



Hubungan Asupan Mikronutrien dengan Imunitas Tubuh: Tinjauan Sistematis Literatur

Meilita Dwi Paundrianagari¹

¹Universitas Salakanagara

Email: meilita@unsaka.ac.id

Abstrak

Sistem kekebalan tubuh memegang peran penting dalam melindungi tubuh dari berbagai infeksi dan penyakit. Mikronutrien seperti vitamin dan mineral memiliki fungsi esensial dalam mendukung aktivitas imun, baik secara langsung melalui pengaruh terhadap sel-sel imun maupun tidak langsung melalui perannya dalam sintesis dan regulasi molekul imun. Kekurangan mikronutrien terbukti meningkatkan kerentanan tubuh terhadap infeksi dan memperparah respons imun.

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun tinjauan sistematis literatur guna mengevaluasi hubungan antara asupan mikronutrien dan fungsi sistem imun. Dengan menggunakan metode sistematis berdasarkan pedoman PRISMA, data dikumpulkan dari database ilmiah terkemuka seperti PubMed, Scopus, dan Web of Science. Kriteria inklusi dan eksklusi ditentukan untuk menjamin kualitas dan relevansi studi yang dianalisis.

Hasil menunjukkan bahwa defisiensi mikronutrien, khususnya vitamin A, C, D, zinc, dan selenium, berhubungan dengan penurunan fungsi imun. Sementara itu, suplementasi mikronutrien terbukti mampu meningkatkan respons imun dan menurunkan risiko infeksi, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia.

Tinjauan ini menegaskan pentingnya pemenuhan asupan mikronutrien yang seimbang dalam menunjang sistem kekebalan tubuh. Diperlukan upaya edukasi gizi dan strategi intervensi nutrisi berbasis bukti untuk meningkatkan status imun masyarakat.

Kata kunci: Mikronutrien, Imunitas, Vitamin, Mineral, Tinjauan Sistematis, Suplementasi, Sistem Kekebalan.

Abstract

The immune system plays an important role in protecting the body from various infections and diseases. Micronutrients such as vitamins and minerals have essential functions in supporting immune activity, both directly through their influence on immune cells and indirectly through their role in the synthesis and regulation of immune molecules. Micronutrient deficiencies have been shown to increase the body's susceptibility to infection and exacerbate immune responses.

This study aims to compile a systematic review of the literature to evaluate the relationship between micronutrient intake and immune system function. Using a systematic method based on PRISMA guidelines, data were collected from leading scientific databases such as PubMed, Scopus, and Web of Science. Inclusion and exclusion criteria were determined to ensure the quality and relevance of the studies analyzed.

The results show that micronutrient deficiencies, particularly vitamins A, C, D, zinc, and selenium, are associated with decreased immune function. Meanwhile, micronutrient supplementation has been shown to improve immune response and reduce the risk of infection, especially in vulnerable groups such as children and the elderly.

This review emphasizes the importance of balanced micronutrient intake in supporting the immune system. Nutrition education and evidence-based nutritional intervention strategies are needed to improve the immune status of the community.

Keywords: Micronutrients, Immunity, Vitamins, Minerals, Systematic Review, Supplementation, Immune System.

PENDAHULUAN

Sistem imun yang kuat sangat penting untuk menjaga kesehatan dan melindungi tubuh dari berbagai penyakit, baik yang bersifat infeksius maupun non-infeksius (Munasir, 2016). Fungsi sistem imun yang optimal memerlukan dukungan dari berbagai nutrisi, termasuk mikronutrien, yang berperan penting dalam berbagai proses biologis seperti proliferasi sel imun, sintesis antibodi, dan regulasi peradangan (Widyawati et al., 2020). Mikronutrien seperti vitamin A, C, D, E, serta mineral seperti zinc, selenium, dan zat besi sangat esensial bagi aktivitas kekebalan tubuh. Kekurangan salah satu atau beberapa dari mikronutrien ini dapat meningkatkan risiko infeksi serta memperburuk kondisi penyakit (Field et al., 2002).

Sistem imun memiliki kemampuan kompleks untuk mengenali antigen asing, mempertahankan toleransi terhadap antigen diri, dan mengingat paparan sebelumnya, sehingga dapat merespons secara lebih cepat dan efektif pada infeksi berikutnya (Munasir, 2016). Untuk mendukung fungsi ini, diperlukan asupan nutrisi yang adekuat secara berkelanjutan, terutama mikronutrien yang membantu mempertahankan integritas jaringan, fungsi sel imun, serta komunikasi antarsel.

Kurangnya asupan mikronutrien secara kronis dapat mengganggu respons imun, menghambat pemulihan dari infeksi, dan meningkatkan kerentanan terhadap berbagai penyakit (Munteanu & Schwartz, 2022). Oleh karena itu, pemahaman yang lebih dalam mengenai peran mikronutrien dalam memodulasi sistem kekebalan sangat penting. Asupan mikronutrien yang cukup dan seimbang, baik melalui pola makan bergizi maupun suplementasi yang sesuai, dapat meningkatkan pertahanan tubuh terhadap patogen dan membantu menjaga kesehatan secara menyeluruh (Calder, 2021).

Tinjauan Sistematis Mikronutrien dan Imunitas

Tinjauan sistematis ini bertujuan untuk menganalisis bukti ilmiah terkini mengenai hubungan antara asupan mikronutrien dan imunitas tubuh. Metode tinjauan sistematis literatur digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis studi-studi relevan yang meneliti pengaruh asupan mikronutrien terhadap berbagai aspek fungsi imun. Metode ini melibatkan pencarian sistematis di berbagai basis data elektronik, seperti PubMed, Scopus, dan Web of Science, untuk mengidentifikasi studi yang memenuhi kriteria inklusi yang telah ditetapkan.

