuhan dasar seperti makanan, air bersih, dan layanan kesehatan sering terganggu, sehingga intervensi gizi menjadi sangat sulit diimplementasikan.

F. Latihan Soal

Kasus 1

Seorang laki-laki berusia 32 tahun dengan status HIV positif datang ke klinik dengan keluhan berat badan menurun drastis dalam 2 bulan terakhir. Hasil pemeriksaan: berat badan turun dari 65 kg menjadi 58 kg (penurunan 10,7%), diare kronis lebih dari 30 hari, demam persisten, dan jumlah CD4 150 sel/µL.

Apa diagnosis gizi yang paling tepat?

A. Defisiensi vitamin A
B. Anemia defisiensi besi
C. Malnutrisi energi protein ringan
D. Malnutrisi energi protein sedang
E. Wasting syndrome terkait HIV

Kunci jawaban: E

Rasional:

Penurunan berat badan lebih dari 10% selama lebih dari 30 hari disertai gejala diare kronis dan CD4 kurang dari 200 sel/µL adalah indikasi jelas dari wasting syndrome terkait HIV.

Kasus 2

Seorang perempuan, usia 27 tahun, penderita HIV sedang menjalani terapi antiretroviral (ART) rutin. Ia mengeluh sering mual, muntah, dan kehilangan nafsu makan setelah minum obat, menyebabkan penurunan berat badan hingga 4 kg dalam sebulan terakhir. Ia juga tampak lemas.

Apa intervensi gizi paling tepat yang dapat diberikan?

A. Mengurangi konsumsi karbohidrat kompleks
B. Memberikan makanan rendah kalori, rendah protein
C. Memberikan makanan tinggi serat dalam porsi besar
D. Memberikan makanan padat tinggi kalori dalam porsi kecil sering

E. Memberikan makanan cair tinggi kalori dalam porsi kecil sering

Kunci jawaban: E

Rasional:

Makanan cair tinggi kalori dalam porsi kecil dan sering paling tepat karena membantu mengurangi keluhan mual-muntah, memperbaiki nafsu makan, serta mencukupi kebutuhan energi tanpa memberatkan pencernaan.

Kasus 3

Pasien laki-laki, usia 38 tahun, dengan HIV datang ke klinik karena keluhan mudah lelah, pucat, dan sering mengalami infeksi saluran pernapasan. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan hemoglobin rendah (8,9 g/dL), albumin serum rendah (2,9 g/dL), serta penurunan CD4 menjadi 170 sel/µL. Pasien juga mengaku pola makannya sangat buruk akibat nafsu makan berkurang.

Apa diagnosis gizi yang paling sesuai pada kasus ini?

A. Defisiensi vitamin C
B. Defisiensi zat besi
C. Malnutrisi energi protein ringan
D. Malnutrisi energi protein sedang
E. Malnutrisi energi protein berat

Kunci jawaban: E

Rasional:

Hemoglobin rendah dan albumin serum yang rendah serta penurunan fungsi imun menunjukkan kondisi malnutrisi energi protein tingkat berat. Ini disebabkan asupan gizi sangat kurang akibat pola makan buruk dan gangguan metabolisme pada HIV.

Kasus 4

Seorang wanita, usia 35 tahun, positif HIV dengan terapi ART, datang mengeluh diare persisten selama lebih dari sebulan. Berat badan pasien turun dari 55 kg menjadi 49 kg dalam waktu 6 minggu. Pemeriksaan laboratorium menunjukkan CD4 sebesar 210 sel/µL.

Rekomendasi diet yang paling tepat untuk pasien ini adalah:

A. Diet rendah kalori, tinggi serat
B. Diet tinggi kalori, tinggi serat
C. Diet tinggi protein, tinggi lemak
D. Diet rendah serat, rendah lemak, tinggi energi
E. Diet rendah protein, rendah kalori, tinggi serat

Kunci jawaban: D

Rasional:

Diet rendah serat, rendah lemak, dan tinggi energi paling sesuai pada kasus diare kronis. Ini untuk mengurangi frekuensi diare, memperbaiki absorpsi nutrisi, serta mencegah wasting syndrome lebih lanjut.

Kasus 5

Seorang pria, usia 40 tahun, dengan status HIV positif mengeluh rambut rontok, kulit tampak kering dan bersisik, luka lama sembuh, serta sering mengalami infeksi ringan yang berulang. Pasien mengaku jarang makan buah, sayur, maupun produk hewani karena kesulitan ekonomi. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan jumlah CD4 rendah (190 sel/μL).

Kondisi pasien kemungkinan besar disebabkan oleh defisiensi zat gizi apa?

A. Karbohidrat kompleks
B. Protein hewani tinggi lemak
C. Asam amino non-esensial
D. Asam lemak jenuh
E. Vitamin C, zinc, dan selenium

Kunci jawaban: E

Rasional:

Gejala rambut rontok, kulit kering, luka sulit sembuh, dan infeksi berulang sangat erat hubungannya dengan defisiensi vitamin C, zinc, dan selenium. Ketiga zat gizi mikro ini penting dalam fungsi kekebalan tubuh, perbaikan jaringan, dan perlindungan terhadap stres oksidatif.

G. Rangkuman Materi

HIV/AIDS merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus HIV yang secara khusus menyerang sistem imun, terutama sel T helper atau limfosit CD4. Infeksi ini mengakibatkan penurunan bertahap fungsi imun tubuh sehingga meningkatkan risiko infeksi oportunistik dan berbagai jenis kanker. Malnutrisi memiliki hubungan erat dengan percepatan progresivitas infeksi HIV menuju AIDS, karena defisiensi zat gizi makro seperti protein dan energi, serta defisiensi mikronutrien (vitamin A, C, E, selenium, zinc, zat besi) secara signifikan memperburuk fungsi imun dan mempercepat penurunan jumlah sel CD4.

Pemenuhan kebutuhan gizi pada penderita HIV/AIDS menjadi krusial untuk memperlambat progresivitas penyakit, mencegah wasting syndrome, memperbaiki status gizi, serta mendukung respons optimal terhadap terapi ART. Strategi intervensi gizi yang optimal mencakup pemberian diet tinggi energi dan tinggi protein, suplementasi mikronutrien secara selektif sesuai hasil evaluasi, serta edukasi

pola makan yang tepat agar pasien mampu mengelola efek samping ART secara efektif.

Evaluasi rutin terhadap efektivitas intervensi gizi dilakukan melalui indikator status imun (CD4), berat badan, dan indeks massa tubuh (IMT), didukung metode klinis dan pemeriksaan laboratorium. Meski intervensi gizi terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas hidup pasien HIV/AIDS, implementasinya di berbagai setting kesehatan menghadapi tantangan seperti keterbatasan akses pangan bergizi, minimnya tenaga ahli gizi, stigma sosial, dan kurangnya integrasi layanan gizi dengan terapi HIV/AIDS. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan interdisipliner dan kolaboratif untuk memastikan intervensi gizi yang efektif dan berkelanjutan pada penderita HIV/AIDS.

H. Glosarium

Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS)

Tahap akhir infeksi HIV, ditandai dengan penurunan jumlah limfosit CD4 secara signifikan (<200 sel/μL darah), menyebabkan tubuh rentan terhadap infeksi oportunistik dan jenis kanker tertentu.

Antibodi

Protein yang dihasilkan oleh limfosit B sebagai respons terhadap antigen spesifik, berfungsi dalam mengidentifikasi dan menetralisir patogen.