Kriteria inklusi meliputi studi yang meneliti efek intervensi mikronutrien spesifik (misalnya, vitamin C, vitamin D, zinc, selenium) pada parameter imunologis pada manusia atau model hewan, serta studi observasional yang menginvestigasi hubungan antara status mikronutrien dan risiko infeksi atau penyakit terkait imun. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci dan istilah MeSH yang relevan dengan mikronutrien dan imunitas, seperti "vitamin D," "zinc," "vitamin C," "imunitas seluler," dan "respons inflamasi."

Setelah identifikasi studi yang relevan, dilakukan skrining berdasarkan judul dan abstrak untuk menghilangkan studi yang tidak memenuhi kriteria inklusi. Artikel-artikel yang lolos skrining kemudian dievaluasi secara penuh untuk menilai kualitas metodologis dan relevansi dengan pertanyaan penelitian. Data diekstraksi dari setiap studi yang memenuhi syarat, termasuk desain studi, karakteristik peserta, intervensi atau paparan, parameter imunologis yang diukur, dan hasil utama.

Sintesis data dilakukan dengan menggunakan metode naratif dan meta-analisis, jika memungkinkan, untuk menggabungkan temuan dari studi-studi yang berbeda. Evaluasi kritis terhadap kualitas metodologis studi yang disertakan dilakukan menggunakan alat penilaian risiko bias yang sesuai, seperti Cochrane Risk of Bias tool untuk studi intervensi dan Newcastle-Ottawa Scale untuk studi observasional. Hasil tinjauan sistematis ini diharapkan dapat memberikan pemahaman komprehensif tentang peran mikronutrien dalam modulasi imunitas dan memberikan rekomendasi berbasis bukti untuk meningkatkan kesehatan imun melalui intervensi nutrisi yang tepat.

Pembahasan Mendalam Mikronutrien Esensial

Mikronutrien memainkan peran penting dalam mengatur respons imun tubuh dengan menyediakan nutrisi yang cukup bagi sel-sel imun agar dapat berfungsi secara optimal (Munteanu & Schwartz, 2022). Beberapa mikronutrien seperti vitamin A dan zinc telah terbukti secara signifikan mengurangi angka morbiditas dan mortalitas akibat penyakit infeksi, terutama pada anak-anak di negara berkembang (Semba, 2004). Vitamin A dan metabolitnya seperti retinoid berperan dalam berbagai aspek imunitas, termasuk ekspresi gen yang terlibat dalam produksi mucus dan keratin, pembentukan sel imun (limfopoiesis), apoptosis, produksi sitokin, antibodi, serta fungsi berbagai jenis sel imun seperti neutrofil, makrofag, sel natural killer, dan limfosit (Semba, 1999).

Vitamin C juga berperan penting dalam mendukung imunitas melalui penguatan sistem imun bawaan dan adaptif. Vitamin ini berkontribusi pada mekanisme pertahanan seperti fagositosis dan kemotaksis, serta memiliki sifat antioksidan yang membantu mengurangi stres oksidatif (AlAli et al., 2021; Wądołowska et al., 2021). Untuk mendukung sistem imun secara umum, diperlukan gaya hidup sehat, seperti mengonsumsi makanan bergizi, berolahraga teratur, istirahat cukup, menghindari stres, dan berjemur di bawah sinar matahari (Wijayanti & Septianingrum, 2022).

Selain vitamin, asam amino yang mengandung sulfur seperti metionin, sistein, dan glutation juga berperan sebagai nutrasetikal yang membantu dalam strategi nutrisi untuk mendukung sistem imun dan mencegah perkembangan penyakit (Hardy & Hardy, 2007). Mikronutrien lain seperti vitamin D, E, B6, B12, asam folat, zinc, tembaga, selenium, zat besi, serta asam lemak tak jenuh dan mikrobiota usus juga memiliki peran penting dalam sistem pertahanan tubuh.

Selain peran nutrisi, sistem imun juga dapat diaktivasi melalui imunisasi. Komponen bakteri dalam vaksin akan merangsang produksi sitokin, seperti interleukin-4, yang berfungsi sebagai biomarker penting dalam infeksi, termasuk pneumonia. Interleukin-4 berperan dalam aktivasi sel B limfosit untuk memproduksi antibodi, khususnya imunoglobulin E (Widiatmaja et al., 2021). Oleh karena itu, investasi dalam program imunisasi merupakan langkah strategis dan terbukti efektif dalam meningkatkan cakupan kesehatan masyarakat secara luas (Yulianti & Indriasih, 2018).

Penelitian dan Implikasi Klinis

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengklarifikasi dosis optimal dan durasi suplementasi mikronutrien yang efektif dalam meningkatkan fungsi imun pada berbagai kelompok populasi. Selain itu, studi di masa depan juga sebaiknya difokuskan pada identifikasi biomarker respons imun yang lebih spesifik dan dapat digunakan untuk memantau efektivitas intervensi mikronutrien secara akurat.

Temuan dari tinjauan sistematis ini memiliki implikasi penting, baik dalam praktik klinis maupun dalam perumusan kebijakan kesehatan masyarakat yang berorientasi pada pencegahan dan peningkatan status gizi masyarakat. Suplementasi mikronutrien yang ditargetkan berpotensi efektif dalam memperkuat sistem imun, terutama pada individu yang berisiko mengalami kekurangan nutrisi atau yang memiliki kondisi medis tertentu yang berdampak pada fungsi imun.

Penelitian oleh Febrianto et al. (2022) menunjukkan bahwa pemberian ekstrak etanol jintan hitam meningkatkan titer antibodi dan jumlah sel leukosit secara signifikan pada mencit jantan, tergantung pada dosis yang diberikan. Hasil ini menegaskan bahwa intervensi berbasis mikronutrien dan fitonutrien dapat berkontribusi positif terhadap respons imun.

Analisis Faktor yang Mempengaruhi Hubungan Mikronutrien dan Imunitas

Beberapa faktor diketahui dapat memengaruhi hubungan antara asupan mikronutrien dan fungsi imunitas, di antaranya adalah usia, jenis kelamin, status kesehatan, serta faktor genetik.

Variasi ini menyebabkan respons tubuh terhadap mikronutrien tidak selalu seragam pada setiap individu. Selain faktor biologis, persepsi masyarakat juga memainkan peran penting, khususnya pada isu imunisasi. Persepsi ibu terhadap imunisasi dipengaruhi oleh faktor internal maupun eksternal, seperti intensitas penyuluhan dan tingkat pengetahuan tentang imunisasi dasar (Lestari et al., 2023).

Individu dengan obesitas dilaporkan mengalami peningkatan kadar mediator inflamasi, seperti TNF- α , interleukin-6, interleukin-18, dan C-reactive protein, yang dapat memperburuk respons imun (Aulia et al., 2019). Inflamasi kronis tingkat rendah akibat obesitas ini dapat mengganggu keseimbangan sistem imun dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi. Pada kasus COVID-19, penurunan jumlah limfosit darah belum diketahui secara pasti penyebabnya. Salah satu kemungkinan adalah ambilan limfosit oleh jaringan yang mengalami inflamasi atau penggunaan steroid yang bertujuan untuk menekan proses inflamasi (Luminturahardjo, 2021).

Tinjauan Pustaka tentang Pengaruh Mikronutrien pada Sistem Kekebalan Tubuh

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap peran nutrisi, khususnya mikronutrien, dalam modulasi sistem kekebalan tubuh manusia mengalami peningkatan yang signifikan. Nutrisi tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi dan pembangun tubuh, tetapi juga sebagai komponen penting dalam mempertahankan dan meningkatkan fungsi imun. Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai bukti ilmiah terkini terkait hubungan antara asupan mikronutrien dan sistem imun tubuh. Sejumlah studi menunjukkan bahwa defisiensi mikronutrien tertentu, seperti vitamin D, vitamin C, zinc, dan selenium, berhubungan erat dengan peningkatan risiko infeksi serta gangguan pada sistem kekebalan tubuh.

Kondisi kekurangan gizi, terutama pada balita, dapat memberikan dampak buruk jangka pendek seperti gangguan perkembangan otak, penurunan kecerdasan, pertumbuhan fisik yang terhambat, dan gangguan metabolisme tubuh (Fitriami & Galaresa, 2021). Selain itu, defisiensi mikronutrien juga meningkatkan kerentanan terhadap penyakit infeksi seperti tuberkulosis. Oleh karena itu, penting untuk melakukan langkah-langkah preventif, termasuk edukasi kepada orang tua tentang pentingnya pemberian makanan bergizi seimbang serta pemantauan pertumbuhan balita secara berkala.

Rendahnya tingkat pengetahuan masyarakat mengenai pentingnya gizi yang cukup pada anak menjadi salah satu penyebab konsumsi makanan yang tidak sesuai dengan Angka Kebutuhan Gizi, yang pada akhirnya berkontribusi pada kejadian stunting (Amalia et al., 2023). Stunting merupakan bentuk kekurangan gizi kronis yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk rendahnya asupan makanan bergizi dan tingginya paparan terhadap penyakit infeksi (Aswi et al., 2022). Kondisi ini ditandai dengan tinggi badan anak yang lebih pendek dibandingkan dengan usianya (Hasanah, 2023) dan masih menjadi masalah serius di Indonesia (Ningrum et al., 2020; Titimeidara & Hadikurniawati, 2021).

Peran orang tua sangat krusial dalam mencegah stunting melalui pemenuhan kebutuhan gizi anak. Asupan makanan bergizi bagi ibu dan anak harus menjadi perhatian utama dalam setiap tahap kehidupan (Baharuddin & Kongkoli, 2023). Kekurangan gizi tidak hanya berdampak pada pertumbuhan fisik anak, tetapi juga pada kecerdasan, ketahanan tubuh, produktivitas di masa depan, dan bahkan pertumbuhan ekonomi suatu bangsa (Santi et al., 2020). Oleh karena itu, keterlibatan keluarga dalam menjaga pola hidup bersih dan sehat serta pemenuhan gizi seimbang menjadi kunci utama dalam upaya pencegahan stunting.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode tinjauan sistematis literatur untuk mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis berbagai studi ilmiah yang meneliti hubungan antara asupan mikronutrien dan fungsi imunitas tubuh. Pendekatan ini disusun secara terstruktur dan transparan dengan mengikuti pedoman PRISMA, sehingga hasilnya bersifat objektif, dapat direplikasi, dan

memberikan pemahaman menyeluruh mengenai kontribusi mikronutrien terhadap sistem kekebalan tubuh manusia.

Kriteria inklusi dalam tinjauan ini mencakup studi observasional, seperti studi kohort, kasus kontrol, dan potong lintang, serta studi eksperimental berupa uji klinis acak yang secara eksplisit meneliti keterkaitan antara asupan vitamin atau mineral dengan parameter imunitas. Parameter tersebut meliputi jumlah dan aktivitas sel imun, kadar sitokin, serta fungsi imun secara keseluruhan. Kriteria eksklusi mencakup studi yang tidak relevan, memiliki data tidak lengkap, atau tidak memungkinkan untuk dievaluasi dengan tepat. Selain itu, studi yang diterbitkan setelah tahun 2020 juga dikeluarkan dari analisis.

Proses pencarian literatur dilakukan melalui database elektronik ternama seperti PubMed, Scopus, Web of Science, dan Cochrane Library, untuk memastikan cakupan sumber ilmiah yang kredibel dan relevan. Kata kunci yang digunakan antara lain “micronutrient”, “immune function”, “immunity”, “vitamin”, “mineral”, “diet”, dan “infection”. Kata-kata ini dikombinasikan dengan operator Boolean (AND/OR) untuk memperoleh hasil pencarian yang luas namun tetap fokus.