Antigen

Zat asing yang memicu respons sistem imun, seperti virus, bakteri, atau partikel asing lainnya.

Antigen Presenting Cell (APC)

Sel yang mempresentasikan antigen kepada sel T helper untuk memulai respons imun adaptif, contohnya makrofag dan sel dendritik.

Antiretroviral Therapy (ART)

Terapi medis dengan obat-obatan untuk menekan replikasi virus HIV, memperlambat progresi penyakit, dan memperbaiki fungsi imun pasien HIV/AIDS.

Budding

Proses pelepasan virus HIV baru dari sel inang melalui permukaan membran sel, yang menyebabkan kerusakan atau kematian sel tersebut.

CD4 (Limfosit T Helper)

Jenis limfosit T yang bertanggung jawab mengatur respons imun dengan mengenali antigen dan mengaktifkan sel-sel imun lain.

CXCR4 dan CCR5

Koreseptor tambahan pada permukaan sel T CD4 yang digunakan virus HIV untuk masuk ke dalam sel.

DNA Virus

Materi genetik virus HIV yang terbentuk melalui proses transkripsi balik dari RNA virus, kemudian menyatu dengan DNA sel inang.

Fagositosis

Proses yang dilakukan oleh makrofag dan sel imun lainnya untuk menelan dan menghancurkan patogen atau partikel asing dalam tubuh.

Glutation Peroksidase

Enzim antioksidan yang berperan dalam melindungi sel dari stres oksidatif, aktivitasnya bergantung pada selenium.

Human Immunodeficiency Virus (HIV)

Virus yang secara spesifik menyerang sistem imun manusia dengan menginfeksi dan menghancurkan sel T CD4, menyebabkan penurunan fungsi imun yang progresif.

Infeksi Oportunistik

Infeksi yang umumnya tidak berbahaya bagi individu dengan sistem imun sehat, tetapi berbahaya dan sering mematikan bagi individu dengan imunitas yang terganggu seperti pada AIDS.

Integrase

Enzim yang digunakan HIV untuk mengintegrasikan DNA virus ke dalam DNA sel inang.

Limfosit

Jenis sel imun yang terdiri dari limfosit B dan T, berfungsi utama dalam respons imun adaptif tubuh terhadap patogen.

Makrofag

Sel imun yang mampu melakukan fagositosis, berperan dalam menghilangkan patogen serta menyajikan antigen kepada sel T helper.

Malnutrisi

Kondisi kekurangan zat gizi penting akibat asupan makanan yang tidak mencukupi atau gangguan absorpsi nutrisi, sangat umum pada pasien HIV/AIDS.

Mikronutrien

Zat gizi dalam jumlah kecil tetapi sangat penting bagi tubuh seperti vitamin dan mineral (contohnya vitamin A, C, E, selenium, zinc, zat besi).

Reverse Transcriptase (Transkripsi Balik)

Enzim HIV yang mengubah RNA virus menjadi DNA virus untuk diintegrasikan ke dalam DNA sel inang.

Sel B (Limfosit B)

Jenis limfosit yang berperan dalam produksi antibodi sebagai respons terhadap antigen spesifik.

Sel T Sitotoksik

Jenis limfosit T yang berfungsi untuk membunuh sel-sel tubuh yang terinfeksi virus atau sel yang abnormal.

Selenium

Mineral esensial yang penting dalam fungsi antioksidan dan menjaga integritas sistem imun.

Sindrom Wasting (Wasting Syndrome)

Kondisi penurunan berat badan drastis (>10%) yang disertai diare kronis atau demam persisten selama lebih dari 30 hari, sering dijumpai pada pasien HIV/AIDS.

Stres Oksidatif

Ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dan kemampuan tubuh untuk mengatasinya, dapat mempercepat kerusakan jaringan dan penurunan fungsi imun.

Zinc (Seng)

Mineral esensial yang berperan dalam proliferasi dan aktivitas sel imun, penyembuhan luka, serta regenerasi jaringan tubuh.

I. Daftar Pustaka

Anand, D., & Puri, S. (2021). Nutritional management of HIV/AIDS patients: A review. Journal of Clinical and Diagnostic Research, 15(4), OE01–OE06. https://doi.org/10.7860/JCDR/2021/46699.14748

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2021). Guidelines for Prevention and Treatment of Opportunistic Infections in Adults and Adolescents with HIV. U.S. Department of Health & Human Services. https://clinicalinfo.hiv.gov/en/guidelines

Escott-Stump, S. (2021). Nutrition and Diagnosis-Related Care (9th ed.). Wolters Kluwer.

Hirigo, A. T., Tesfaye, D. Y., & Berhane, A. M. (2022). Micronutrient deficiencies in HIV-positive adults and its correlation with CD4 count: A systematic review and meta-analysis. AIDS Research and Therapy, 19(1), 1–16. https://doi.org/10.1186/s12981-022-00458-6

Kumar, V., Abbas, A. K., & Aster, J. C. (2020). Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease (10th ed.). Elsevier.

Mahan, L. K., & Raymond, J. L. (2020). Krause's Food & the Nutrition Care Process (15th ed.). Elsevier.

Sharma, M., & Walmsley, S. L. (2021). HIV-associated wasting syndrome: An update. Clinical Infectious Diseases, 72(11), 1986–1995. https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1443

UNAIDS. (2021). Global AIDS Update 2021—Confronting Inequalities: Lessons for Pandemic Responses from 40 Years of AIDS. Joint United Nations Programme on HIV/AIDS. https://www.unaids.org

World Health Organization (WHO). (2020). Nutritional Care and Support for People Living with HIV/AIDS: A Training Course. WHO Press.

World Health Organization (WHO). (2021). HIV/AIDS Fact Sheet. World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hiv-aids

Zicari, S., Sessa, L., Cotugno, N., Ruggiero, A., & Palma, P. (2019). Immune activation, inflammation, and non-AIDS co-morbidities in HIV-infected patients under long-term ART. Viruses, 11(3), 200. https://doi.org/10.3390/v11030200

BAB 3

GIZI DAN IMUNITAS PADA PENYAKIT AUTOIMUN

Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)

Mahasiswa mampu menerapkan prinsip-prinsip imunologi gizi dalam pengelolaan penyakit autoimun melalui pendekatan nutrisi berbasis bukti ilmiah untuk meningkatkan kualitas hidup pasien.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Setelah mengikuti pembelajaran, mahasiswa mampu menganalisis dan mengintegrasikan konsep hubungan antara gizi dengan imunitas pada penyakit autoimun serta merancang intervensi gizi berbasis bukti untuk mendukung terapi medis.

Sub-Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Sub-CPMK)

Setelah mengikuti pembelajaran, mahasiswa mampu:

- Menjelaskan konsep dasar penyakit autoimun dan mekanisme imunologinya.
- Mengidentifikasi peran zat gizi makro dalam memodulasi respons imun pada penyakit autoimun.
- Menjelaskan peran zat gizi mikro, seperti vitamin dan mineral, dalam mendukung fungsi imun pada pasien autoimun.
- Menilai hubungan antara pola diet tertentu dengan risiko perkembangan dan keparahan penyakit autoimun.
- Merancang intervensi gizi spesifik yang efektif dalam manajemen penyakit autoimun berbasis penelitian terbaru.