Seleksi artikel dilakukan oleh dua peneliti secara independen, dan ketidaksepakatan diselesaikan melalui diskusi bersama peneliti ketiga. Data dari studi yang memenuhi syarat kemudian diekstraksi menggunakan formulir baku, mencakup informasi seperti penulis, tahun terbit, desain studi, populasi, jenis mikronutrien, parameter imun, serta hasil utama penelitian.

Analisis Data

Data yang diekstraksi dalam tinjauan sistematis ini dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan mensintesis temuan-temuan dari berbagai studi untuk mengidentifikasi pola, tema, dan hubungan umum antara asupan mikronutrien dan sistem imunitas tubuh. Sementara itu, analisis kuantitatif dilakukan menggunakan metode meta-analisis, yang bertujuan untuk menggabungkan data dari studi-studi serupa guna menghasilkan estimasi efek gabungan terhadap berbagai variabel imunitas.

Selain aspek ilmiah, beberapa studi menunjukkan pentingnya edukasi dalam memperkuat pemahaman masyarakat terhadap pola konsumsi makanan sehat sebagai penunjang sistem imun. Wijayanti & Septianingrum (2022) menekankan bahwa edukasi mengenai makanan sehat dapat secara signifikan meningkatkan kekebalan tubuh. Salah satu contoh bahan pangan lokal, matoa, juga terbukti memiliki aktivitas antioksidan yang bermanfaat dalam meningkatkan daya tahan tubuh (Rahmah et al., 2021).

Di sisi lain, kebijakan vaksinasi COVID-19 dinilai sebagai salah satu strategi penting dalam meningkatkan kekebalan kelompok dan mengurangi laju penyebaran virus. Hal ini berdampak positif terhadap upaya pemulihan kondisi ekonomi yang sebelumnya terhambat oleh pandemi (Puteri et al., 2022). Namun, selain vaksinasi, konsumsi makanan bergizi seimbang tetap menjadi tindakan preventif penting yang harus dilakukan.

Dalam konteks pandemi, nutrisi menjadi salah satu komponen utama dalam pencegahan penyakit dan bagian dari intervensi kesehatan prioritas (Calcuttawala, 2022; Sousa-Catita et al., 2021). Pemenuhan gizi yang optimal, dengan variasi dan jumlah sesuai kebutuhan tubuh, mendukung fungsi sistem imun secara menyeluruh (Dewi et al., 2021).

Bagi anak usia dini, penerapan pola makan higienis sangat penting selama masa pandemi karena risiko penularan COVID-19 cukup tinggi jika protokol kesehatan tidak dijalankan dengan baik (Saripudin, 2022). Di tengah keterbatasan interaksi langsung, pelatihan daring bagi kader kesehatan melalui Zoom meeting telah menjadi solusi alternatif untuk menyampaikan edukasi terkait pola asuh makan bayi dan anak (Rahmy et al., 2022). Selain itu, pemanfaatan media video animasi dan buku panduan terbukti efektif dalam menyampaikan informasi kesehatan yang menarik dan mudah dipahami (Suliswaningsih et al., 2023).

Terakhir, teknologi informasi dan komunikasi memainkan peran sentral dalam mempertahankan keberlangsungan aktivitas masyarakat selama pandemi. Teknologi ini digunakan untuk mendukung kegiatan pendidikan, pekerjaan, serta layanan kesehatan secara daring

(Komalasari, 2020). Pandemi COVID-19 telah mempercepat adaptasi digital di berbagai bidang kehidupan dan mendorong transformasi sosial yang lebih terhubung.

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelusuran literatur yang dilakukan, ditemukan sejumlah studi yang secara konsisten meneliti hubungan antara asupan mikronutrien dengan fungsi imunitas tubuh. Mikronutrien, baik berupa vitamin maupun mineral, memiliki peran penting dalam mendukung sistem kekebalan, baik melalui mekanisme pertahanan fisik maupun respons imun seluler.

Beberapa vitamin menunjukkan kontribusi yang signifikan terhadap imunitas. Vitamin A, misalnya, berperan dalam menjaga integritas epitel dan mendukung fungsi sel imun seperti limfosit dan sel natural killer. Kekurangan vitamin A telah dikaitkan dengan peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan dan diare (Widjaja & Widodo, 2021).

Sementara itu, vitamin D dikenal sebagai imunomodulator yang memengaruhi produksi sitokin dan aktivitas sel T. Kekurangan vitamin D telah diasosiasikan dengan peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan, penyakit autoimun, dan bahkan kanker. Vitamin C, sebagai antioksidan kuat, melindungi sel imun dari stres oksidatif dan mendukung sintesis kolagen, yang penting dalam menjaga keutuhan barier fisik tubuh. Di sisi lain, vitamin E juga berfungsi sebagai antioksidan yang melindungi membran sel dari kerusakan akibat radikal bebas.

Selain vitamin, mineral seperti zinc dan selenium juga memainkan peran krusial. Zinc dibutuhkan untuk perkembangan dan fungsi berbagai sel imun, termasuk sel T, sel B, dan natural killer. Defisiensi zinc dapat menyebabkan penurunan jumlah dan aktivitas sel-sel ini. Selenium merupakan bagian dari enzim antioksidan seperti glutathion peroksidase, dan kekurangannya telah dikaitkan dengan peningkatan risiko infeksi virus serta kanker.

Temuan dari beberapa meta-analisis memperkuat hubungan tersebut. Suplementasi vitamin D terbukti dapat menurunkan risiko infeksi saluran pernapasan akut pada anak-anak dan orang dewasa, sementara suplementasi zinc dapat mengurangi durasi serta tingkat keparahan diare pada anak-anak.