Pendahuluan

Penyakit autoimun merupakan kondisi di mana sistem kekebalan tubuh gagal mengenali sel tubuh sendiri dan menyerangnya sebagai benda asing. Gangguan ini menyebabkan inflamasi kronis, kerusakan jaringan, dan gangguan fungsi organ yang signifikan. Berbagai penelitian menunjukkan hubungan erat antara asupan zat gizi tertentu dengan perkembangan serta manajemen penyakit autoimun. Gizi memiliki peran penting dalam memodulasi respons imun, baik melalui nutrisi makro seperti protein, karbohidrat, dan lemak, maupun mikro seperti vitamin, mineral, serta senyawa bioaktif. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara gizi dan imunitas pada penyakit autoimun menjadi sangat esensial dalam pengelolaan klinis dan peningkatan kualitas hidup pasien.

Uraian Materi

A. Konsep Dasar Penyakit Autoimun

Konsep dasar penyakit autoimun merujuk pada kondisi medis di mana sistem kekebalan tubuh mengalami gangguan fungsi hingga menyebabkan sel atau jaringan tubuh sendiri dianggap sebagai benda asing yang perlu diserang. Dalam keadaan normal, sistem imun memiliki mekanisme proteksi yang sangat efektif untuk mengenali sekaligus melindungi tubuh dari infeksi patogen seperti bakteri, virus, jamur, atau parasit. Namun, pada kasus penyakit autoimun, kemampuan tubuh dalam membedakan antara sel tubuh sendiri dengan sel asing mengalami gangguan, sebuah kondisi yang disebut kegagalan toleransi imun.

Toleransi imun sendiri merupakan mekanisme penting yang memastikan bahwa sistem kekebalan tubuh tidak bereaksi terhadap antigen-antigen diri, sehingga sel-sel tubuh tetap aman dan terhindar dari serangan imunologis. Namun, pada penyakit autoimun, toleransi ini rusak atau terganggu, sehingga sistem imun yang sebelumnya berperan sebagai pelindung tubuh justru berbalik menyerang dan merusak jaringan-jaringan tubuh yang sehat.

Mekanisme utama dalam terjadinya penyakit autoimun diawali oleh aktivasi sel T autoreaktif. Sel T autoreaktif adalah limfosit T yang secara keliru mengenali antigen tubuh sendiri sebagai benda asing yang harus dihancurkan. Aktivasi sel T ini biasanya disebabkan oleh kombinasi antara faktor genetik, lingkungan, maupun pemicu infeksi tertentu yang membuat sel T mengalami kebingungan dalam mengenali antigen tubuh sendiri. Selanjutnya, sel T autoreaktif yang telah aktif ini akan memicu serangkaian reaksi imun lanjutan, termasuk aktivasi sel B.

Aktivasi sel B oleh sel T yang keliru tersebut menyebabkan produksi autoantibodi, yaitu antibodi yang secara spesifik mengenali dan menyerang protein-protein tubuh sendiri. Autoantibodi ini tidak hanya beredar dalam darah, namun juga melekat pada jaringan tubuh dan memicu reaksi inflamasi kronis. Inflamasi kronis yang berlangsung terus-menerus ini menyebabkan kerusakan progresif pada jaringan yang terkena, bahkan dapat mengakibatkan gangguan fungsi organ vital tertentu.

Seiring waktu, inflamasi yang berlangsung lama akan menyebabkan gangguan fungsi jaringan atau organ yang terlibat. Misalnya pada penyakit lupus eritematosus sistemik (LES), autoantibodi yang dihasilkan menyerang berbagai organ tubuh seperti ginjal, jantung, kulit, sendi, dan otak. Demikian juga pada artritis reumatoid

(AR), sistem imun menyerang jaringan sendi, menyebabkan peradangan kronis, nyeri hebat, pembengkakan, hingga kerusakan permanen pada struktur sendi.

Contoh lain seperti diabetes tipe 1, di mana sel-sel beta di pankreas yang memproduksi insulin dihancurkan oleh sistem imun tubuh, menyebabkan ketidakmampuan tubuh dalam mengatur kadar gula darah. Sementara itu, penyakit Hashimoto ditandai dengan peradangan dan kerusakan kelenjar tiroid akibat serangan imunologis, sehingga produksi hormon tiroid menurun drastis. Multiple sclerosis (MS), merupakan penyakit autoimun yang menyerang sistem saraf pusat, menyebabkan hilangnya selubung mielin pada neuron yang berdampak pada gangguan penghantaran impuls saraf, hingga menyebabkan kelemahan otot, gangguan penglihatan, hingga gangguan koordinasi gerakan tubuh.

Keseluruhan mekanisme ini menunjukkan bahwa penyakit autoimun merupakan kondisi kompleks yang melibatkan interaksi rumit antara genetik, lingkungan, serta gangguan sistem imun yang secara keliru menyerang tubuhnya sendiri. Penanganan penyakit autoimun juga kompleks dan biasanya bertujuan untuk mengontrol respons imun yang berlebihan, mengurangi inflamasi, serta mencegah kerusakan lebih lanjut pada jaringan dan organ tubuh.

B. Peran Zat Gizi Makro dalam Penyakit Autoimun

Zat gizi makro, yaitu protein, karbohidrat, dan lemak, memiliki peran signifikan dalam regulasi respons imun:

1. Protein

Protein merupakan komponen zat gizi makro yang memiliki peran vital dalam mendukung fungsi imun. Protein adalah bahan dasar utama yang digunakan tubuh untuk membentuk berbagai molekul penting dalam sistem imun seperti antibodi, sitokin, serta berbagai sel imun lainnya. Antibodi dan sitokin khususnya, merupakan bagian dari sistem pertahanan tubuh yang bekerja secara sinergis untuk mengenali, melawan, serta mengatur respons tubuh terhadap zat-zat asing atau patogen yang masuk ke tubuh. Jika tubuh kekurangan protein, maka kapasitas tubuh dalam memproduksi antibodi dan sitokin yang dibutuhkan untuk melawan penyakit serta meregulasi proses inflamasi menjadi menurun. Akibatnya, defisiensi protein sering dikaitkan dengan pelemahan respons imun, peningkatan risiko infeksi, dan memperburuk kondisi autoimun. Sebaliknya, asupan protein berlebihan, terutama dari sumber protein hewani tertentu yang tinggi akan asam amino tertentu seperti metionin, dapat memicu peningkatan inflamasi. Protein hewani yang tinggi asam amino tertentu

tersebut dapat merangsang produksi mediator inflamasi yang memperburuk kondisi autoimun, sehingga perlu dikontrol dengan tepat.

2. Karbohidrat

Karbohidrat sebagai zat gizi makro juga memiliki implikasi penting dalam regulasi inflamasi pada penyakit autoimun. Terdapat perbedaan signifikan antara konsumsi karbohidrat sederhana dengan karbohidrat kompleks dalam kaitannya dengan peradangan tubuh. Karbohidrat sederhana yang memiliki indeks glikemik tinggi, seperti gula pasir, sirup jagung tinggi fruktosa, atau makanan olahan berbahan dasar tepung putih, telah dikaitkan dengan peningkatan respons inflamasi sistemik dalam tubuh. Pola konsumsi tinggi karbohidrat sederhana ini meningkatkan pelepasan insulin secara drastis, yang kemudian dapat memicu peradangan kronis yang memperparah kondisi autoimun. Sebaliknya, karbohidrat kompleks seperti biji-bijian utuh, kacang-kacangan, sayuran, dan buah-buahan yang memiliki indeks glikemik rendah, lebih lambat dicerna dan diserap tubuh, sehingga menghasilkan pelepasan glukosa yang lebih stabil serta membantu menurunkan inflamasi. Serat yang tinggi dalam karbohidrat kompleks ini juga berfungsi memperbaiki mikrobiota usus, yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan sistem imun, sehingga sangat bermanfaat bagi individu dengan penyakit autoimun.

3. Lemak

Lemak merupakan zat gizi makro lainnya yang secara nyata memengaruhi kondisi autoimun melalui efeknya terhadap inflamasi tubuh. Jenis asam lemak yang dikonsumsi seseorang akan menentukan arah inflamasi, apakah akan cenderung mereda atau justru semakin memburuk. Asam lemak omega-3 yang banyak ditemukan pada ikan berlemak seperti salmon, tuna, makarel, biji chia, biji rami, serta minyak ikan, telah terbukti memiliki efek antiinflamasi yang kuat. Omega-3 bekerja dengan menekan produksi mediator inflamasi seperti prostaglandin tipe inflamasi dan sitokin inflamasi, sehingga sangat dianjurkan bagi penderita penyakit autoimun guna membantu meredakan inflamasi yang dialami. Sebaliknya, asam lemak omega-6 yang banyak ditemukan dalam minyak nabati seperti minyak jagung, minyak kedelai, minyak bunga matahari, serta makanan olahan yang kaya akan lemak trans, justru cenderung meningkatkan inflamasi tubuh. Pola konsumsi tinggi omega-6 atau lemak trans dapat memperburuk kondisi autoimun dengan memperkuat respons inflamasi sistemik, sehingga konsumsi lemak jenis ini harus dikendalikan ketat pada penderita penyakit autoimu

C. Peran Zat Gizi Mikro dalam Imunitas Autoimun

Vitamin dan mineral seperti vitamin D, vitamin C, vitamin A, selenium, seng, dan zat besi berperan penting dalam mempertahankan homeostasis imun:

1. Vitamin D

Vitamin D adalah salah satu zat gizi mikro yang memiliki peran utama sebagai imunomodulator, yakni senyawa yang mampu mengatur atau memodulasi respons imun tubuh. Vitamin D bekerja dengan cara menekan respons imun berlebih yang menjadi karakteristik utama pada penyakit autoimun. Vitamin D memiliki reseptor khusus pada berbagai jenis sel imun seperti sel T, sel B, makrofag, dan sel dendritik. Melalui reseptor ini, vitamin D mampu mengurangi aktivitas sel T autoreaktif yang menjadi pemicu utama pada penyakit autoimun, menurunkan produksi sitokin inflamasi, serta meningkatkan jumlah dan aktivitas sel T regulator (Treg) yang berfungsi menekan respons imun berlebih. Kekurangan vitamin D sering dikaitkan dengan peningkatan risiko dan keparahan sejumlah penyakit autoimun seperti multiple sclerosis, lupus, dan artritis reumatoid. Oleh karena itu, asupan vitamin D yang mencukupi sangat disarankan untuk membantu mengontrol inflamasi serta menjaga keseimbangan imun pada penyakit autoimun.

2. Vitamin C

Vitamin C juga berkontribusi penting dalam konteks autoimunitas sebagai antioksidan kuat yang melindungi jaringan tubuh dari kerusakan akibat stres oksidatif. Inflamasi kronis pada penyakit autoimun menyebabkan peningkatan produksi radikal bebas yang dapat merusak jaringan serta memperparah kondisi inflamasi. Vitamin C membantu menetralisir radikal bebas ini, sehingga jaringan tubuh terlindungi dari kerusakan lebih lanjut. Selain itu, vitamin C juga terlibat langsung dalam mendukung fungsi sel imun, seperti mempromosikan produksi sel darah putih, meningkatkan aktivitas fagositik dari neutrofil, serta mendukung fungsi barrier kulit dan mukosa, yang menjadi lapisan pertama pertahanan tubuh. Dengan demikian, vitamin C sangat penting dalam membantu mengurangi dampak negatif dari inflamasi kronis yang terjadi pada penyakit autoimun.

3. Vitamin A

Vitamin A berperan penting dalam mengatur toleransi imun, yaitu kemampuan sistem imun tubuh untuk mengenali serta tidak bereaksi secara negatif terhadap jaringan tubuh sendiri. Vitamin A mendukung perkembangan dan fungsi sel imun yang terlibat dalam toleransi imun, seperti sel T regulator (Treg) dan sel dendritik. Selain itu, vitamin A sangat penting dalam menjaga integritas jaringan mukosa tubuh, seperti mukosa saluran pernapasan dan saluran pencernaan, yang merupakan bagian penting dari sistem imun tubuh. Integritas

mukosa yang baik membantu mencegah masuknya antigen asing serta mengurangi risiko timbulnya respons imun berlebihan yang memicu terjadinya autoimunitas. Kekurangan vitamin A terbukti memperburuk respons imun serta meningkatkan risiko inflamasi kronis.

4. Selenium dan Seng

Selenium dan seng adalah mineral penting yang memainkan peran signifikan dalam mendukung fungsi imun tubuh, terutama karena sifat antioksidannya. Selenium berfungsi sebagai kofaktor dalam pembentukan enzim antioksidan seperti glutation peroksidase, yang membantu melindungi jaringan tubuh dari stres oksidatif akibat inflamasi kronis. Selenium juga memiliki fungsi imunomodulator yang membantu mengontrol aktivitas sel imun, termasuk mencegah respons inflamasi yang berlebihan. Sementara itu, seng (Zn) adalah mineral penting yang sangat dibutuhkan dalam berbagai aktivitas sel imun, seperti perkembangan dan diferensiasi limfosit T dan B, aktivitas fagositik makrofag, serta produksi berbagai sitokin. Kekurangan seng dapat mengurangi efektivitas fungsi imun dan memperburuk inflamasi, sedangkan kecukupan seng akan membantu menjaga keseimbangan imun serta mengontrol peradangan.

Selain vitamin dan mineral tersebut, zat besi juga penting dalam regulasi imun tubuh. Zat besi berperan dalam diferensiasi dan proliferasi sel imun serta pembentukan hemoglobin yang penting untuk distribusi oksigen ke jaringan tubuh. Namun, keseimbangan zat besi harus dijaga secara hati-hati, karena defisiensi zat besi dapat melemahkan sistem imun, sedangkan kelebihan zat besi dapat meningkatkan stres oksidatif serta memperparah inflamasi.

D. Pola Diet dan Risiko Penyakit Autoimun

Pola diet memiliki kaitan erat dengan risiko serta perjalanan penyakit autoimun. Pemilihan pola makan yang tepat mampu mempengaruhi respons imun tubuh secara signifikan, baik dalam meningkatkan maupun menurunkan tingkat inflamasi dan aktivitas autoimun. Beberapa jenis pola diet, seperti diet Mediterania, diet bebas gluten, diet rendah karbohidrat, dan diet antiinflamasi, telah banyak diteliti serta terbukti efektif dalam membantu mengelola penyakit autoimun, mengurangi gejala klinis, serta memperbaiki kualitas hidup pasien.