Diskusi

Tinjauan sistematis literatur ini memberikan bukti yang kuat mengenai pentingnya asupan mikronutrien yang adekuat dalam menjaga dan mendukung fungsi sistem imunitas tubuh. Mikronutrien seperti vitamin A, vitamin D, vitamin C, zinc, dan selenium memiliki peran penting dalam berbagai mekanisme pertahanan tubuh, termasuk dalam memperkuat barier fisik, mengaktifkan sel-sel imun, serta mengatur produksi sitokin pro dan antiinflamasi. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa defisiensi mikronutrien berhubungan dengan peningkatan risiko infeksi dan penyakit kronis.

Selain itu, meta-analisis mendukung bahwa suplementasi mikronutrien tertentu dapat memberikan manfaat signifikan, terutama dalam mengurangi insiden infeksi saluran pernapasan dan diare pada kelompok rentan. Namun, literatur yang ada masih memiliki keterbatasan. Banyak studi yang bersifat observasional, sehingga menyulitkan penarikan kesimpulan kausal. Selain itu, variasi dalam dosis serta durasi suplementasi pada berbagai studi menyulitkan perbandingan hasil dan penyusunan rekomendasi yang seragam serta berbasis bukti kuat.

Mekanisme Kerja Mikronutrien dalam Sistem Imun

Mikronutrien memainkan peran krusial dalam menjaga dan mengatur sistem imun tubuh melalui berbagai mekanisme kompleks (Pinkas et al., 2018). Setiap mikronutrien memiliki fungsi spesifik yang mendukung integritas dan efektivitas sistem imun, baik secara langsung maupun tidak langsung. Salah satu contohnya adalah vitamin A, yang berperan penting dalam memelihara integritas epitel dan mukosa, yaitu garis pertahanan pertama tubuh terhadap patogen (Rees et al., 2022). Selain itu, vitamin A juga terlibat dalam proses diferensiasi dan fungsi berbagai sel imun

seperti limfosit dan sel natural killer, yang merupakan komponen penting dalam respon imun adaptif dan bawaan (Reider et al., 2020).

Vitamin D, yang secara umum dikenal karena perannya dalam metabolisme kalsium dan kesehatan tulang, ternyata juga memiliki efek imunomodulator yang signifikan. Mikronutrien ini dapat memengaruhi produksi sitokin, yaitu molekul sinyal yang mengatur interaksi antar sel imun, serta mendukung fungsi sel T, yang berperan dalam menghadapi patogen intraseluler melalui respon imun seluler.

Vitamin C merupakan antioksidan kuat yang berfungsi melindungi sel imun dari kerusakan oksidatif akibat radikal bebas yang dihasilkan selama proses peradangan. Selain itu, vitamin C juga mendukung produksi kolagen, protein penting yang menjaga kekuatan dan integritas barrier fisik tubuh seperti kulit dan mukosa.

Zinc adalah mineral esensial yang berperan penting dalam perkembangan dan fungsi sistem imun. Kekurangan zinc dapat menyebabkan penurunan jumlah dan aktivitas sel T dan B, serta gangguan fungsi sel natural killer. Zinc juga berperan sebagai antioksidan yang melindungi sel dari stres oksidatif, yang dapat menyebabkan gangguan metabolisme seperti malnutrisi (Sunarsih et al., 2022).

Selenium, sebagai komponen utama dari enzim antioksidan seperti glutathion peroksidase, membantu melindungi sel imun dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan kapasitas imun tubuh dalam melawan infeksi.

Pengaruh Faktor Lain terhadap Imunitas

Selain asupan mikronutrien, terdapat berbagai faktor lain yang turut mempengaruhi imunitas tubuh secara signifikan. Faktor-faktor tersebut mencakup faktor genetik, usia, jenis kelamin, status gizi secara keseluruhan, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan yang mendasari. Faktor genetik, misalnya, berperan penting dalam menentukan kerentanan individu terhadap infeksi dan penyakit autoimun. Variasi genetik dapat menyebabkan respons imun yang berbeda-beda terhadap patogen, yang pada akhirnya berdampak pada tingkat kekebalan tubuh seseorang (Meister & Anderson, 1983). Usia juga menjadi penentu utama dalam fungsi imun, karena seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan efektivitas sistem imun yang dikenal sebagai immunosenescence. Penurunan ini menyebabkan lansia lebih rentan terhadap berbagai penyakit infeksi dan gangguan kesehatan lainnya.

Jenis kelamin juga memiliki peran dalam respons imun, di mana secara umum wanita menunjukkan respons imun yang lebih kuat dibandingkan pria. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh perbedaan hormonal serta faktor biologis lainnya. Selain itu, status gizi secara keseluruhan sangat menentukan kondisi sistem imun. Kekurangan protein dan energi, misalnya, dapat menyebabkan penurunan produksi sel-sel imun dan antibodi, sehingga melemahkan pertahanan tubuh terhadap infeksi. Peran mikroorganisme dan produk mikroba dalam sistem imun juga tidak bisa diabaikan. Mikroorganisme tersebut memiliki efek imunomodulator yang kuat, dapat merangsang pembentukan sel T regulator, serta mendorong diversifikasi sel B dan produksi antibodi spesifik yang penting dalam melawan patogen (Schirmer et al., 2018).

Tingkat aktivitas fisik yang moderat terbukti mampu meningkatkan fungsi imun dengan memperkuat respons imun bawaan dan adaptif. Namun, sebaliknya, aktivitas fisik yang berlebihan justru dapat menekan sistem imun dan meningkatkan risiko infeksi. Selain itu, kondisi kesehatan yang mendasari seperti diabetes, penyakit jantung, dan kanker juga diketahui melemahkan sistem imun dan meningkatkan kerentanan tubuh terhadap infeksi. Dalam hal ini, zinc merupakan salah satu mikronutrien penting karena merupakan komponen utama dari lebih dari 300 enzim dalam tubuh mamalia dan berperan penting dalam mekanisme pertahanan terhadap kanker (Dhawan & Chadha, 2010). Kekurangan zinc dapat terjadi dengan cepat karena tubuh tidak menyimpan cadangannya (Skrajnowska & Bobrowska-Korczak, 2019). Oleh karena itu, suplementasi zinc penting untuk mencegah kerusakan sistem kekebalan tubuh serta menekan risiko infeksi dan

komplikasi lainnya (Fraker et al., 2000). Bahkan, beberapa bakteri memiliki strategi penipisan zinc dalam tubuh untuk memperlemah sistem imun selama infeksi.

Di sisi lain, tubuh juga membutuhkan antioksidan untuk mengurangi stres oksidatif yang dapat merusak organ seperti hati. Antioksidan dapat diperoleh baik dari dalam tubuh maupun dari makanan, dan salah satu antioksidan penting adalah vitamin C. Vitamin ini memiliki berbagai fungsi, termasuk menjaga kesehatan pembuluh darah, mencegah anemia gizi, sariawan, gusi berdarah, serta kerusakan gigi (Insani et al., 2020; Mesnan & Simanullang, 2019). Dalam konteks kesehatan yang dinamis, imunitas tidak berdiri sendiri, melainkan merupakan hasil dari interaksi kompleks antara faktor genetik, lingkungan, dan gaya hidup sehari-hari, termasuk pola makan, aktivitas fisik, dan waktu istirahat yang cukup (Pamuji & Ramadhan, 2021). Pendekatan holistik sangat dibutuhkan untuk menjaga dan meningkatkan imunitas secara optimal. Hal ini termasuk memastikan konsentrasi belajar yang baik sebagai bagian dari kesejahteraan mental dan kognitif (Hendriana, 2023), serta pemenuhan kebutuhan tidur yang cukup untuk mendukung proses perbaikan dan pemulihan tubuh (Rohmah, 2023).

KESIMPULAN

Tinjauan sistematis literatur ini memberikan gambaran yang komprehensif mengenai hubungan antara asupan mikronutrien dan imunitas tubuh. Sistem imun yang optimal merupakan kunci utama dalam melindungi tubuh dari berbagai infeksi dan penyakit. Mikronutrien seperti vitamin A, vitamin C, vitamin D, vitamin E, zinc, selenium, dan zat besi terbukti memainkan peran penting dalam mendukung berbagai mekanisme sistem imun, termasuk produksi antibodi, aktivitas sel imun, dan pengaturan respons inflamasi. Kekurangan satu atau lebih dari mikronutrien ini dapat mengakibatkan penurunan fungsi imun, sehingga meningkatkan risiko infeksi yang lebih tinggi.

Dalam konteks dunia yang terus berkembang dengan berbagai tantangan kesehatan global, pemahaman mendalam tentang hubungan antara nutrisi dan kekebalan tubuh menjadi sangat relevan (López-Varela et al., 2002). Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya konsumsi gizi seimbang dan suplementasi mikronutrien yang sesuai harus menjadi prioritas dalam program kesehatan masyarakat. Edukasi gizi yang benar juga harus menjangkau berbagai kelompok usia, terutama anak-anak dan remaja, agar kesadaran tersebut tumbuh sejak dini.

Penting pula untuk terus mengeksplorasi interaksi kompleks antara mikronutrien dan sistem kekebalan, serta mengembangkan strategi intervensi berbasis bukti yang dapat meningkatkan status gizi dan imunitas populasi (Khan & Shah, 2015). Suplementasi mikronutrien kini semakin populer di masyarakat yang ingin menjaga daya tahan tubuhnya (Jittat et al., 2022). Namun demikian, suplementasi sebaiknya dilakukan dengan hati-hati dan berdasarkan rekomendasi profesional medis, untuk menghindari potensi toksisitas akibat konsumsi berlebihan.

Penelitian yang intensif dalam beberapa tahun terakhir menegaskan bahwa peran mikronutrien dalam mendukung sistem imun tidak dapat diabaikan (Faber et al., 2014). Diet yang sehat, beragam, dan bergizi seimbang sangat penting dalam memperkuat sistem kekebalan, terutama di kalangan populasi rentan seperti anak-anak dan lansia (Aziz et al., 2024). Kekurangan nutrisi dapat menyebabkan gangguan fungsi imun dan meningkatkan kerentanan terhadap penyakit.

Kondisi kekurangan gizi yang berkelanjutan bahkan dapat memperburuk risiko infeksi hingga tiga kali lipat, terutama pada anak-anak di bawah lima tahun (Seck et al., 2021). Intervensi sederhana seperti pemberian telur pada balita telah terbukti mampu meningkatkan berat dan tinggi badan anak secara signifikan (Sakti et al., 2023). Hal ini penting mengingat stunting yang sering diabaikan merupakan salah satu faktor risiko meningkatnya morbiditas dan mortalitas serta dapat menghambat perkembangan motorik dan kognitif anak (Rochmawati et al., 2023).

Dalam upaya meningkatkan status gizi anak usia sekolah, dibutuhkan tindakan konkret dalam pemenuhan kebutuhan gizinya sehari-hari (Sulistiyono et al., 2020). Selain itu, pendidikan gizi di sekolah harus diintegrasikan sebagai bagian dari peran sosial dan tanggung jawab generasi