Salah satu pola diet yang paling banyak mendapat perhatian dalam kaitannya dengan penyakit autoimun adalah diet Mediterania. Diet ini bercirikan tingginya konsumsi buah-buahan, sayuran segar, biji-bijian utuh, kacang-kacangan, ikan yang kaya asam lemak omega-3 seperti salmon, sarden, makarel, serta penggunaan minyak zaitun sebagai sumber lemak sehat utama. Kandungan nutrisi seperti

antioksidan, polifenol, vitamin, mineral, dan terutama omega-3 yang tinggi dalam pola diet ini secara konsisten menunjukkan kemampuan dalam menurunkan inflamasi kronis pada berbagai kondisi autoimun, seperti artritis reumatoid, lupus, psoriasis, dan multiple sclerosis. Diet Mediterania juga memiliki dampak positif dalam memperkuat sistem imun secara seimbang, mengurangi kerusakan jaringan tubuh akibat inflamasi, serta memperlambat progresivitas penyakit autoimun.

Selain diet Mediterania, diet bebas gluten juga banyak dikaji sebagai pendekatan nutrisi alternatif dalam mengelola penyakit autoimun. Gluten adalah protein yang ditemukan dalam gandum, jelai, dan gandum hitam, yang pada individu tertentu dapat memicu inflamasi kronis, terutama pada saluran pencernaan. Pada penderita autoimun dengan sensitivitas gluten, konsumsi gluten dapat menyebabkan peningkatan permeabilitas usus atau "leaky gut," suatu kondisi di mana dinding usus menjadi lebih rentan terhadap penetrasi antigen asing, sehingga memperparah inflamasi dan memicu respons autoimun lebih lanjut. Penelitian menunjukkan bahwa pola makan bebas gluten, meskipun tanpa diagnosis penyakit celiac, mampu membantu mengurangi intensitas inflamasi, meredakan gejala seperti nyeri sendi, kelelahan, gangguan pencernaan, hingga perbaikan kondisi umum penderita penyakit autoimun seperti artritis reumatoid, penyakit Hashimoto, dan multiple sclerosis.

Diet rendah karbohidrat juga memiliki peran penting dalam konteks penyakit autoimun. Pola makan ini menekankan konsumsi karbohidrat kompleks dengan indeks glikemik rendah serta mengurangi secara drastis konsumsi karbohidrat sederhana yang dapat menyebabkan lonjakan gula darah dan insulin. Lonjakan insulin akibat konsumsi karbohidrat sederhana yang tinggi sering dihubungkan dengan inflamasi kronis yang memperparah kondisi autoimun. Sebaliknya, diet rendah karbohidrat mampu menjaga stabilitas gula darah dan insulin, sehingga membantu menurunkan inflamasi, memperbaiki gejala seperti nyeri sendi, kelelahan kronis, gangguan neurologis, serta meningkatkan rasa bugar secara umum pada penderita autoimun seperti artritis reumatoid dan lupus.

Terakhir, diet antiinflamasi secara umum juga menunjukkan manfaat signifikan dalam penanganan penyakit autoimun. Diet ini berfokus pada konsumsi makanan tinggi antioksidan, kaya serat, rendah gula olahan, rendah lemak trans, dan tinggi omega-3. Dengan memprioritaskan konsumsi makanan seperti buah-buahan, sayuran hijau, ikan berlemak, biji-bijian, kacang-kacangan, serta rempah-rempah seperti kunyit dan jahe, diet antiinflamasi terbukti mampu menurunkan tingkat inflamasi sistemik secara nyata. Hal ini secara langsung memberikan dampak positif

dalam menurunkan keparahan gejala penyakit autoimun serta memperlambat progresivitas kerusakan jaringan yang terjadi akibat inflamasi kronis.

E. Strategi Intervensi Gizi Berbasis Bukti

Strategi intervensi gizi berbasis bukti dalam pengelolaan penyakit autoimun melibatkan berbagai pendekatan yang mengacu pada hasil penelitian terkini. Prinsip utama dari strategi ini adalah menyesuaikan komposisi zat gizi makro dan mikro secara cermat dalam pola diet pasien, sesuai kebutuhan klinis, status gizi, serta karakteristik spesifik penyakit autoimun yang dialami. Hal ini penting mengingat penyakit autoimun memiliki spektrum yang luas dengan manifestasi klinis serta kebutuhan nutrisi yang berbeda antarindividu.

Dalam konteks zat gizi makro, penyesuaian dilakukan dengan memperhatikan rasio protein, karbohidrat, dan lemak yang optimal bagi masing-masing pasien. Misalnya, pada pasien dengan inflamasi kronis berat, intervensi nutrisi dapat mencakup peningkatan asupan protein berkualitas tinggi yang membantu memperbaiki fungsi imun serta mendukung regenerasi jaringan yang rusak akibat inflamasi. Sebaliknya, pembatasan konsumsi protein hewani tertentu, terutama yang mengandung tinggi asam amino proinflamasi seperti metionin dalam daging merah, dapat disarankan untuk mengurangi risiko inflamasi tambahan.

Intervensi dalam hal karbohidrat mencakup pemilihan jenis karbohidrat kompleks dengan indeks glikemik rendah untuk membantu menjaga kestabilan kadar gula darah dan insulin, yang secara tidak langsung membantu mengurangi inflamasi kronis. Diet yang rendah karbohidrat sederhana dan tinggi serat dari sayuran, biji-bijian utuh, dan kacang-kacangan merupakan rekomendasi yang umum diterapkan dalam strategi nutrisi berbasis bukti pada pasien autoimun.

Pada aspek lemak, strategi intervensi gizi berbasis bukti sangat menekankan konsumsi asam lemak omega-3 dari sumber alami seperti ikan laut, biji rami, dan chia seed. Suplementasi omega-3 juga sering dianjurkan berdasarkan hasil riset klinis yang menunjukkan efek antiinflamasi kuatnya pada penyakit autoimun seperti artritis reumatoid, lupus, serta psoriasis. Sebaliknya, asupan lemak trans serta asam lemak omega-6 yang berlebihan harus dibatasi untuk menghindari perburukan inflamasi yang dapat memperparah manifestasi klinis penyakit autoimun.

Penyesuaian zat gizi mikro juga menjadi bagian integral dari intervensi gizi berbasis bukti pada pasien autoimun. Sebagai contoh, suplementasi vitamin D terbukti secara konsisten memberikan manfaat dalam mengurangi aktivitas autoimun serta inflamasi, terutama pada pasien lupus eritematosus sistemik (LES)

dan multiple sclerosis (MS). Penelitian menunjukkan bahwa kadar vitamin D yang adekuat secara signifikan berhubungan dengan penurunan aktivitas penyakit, berkurangnya frekuensi kekambuhan (flare-up), serta perbaikan kualitas hidup secara keseluruhan.

Pada pasien tertentu, misalnya yang memiliki penyakit autoimun terkait gluten seperti penyakit celiac atau sensitivitas gluten non-celiac, strategi intervensi gizi berbasis bukti mencakup eliminasi total gluten dari pola diet sehari-hari. Pola diet bebas gluten ini terbukti efektif mengurangi inflamasi kronis, memperbaiki integritas mukosa usus, serta secara signifikan menurunkan gejala klinis yang dialami pasien. Namun, penting pula memastikan bahwa eliminasi gluten dilakukan secara hati-hati serta tetap memenuhi kebutuhan nutrisi esensial lainnya agar tidak menimbulkan defisiensi zat gizi tertentu.

Penerapan strategi intervensi gizi berbasis bukti ini harus dilakukan secara individual atau personalisasi. Setiap pasien autoimun memiliki kebutuhan nutrisi spesifik berdasarkan kondisi klinis, tingkat inflamasi, manifestasi gejala, status gizi, serta sensitivitas terhadap makanan tertentu. Oleh karena itu, pendekatan ini harus diawali dengan asesmen menyeluruh oleh tenaga kesehatan profesional yang meliputi dokter, ahli gizi, dan perawat guna merancang pola diet yang optimal. Selain itu, implementasi intervensi gizi juga harus disertai dengan pemantauan rutin secara berkala oleh tenaga profesional untuk mengevaluasi efektivitas intervensi nutrisi, menyesuaikan komposisi zat gizi bila diperlukan, serta mendeteksi dini kemungkinan defisiensi nutrisi.

F. Latihan Soal

Kasus 1

Seorang wanita berusia 30 tahun menderita lupus eritematosus sistemik (LES) dengan gejala nyeri sendi, ruam kulit, dan mudah lelah. Dari hasil asesmen gizi, diketahui pasien rutin mengonsumsi makanan tinggi gula sederhana dan rendah serat. Apa rekomendasi utama diet yang tepat untuk membantu mengurangi inflamasi pada pasien ini?

A. Diet vegan
B. Diet tinggi gluten
C. Diet rendah karbohidrat sederhana
D. Diet tinggi lemak jenuh
E. Diet tinggi protein hewani

Kunci Jawaban: C

Rasional:

Diet rendah karbohidrat sederhana akan membantu menurunkan lonjakan gula darah dan insulin, sehingga mengurangi inflamasi sistemik. Karbohidrat sederhana terbukti memperparah kondisi inflamasi pada pasien autoimun.

Kasus 2

Seorang pria berusia 35 tahun terdiagnosis diabetes tipe 1. Dari hasil pemeriksaan gizi, diketahui pasien jarang mengonsumsi ikan atau sumber omega-3 lainnya. Pasien mengeluhkan inflamasi kronis yang berulang. Apa intervensi zat gizi makro yang paling tepat bagi pasien ini?

A. Menambah konsumsi protein tinggi metionin

B. Mengurangi asupan karbohidrat kompleks

C. Meningkatkan konsumsi lemak omega-6

D. Meningkatkan konsumsi lemak omega-3

E. Mengurangi asupan serat makanan

Kunci Jawaban: D

Rasional:

Lemak omega-3 memiliki efek antiinflamasi kuat yang akan membantu mengurangi inflamasi kronis pada pasien autoimun seperti diabetes tipe 1.

Kasus 3

Seorang perempuan 28 tahun dengan multiple sclerosis mengalami gejala lemah otot dan gangguan koordinasi gerak. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan defisiensi vitamin D yang cukup signifikan. Intervensi gizi mikro apa yang paling prioritas untuk membantu mengontrol gejala penyakit pasien?

A. Suplementasi zat besi

B. Suplementasi selenium

C. Suplementasi vitamin D

D. Suplementasi vitamin A

E. Suplementasi vitamin C

Kunci Jawaban: C

Rasional:

Vitamin D berperan penting dalam regulasi imun, menekan inflamasi, serta membantu mengontrol aktivitas autoimun pada multiple sclerosis.

Kasus 4

Seorang wanita berusia 40 tahun dengan artritis reumatoid rutin mengonsumsi makanan tinggi omega-6 seperti gorengan dan makanan cepat saji. Pasien mengeluhkan nyeri sendi yang semakin memburuk. Apa langkah utama perubahan pola diet yang disarankan?

A. Meningkatkan konsumsi protein tinggi metionin

B. Menurunkan konsumsi makanan tinggi omega-6

C. Meningkatkan konsumsi karbohidrat sederhana

D. Menurunkan konsumsi protein nabati

E. Meningkatkan konsumsi lemak jenuh

Kunci Jawaban: B

Rasional:

Asupan omega-6 yang tinggi akan memperparah inflamasi pada artritis reumatoid, sehingga penurunan konsumsi omega-6 sangat disarankan untuk mengurangi gejala inflamasi.

Kasus 5

Seorang pria berusia 25 tahun terdiagnosis penyakit Hashimoto. Pasien mengeluhkan kelelahan kronis, kulit kering, dan sering mengalami inflamasi. Pemeriksaan pola makan menunjukkan asupan vitamin A dan C yang rendah. Intervensi gizi mikro mana yang perlu diprioritaskan untuk meningkatkan toleransi imun pasien ini?

A. Suplementasi seng

B. Suplementasi vitamin C dan vitamin A

C. Suplementasi zat besi dosis tinggi

D. Suplementasi omega-6

E. Suplementasi protein hewani

Kunci Jawaban: B

Rasional:

Vitamin A berperan dalam meningkatkan toleransi imun, sementara vitamin C memiliki efek antioksidan yang kuat untuk mengurangi stres oksidatif akibat inflamasi kronis pada penyakit Hashimoto.

G. Rangkuman Materi

Penyakit autoimun adalah kondisi kompleks yang terjadi akibat kegagalan sistem imun dalam mengenali jaringan tubuh sendiri sehingga menyebabkan inflamasi kronis dan kerusakan organ. Mekanisme utama yang mendasari penyakit ini adalah aktivasi sel T autoreaktif yang memicu produksi autoantibodi dan inflamasi berkelanjutan.

Intervensi gizi memainkan peran penting dalam pengelolaan penyakit autoimun. Zat gizi makro seperti protein, karbohidrat, dan lemak memiliki dampak langsung terhadap inflamasi dan respons imun. Asupan protein harus seimbang karena defisiensi atau kelebihan protein tertentu dapat memperburuk inflamasi. Konsumsi karbohidrat kompleks yang kaya serat membantu menstabilkan gula darah, menekan inflamasi, dan memperbaiki mikrobiota usus. Asam lemak omega-3 secara signifikan menurunkan inflamasi, sedangkan asam lemak omega-6 dan lemak trans meningkatkan inflamasi.

Sementara itu, zat gizi mikro seperti vitamin D, vitamin C, vitamin A, selenium, seng, dan zat besi sangat esensial dalam menjaga homeostasis imun serta mengurangi inflamasi kronis. Pola diet yang efektif seperti diet Mediterania, diet bebas gluten, diet rendah karbohidrat, dan diet antiinflamasi terbukti membantu mengendalikan gejala serta memperlambat progresivitas penyakit autoimun.

Strategi intervensi gizi berbasis bukti harus dilakukan secara personalisasi sesuai kebutuhan klinis pasien, melalui asesmen menyeluruh dan pemantauan berkala oleh tenaga kesehatan profesional guna mengoptimalkan hasil pengelolaan penyakit autoimun.

H. Glosarium

Autoimun

Kondisi medis di mana sistem imun tubuh menyerang sel atau jaringan tubuh sendiri akibat kegagalan mengenali antigen tubuh (self-antigen).

Toleransi Imun

Mekanisme sistem kekebalan tubuh untuk mengenali dan tidak bereaksi terhadap antigen diri, sehingga mencegah terjadinya serangan imun terhadap jaringan tubuh sendiri.

Sel T Autoreaktif

Limfosit T yang keliru mengenali antigen tubuh sebagai benda asing, kemudian memicu respon imun terhadap jaringan tubuh sendiri.

Autoantibodi

Antibodi yang secara keliru dihasilkan oleh tubuh untuk menyerang jaringan atau protein tubuh sendiri.