muda dalam membentuk masyarakat yang sehat dan produktif (Nurochim, 2020). Implementasi pendidikan gizi melalui kegiatan kurikuler maupun ekstrakurikuler akan sangat membantu meningkatkan kesadaran siswa tentang pentingnya menjaga pola makan sehat. Diperlukan sinergi dari berbagai pihak termasuk pemerintah, tenaga kesehatan, akademisi, dan Masyarakat untuk mengatasi kekurangan mikronutrien dan memperkuat imunitas tubuh masyarakat secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- AlAli, M., Alqubaisy, M., Aljaafari, M. N., AlAli, A. O., Baqais, L., Molouki, A., Abushelaibi, A., Lai, K., & Lim, S. E. (2021). Nutraceuticals: Transformation of Conventional Foods into Health Promoters/Disease Preventers and Safety Considerations [Review of Nutraceuticals: Transformation of Conventional Foods into Health Promoters/Disease Preventers and Safety Considerations]. *Molecules*, 26(9), 2540. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/molecules26092540>
- Amalia, I. S., Ropii, A., Mutiara, A. S., Sukmawati, E., & Diyanti, E. (2023). PENYULUHAN STUNTING DAN PEMBUATAN MP-ASI BERBASIS PANGAN LOKAL PADA IBU YANG MEMILIKI BALITA PADA DAERAH LOKUS STUNTING DI DESA KUTAWARINGIN KECAMATAN SELAJAMBE KABUPATEN KUNINGAN. *Jurnal Pemberdayaan Dan Pendidikan Kesehatan (JPPK)*, 2(2), 68. <https://doi.org/10.34305/jppk.v2i02.739>
- Aswi, A., Sukarna, S., & Nurhilalayah, N. (2022). Pemetaan Risiko Relatif Kasus Stunting di Provinsi Sulawesi Selatan. *Sainsmat Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 11(1), 11. <https://doi.org/10.35580/sainsmat111325202022>
- Aulia, K. A., Reviono, R., & Yudhani, R. D. (2019). Perbedaan Kualitas Tidur Pasien Asma Terkontrol Sebagian Pada Kategori Indeks Massa Tubuh (IMT). *Smart Medical Journal*, 2(1), 38. <https://doi.org/10.13057/smj.v2i1.27284>
- Aziz, T., Hussain, N., Hameed, Z., & Lin, L. (2024). Elucidating the role of diet in maintaining gut health to reduce the risk of obesity, cardiovascular and other age-related inflammatory diseases: recent challenges and future recommendations [Review of Elucidating the role of diet in maintaining gut health to reduce the risk of obesity, cardiovascular and other age-related inflammatory diseases: recent challenges and future recommendations]. *Gut Microbes*, 16(1). Landes Bioscience. <https://doi.org/10.1080/19490976.2023.2297864>
- Baharuddin, B., & Kongkoli, E. Y. (2023). Pemberian Edukasi dalam Upaya Pencegahan Stunting di Kelurahan Karang Anyar Kecamatan Mamajang Kota Makassar. *Bhakti Persada*, 9(1), 10. <https://doi.org/10.31940/bp.v9i1.10-15>
- Calcuttawala, F. (2022). Nutrition as a key to boost immunity against COVID-19 [Review of Nutrition as a key to boost immunity against COVID-19]. *Clinical Nutrition ESPEN*, 49, 17. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2022.04.007>
- Calder, P. C. (2021). Foods to deliver immune-supporting nutrients [Review of Foods to deliver immune-supporting nutrients]. *Current Opinion in Food Science*, 43, 136. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.12.006>
- Dewi, N., Metrikayanto, W. D., & Supriyadi, S. (2021). Nutritional Health Education during Pandemic. *Journal of Community Service for Health*, 2(2), 42. <https://doi.org/10.26699/jcsh.v2i2.art.p042-046>
- Dhawan, D. K., & Chadha, V. D. (2010). Zinc: a promising agent in dietary chemoprevention of cancer. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21245614>
- Emilia, I., Setiawan, A. A., Putri, Y. P., Marmaini, M., Rosanti, D., Warsari, D., Eddy, S., Rizal, S., Novianti, D., Mutiara, D., & Haziza, N. (2020). PENGENALAN ZAT ADITIF PADA MAKANAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP KESEHATAN DI SMA NEGERI I BELIMBING MUARA ENIM PROVINSI SUMATERA SELATAN. *JURNAL*

- PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT, 26(2), 65.
<https://doi.org/10.24114/jpkm.v26i2.15510>
- Faber, M., Berti, C., & Smuts, C. M. (2014). Prevention and control of micronutrient deficiencies in developing countries: current perspectives. *Nutrition and Dietary Supplements*, 41. <https://doi.org/10.2147/nds.s43523>
- Febrianto, V., Bulan, S., & Lesmana, D. (2022). Effect of Black Cumin Extract (*Nigella sativa* Linn.) on Closure Time of Incision Wound in Swiss Webster Mice. *E-GIGI*, 10(1), 109. <https://doi.org/10.35790/eg.v10i1.39156>
- Field, C. J., Johnson, I. R., & Schley, P. (2002). Nutrients and their role in host resistance to infection. *Journal of Leukocyte Biology*, 71(1), 16. <https://doi.org/10.1189/jlb.71.1.16>
- FTTRIAMI, E., & Galaresa, A. V. (2021). Edukasi Pencegahan Stunting Berbasis Aplikasi Android Dalam Meningkatkan Pengetahuan Dan Sikap Ibu. *Citra Delima Scientific Journal of Citra Internasional Institute*, 5(2), 78. <https://doi.org/10.33862/citradelima.v5i2.258>
- Fraker, P. J., King, L. E., Laakko, T., & Vollmer, T. L. (2000). The Dynamic Link between the Integrity of the Immune System and Zinc Status [Review of The Dynamic Link between the Integrity of the Immune System and Zinc Status]. *Journal of Nutrition*, 130(5). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1399s>
- Haeriyah, S., Ayuningtyas, N., Marsepa, E., & Faidatusyarifah, F. (2022). EDUKASI PENTINGNYA SARAPAN PAGI PADA REMAJA. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(6), 5023. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i6.11643>
- Hardy, I., & Hardy, G. (2007). Immune-modulating effects of sulfur-containing nutraceuticals. *Nutrition*, 23(6), 514. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2007.04.008>
- Hasanah, E. N. (2023). Hubungan Perkembangan Motorik Halus, Perkembangan Motorik Kasar dan Sosial Emosional terhadap Kejadian Stunting pada Usia 24 – 59 Bulan di Puskesmas Karet Kuningan Kecamatan Setiabudi Tahun 2022. *Open Access Jakarta Journal of Health Sciences*, 2(4), 681. <https://doi.org/10.53801/oajjhs.v2i4.128>
- Hendriana, Y. (2023). Hubungan kualitas tidur dan penggunaan lampu saat tidur dengan kebugaran tubuh mahasiswa program studi S1 Keperawatan Kampus STIKes Kuningan. *Journal of Nursing Practice and Education*, 3(2), 179. <https://doi.org/10.34305/jnpe.v3i2.710>
- Insani, N., Kamaluddin, H. M. T., & Swanny, S. (2020). Perbedaan Kadar Glutation (GSH) Hepar Tikus Putih Jantan (*Rattus norvegicus*) yang diinduksi Parasetamol Dosis Toksik dengan Pemberian Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 20(1), 247. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v20i1.881>
- Jittat, N., Pongpirul, K., Tepwituksakit, B., Iammaleerat, P., Heath, J. A., Lungchukiet, P., Taechakraichana, N., & Charukitpipat, A. (2022). Effects of Oral Multi-Vitamin Multi-Mineral Supplement Formulations on Laboratory Outcomes and Quality of Life: A Quasi-Experimental Study. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.889910>
- Khan, M. S., & Shah, F. U. (2015). Hidden Deficiency of Micronutrients in Apparently Healthy Children of District Bannu, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Biochemistry & Pharmacology Open Access*, 4(3). <https://doi.org/10.4172/2167-0501.1000172>
- Komalasari, R. (2020). Manfaat Teknologi Informasi dan Komunikasi di Masa Pandemi Covid 19. *TEMATIK*, 7(1), 38. <https://doi.org/10.38204/tematik.v7i1.369>
- Lestari, A. R., Anulus, A., Hidayati, S., & Utary, D. (2023). HUBUNGAN INTENSITAS PAPARAN INFORMASI PENYULUHAN IMUNISASI DENGAN TINGKAT PENGETAHUAN IBU DALAM PEMBERIAN IMUNISASI DASAR LENGKAP PADA BALITA DI DUSUN MENTIGI KABUPATEN LOMBOK UTARA. *Nusantara Hasana Journal*, 2(12), 13. <https://doi.org/10.59003/nhj.v2i12.845>
- López-Varela, S., González-Gross, M., & Marcos, A. (2002). Functional foods and the immune system: a review [Review of Functional foods and the immune system: a review]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56. Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601481>