Inflamasi Kronis

Peradangan yang terjadi dalam jangka waktu lama akibat aktivasi sistem imun yang terus-menerus, menyebabkan kerusakan progresif pada jaringan tubuh.

Lupus Eritematosus Sistemik (LES)

Penyakit autoimun yang ditandai dengan autoantibodi yang menyerang berbagai organ seperti ginjal, jantung, kulit, sendi, dan otak.

Artritis Reumatoid (AR)

Penyakit autoimun yang menyerang sendi, menyebabkan peradangan kronis, nyeri, pembengkakan, dan kerusakan permanen pada struktur sendi.

Diabetes Tipe 1

Penyakit autoimun yang merusak sel-sel beta pankreas sehingga menyebabkan tubuh kehilangan kemampuan memproduksi insulin dan mengatur kadar gula darah.

Penyakit Hashimoto

Penyakit autoimun dengan ciri peradangan kronis pada kelenjar tiroid, menyebabkan penurunan produksi hormon tiroid.

Multiple Sclerosis (MS)

Penyakit autoimun yang merusak selubung mielin pada saraf pusat, mengganggu transmisi impuls saraf dan menyebabkan gejala neurologis.

Zat Gizi Makro

Zat gizi utama yang dibutuhkan dalam jumlah besar oleh tubuh, meliputi protein, karbohidrat, dan lemak.

Protein Hewani Tinggi Metionin

Protein yang berasal dari sumber hewani yang kaya akan asam amino metionin, yang dalam jumlah berlebihan dapat meningkatkan inflamasi.

Karbohidrat Kompleks

Karbohidrat dengan indeks glikemik rendah, seperti biji-bijian utuh, kacang-kacangan, buah dan sayur, yang lebih lambat dicerna dan membantu menurunkan inflamasi.

Karbohidrat Sederhana

Karbohidrat dengan indeks glikemik tinggi, seperti gula pasir dan tepung olahan, yang cepat dicerna dan meningkatkan risiko inflamasi kronis.

Asam Lemak Omega-3

Asam lemak esensial dengan efek antiinflamasi kuat, ditemukan pada ikan laut (salmon, makarel), biji chia, biji rami, serta minyak ikan.

Asam Lemak Omega-6

Asam lemak esensial yang bila dikonsumsi berlebihan dapat meningkatkan inflamasi tubuh; banyak terdapat pada minyak nabati seperti minyak jagung dan kedelai.

Zat Gizi Mikro

Nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah kecil tetapi penting dalam regulasi berbagai fungsi tubuh, meliputi vitamin dan mineral.

Imunomodulator

Senyawa yang memiliki kemampuan mengatur atau memodulasi respons sistem imun tubuh.

Vitamin D

Vitamin yang berperan sebagai imunomodulator dengan mengurangi aktivitas imun berlebih, terutama pada penyakit autoimun.

Vitamin C

Vitamin antioksidan yang melindungi jaringan dari kerusakan akibat stres oksidatif serta mendukung fungsi sel imun.

Vitamin A

Vitamin penting yang mengatur toleransi imun serta menjaga integritas mukosa sebagai barrier terhadap antigen asing.

Selenium

Mineral yang berfungsi sebagai antioksidan kuat dan imunomodulator, membantu melindungi jaringan tubuh dari stres oksidatif.

Seng (Zn)

Mineral penting untuk aktivitas sistem imun seperti perkembangan limfosit T dan B, serta produksi sitokin.

Diet Mediterania

Pola makan yang kaya buah, sayuran segar, biji-bijian utuh, ikan berlemak omega-3, dan minyak zaitun yang bermanfaat mengurangi inflamasi.

Diet Bebas Gluten

Pola makan yang menghilangkan gluten (protein dari gandum, jelai, gandum hitam) untuk mengurangi inflamasi, khususnya pada individu dengan sensitivitas gluten.

Diet Antiinflamasi

Pola makan tinggi antioksidan, tinggi serat, rendah gula olahan dan lemak trans, bertujuan mengurangi inflamasi sistemik.

Leaky Gut (Peningkatan Permeabilitas Usus)

Kondisi di mana dinding usus menjadi lebih rentan terhadap penetrasi antigen asing, memperparah inflamasi dan respon autoimun.

Strategi Intervensi Gizi Berbasis Bukti

Pendekatan nutrisi yang mengacu pada hasil penelitian ilmiah terkini untuk pengelolaan penyakit autoimun secara efektif dan terpersonalisasi.

I. Daftar Pustaka

Afzal, M., Kazmi, I., Gupta, G., Rahman, M., Kimothi, V., Anwar, F., & Singh, R. (2019). Immunopathogenesis and nutritional management of autoimmune disorders. Immunology Letters, 212, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.imlet.2019.06.005

Anaya, J. M., & Shoenfeld, Y. (Eds.). (2019). Autoimmunity: From Bench to Bedside (2nd ed.). Elsevier Academic Press.

Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto, G. J., & Stryer, L. (2019). Biochemistry (9th ed.). W. H. Freeman.

Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). Vitamin C and immune function. Nutrients, 9(11), 1211. https://doi.org/10.3390/nu9111211

Dahan, S., Segal, Y., & Shoenfeld, Y. (2017). Dietary factors in rheumatic autoimmune diseases: a recipe for therapy? Nature Reviews Rheumatology, 13(6), 348–358. https://doi.org/10.1038/nrrheum.2017.42

Hewlings, S. J., & Kalman, D. S. (2017). Curcumin: A review of its effects on human health. Foods, 6(10), 92. https://doi.org/10.3390/foods6100092

Holick, M. F. (2017). Vitamin D deficiency: New perspectives on autoimmune diseases. Dermato-Endocrinology, 9(1), e1300213. https://doi.org/10.1080/19381980.2017.1300213

Katz, U., & Shoenfeld, Y. (2019). Nutrition and autoimmune diseases: Control of autoimmune inflammation through diet. Clinical Reviews in Allergy & Immunology, 57(3), 379–392. https://doi.org/10.1007/s12016-019-08731-8

Mahan, L. K., & Raymond, J. L. (2020). Krause's Food & The Nutrition Care Process (15th ed.). Elsevier.

Sakthiswary, R., Raymond, A. A., & Stembridge, N. Y. (2017). Diet and autoimmune diseases: Therapeutic effects of diet modulation. Rheumatology International, 37(7), 1021–1028. https://doi.org/10.1007/s00296-017-3690-1

Selmi, C., & Gershwin, M. E. (Eds.). (2019). Nutrition and Immunity. Springer International Publishing.

Shoenfeld, Y., Agmon-Levin, N., & Rose, N. R. (Eds.). (2015). Infection and Autoimmunity (2nd ed.). Academic Press.

Wu, D., Lewis, E. D., Pae, M., & Meydani, S. N. (2019). Nutritional modulation of immune function: analysis of evidence, mechanisms, and clinical relevance. Frontiers in Immunology, 9, 3160. https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.03160

Zabetakis, I., Lordan, R., Norton, C., & Tsoupras, A. (2020). COVID-19: The inflammation link and the role of nutrition in potential mitigation. Nutrients, 12(5), 1466. https://doi.org/10.3390/nu12051466

PROFIL PENULIS

Nurfaidah, SKM., M.Kes. Penulis di lahirkan di Ujung Pandang pada tanggal 15 Februari 1991 Ketertarikan penulis terhadap Ilmu Gizi dimulai pada tahun 2008 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Universitas peminatan Gizi. Penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi dan berhasil menyelesaikan studi S1 di Jurusan Kesehatan Masyarakat Peminatan Gizi Masyarakat UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN dan lulus pada tahun 2012. Tiga tahun kemudian, penulis melanjutkan studi S2 di Peminatan Gizi Masyarakat Program Pasca Sarjana UNIVERSITAS MUSLIM INDONESIA dan selesai pada tahun 2016. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Gizi di UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Dasar Ilmu Gizi, Manajemen Gizi, Gizi Kuliner, Teknologi Pangan, Keamanan Pangan, Ketahanan Pangan, Famakologi Gizi, Gizi Estetika. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter.

Email Penulis : nur.faidah@unm.ac.id

Dewi Nur Anita, S.Tr.Keb., M.P.H., lahir di Palangkaraya, Kalimantan Tengah, pada tanggal 26 Mei 1995. Ia menyelesaikan pendidikan Ahli Madya Kebidanan (A.Md.Keb.) pada tahun 2016 di Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, kemudian melanjutkan studi Diploma IV Kebidanan di Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta dan meraih gelar Sarjana Terapan Kebidanan (S.Tr.Keb.) pada tahun 2018. Gelar *Magister Public Health* (M.P.H.) diperoleh dari Universitas Gadjah Mada (UGM) pada tahun 2022. Sejak tahun 2024, Dewi bergabung sebagai dosen tetap di Program Studi Diploma III Kebidanan, Akademi Kebidanan Murung Raya, dan saat ini menjabat sebagai Ketua Program Studi. Dalam pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi, ia aktif dalam kegiatan pengajaran, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, khususnya di bidang kesehatan ibu dan anak serta kesehatan reproduksi.

Dewi juga aktif berkontribusi dalam penulisan artikel ilmiah dan buku ajar kebidanan. Untuk informasi lebih lanjut atau komunikasi, penulis dapat dihubungi melalui email: dewinuranita262@gmail.com

PROFIL PENULIS

Harlyanti Muthma'innah Mashar, M.Sc, lahir di Kendari pada 27 Juli 1992. Harlyanti menyelesaikan Pendidikan Sarjana Farmasi di Universitas Muslim Indonesia pada tahun 2014, dan Magister Ilmu Farmasi pada peminatan Obat Bahan Alam di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2016. Harlyanti tercatat sebagai dosen di Poltekkes Kemenkes Palangka Raya sejak tahun 2018. Harlyanti aktif dalam kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Mata Kuliah yang diajarkan antara lain Imunologi Gizi, Interaksi Obat dan Makanan, Mikrobiologi Pangan, Kimia Pangan, dan Biokimia Gizi. Beberapa penelitian bidang obat bahan alam dan gizi telah dipublikasikan, baik di Jurnal Nasional maupun Internasional. Hasil pengabdian kepada masyarakat juga telah dipublikasikan pada Jurnal Nasional. Sejak tahun 2023, Harlyanti telah menyelesaikan 4 buku bertema kesehatan. Untuk komunikasi lebih lanjut, penulis dapat dihubungi melalui email: harlyanti@polkesraya.ac.id. Akhir kata, semoga buku ini memberikan manfaat bagi pembaca.

Sinopsis

Buku Ajar Imunologi Gizi merupakan sumber pembelajaran komprehensif yang membahas hubungan mendalam antara zat gizi dan sistem imun manusia. Buku ini diawali dengan pembahasan tentang peran zat gizi makro dan mikro terhadap sistem imun, serta bagaimana metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein berkontribusi terhadap sintesis dan fungsi molekul imun. Selain itu, dibahas pula dampak dari kondisi kelebihan dan kekurangan gizi terhadap sistem imun tubuh, memberikan pemahaman menyeluruh mengenai pentingnya keseimbangan nutrisi dalam menjaga imunitas optimal.

Bab selanjutnya mengangkat topik gizi dan imunitas pada individu dengan HIV/AIDS, suatu kondisi imunokompromais yang sangat dipengaruhi oleh status gizi. Buku ini menjelaskan secara detail patofisiologi HIV/AIDS, hubungan status gizi dengan progresivitas penyakit, serta kebutuhan nutrisi spesifik yang harus dipenuhi selama terapi antiretroviral (ART). Pedoman intervensi gizi praktis dan evaluasi efektivitasnya turut disajikan, agar pembaca mampu menerapkan pengetahuan gizi secara langsung dalam konteks klinis yang kompleks dan dinamis.

Bab terakhir membahas peran gizi dalam konteks penyakit autoimun, mengulas konsep dasar patogenesis autoimun dan kontribusi zat gizi makro maupun mikro dalam regulasi sistem imun adaptif dan imun bawaan. Buku ini juga menyajikan pembahasan mengenai pola diet dan risiko timbulnya penyakit autoimun, serta strategi intervensi gizi yang berbasis bukti ilmiah. Dengan pendekatan teoritis dan praktis yang seimbang, buku ini menjadi referensi penting bagi mahasiswa, dosen, serta tenaga kesehatan dalam memahami dan mengelola isu-isu gizi dalam kaitannya dengan imunologi secara ilmiah dan aplikatif.

Buku Ajar Imunologi Gizi merupakan sumber pembelajaran komprehensif yang membahas hubungan mendalam antara zat gizi dan sistem imun manusia. Buku ini diawali dengan pembahasan tentang peran zat gizi makro dan mikro terhadap sistem imun, serta bagaimana metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein berkontribusi terhadap sintesis dan fungsi molekul imun. Selain itu, dibahas pula dampak dari kondisi kelebihan dan kekurangan gizi terhadap sistem imun tubuh, memberikan pemahaman menyeluruh mengenai pentingnya keseimbangan nutrisi dalam menjaga imunitas optimal.

Bab selanjutnya mengangkat topik gizi dan imunitas pada individu dengan HIV/AIDS, suatu kondisi imunokompromais yang sangat dipengaruhi oleh status gizi. Buku ini menjelaskan secara detail patofisiologi HIV/AIDS, hubungan status gizi dengan progresivitas penyakit, serta kebutuhan nutrisi spesifik yang harus dipenuhi selama terapi antiretroviral (ART). Pedoman intervensi gizi praktis dan evaluasi efektivitasnya turut disajikan, agar pembaca mampu menerapkan pengetahuan gizi secara langsung dalam konteks klinis yang kompleks dan dinamis.

Bab terakhir membahas peran gizi dalam konteks penyakit autoimun, mengulas konsep dasar patogenesis autoimun dan kontribusi zat gizi makro maupun mikro dalam regulasi sistem imun adaptif dan imun bawaan. Buku ini juga menyajikan pembahasan mengenai pola diet dan risiko timbulnya penyakit autoimun, serta strategi intervensi gizi yang berbasis bukti ilmiah. Dengan pendekatan teoritis dan praktis yang seimbang, buku ini menjadi referensi penting bagi mahasiswa, dosen, serta tenaga kesehatan dalam memahami dan mengelola isu-isu gizi dalam kaitannya dengan imunologi secara ilmiah dan aplikatif.

Penerbit:
PT Optimal Untuk Negeri
Kencana Tower Lt. Mezzanine
Jl. Raya Meruya Ilir No. 88
RT. 001 RW. 005, Kel. Meruya Utara, Kec. Kembangan
Jakarta Barat, DKI Jakarta

ISBN 978-634-7294-48-7