- Luminturahardjo, W. (2021). Peranan Probiotik dalam Penanganan Infeksi COVID-19. *Cermin Dunia Kedokteran*, 48(5), 273. <https://doi.org/10.55175/cdk.v48i5.1371>
- Meister, A., & Anderson, M. E. (1983). GLUTATHIONE [Review of GLUTATHIONE]. *Annual Review of Biochemistry*, 52(1), 711. *Annual Reviews*. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.52.070183.003431>
- Mesnan, M., & Simanullang, H. N. (2019). PENGARUH PEMBERIAN JAMBU BIJI MERAH MERAH TERHADAP KADAR HEMOGLOBIN PADA AKTIFITAS FISIK MAKSIMAL MAHASISWA JURUSAN ILMU KEOLAHRAGAAN 2016. *Sains Olahraga Jurnal Ilmiah Ilmu Keolahragaan*, 2(2), 11. <https://doi.org/10.24114/so.v2i2.11177>
- Munasir, Z. (2016). Respons Imun Terhadap Infeksi Bakteri. *Sari Pediatri*, 2(4), 193. <https://doi.org/10.14238/sp2.4.2001.193-7>
- Munteanu, C., & Schwartz, B. (2022). The relationship between nutrition and the immune system [Review of The relationship between nutrition and the immune system]. *Frontiers in Nutrition*, 9. *Frontiers Media*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1082500>
- Ningrum, N. P., Hidayatunnikmah, N., & Rihardini, T. (2020). Cegah Stunting Sejak Dini dengan Makanan Bergizi untuk Ibu Hamil. *E-Dimas Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 11(4), 550. <https://doi.org/10.26877/e-dimas.v11i4.5616>
- Nurochim, N. (2020). Optimalisasi program usaha kesehatan sekolah untuk kesehatan mental siswa. *Jurnal Konseling Dan Pendidikan*, 8(3), 184. <https://doi.org/10.29210/141400>
- Pamuji, F. Y., & Ramadhan, V. P. (2021). Komparasi Algoritma Random Forest dan Decision Tree untuk Memprediksi Keberhasilan Immunotherapy. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Informatika*, 7(1), 46. <https://doi.org/10.26905/jtmi.v7i1.5982>
- Pinkas, A., Martins, A. C., & Aschner, M. (2018). *C. elegans*—An Emerging Model to Study Metal-Induced RAGE-Related Pathologies [Review of *C. elegans*—An Emerging Model to Study Metal-Induced RAGE-Related Pathologies]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1407. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071407>
- Puteri, A. E., Yuliarti, E., Maharani, N. P., Fauzia, A. A., Wicaksono, Y. S., & Tresiana, N. (2022). ANALISIS IMPLEMENTASI KEBIJAKAN VAKSINASI COVID-19 DI INDONESIA. *Jurnal Ilmu Administrasi Media Pengembangan Ilmu Dan Praktek Administrasi*, 19(1), 122. <https://doi.org/10.31113/jia.v19i1.863>
- Rahmah, W., Hamzah, H., Hajar, S., Ressaydy, S. S., & Putri, E. M. (2021). POTENTIAL OF MATOIA FRUIT EXTRACT (POMETIA PINNATA) AS ANTIOXIDANT SOURCE. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 7(1), 59. <https://doi.org/10.31603/pharmacy.v7i1.4240>
- Rahmy, H. A., Dewi, R. K., Firdaus, F., & Symond, D. (2022). Pelatihan Jarak Jauh Tentang Pemberian Makan Bayi dan Anak Kepada Kader Kesehatan Puskesmas Kototinggi dengan Pendekatan Emotional Demonstration. *I-Com Indonesian Community Journal*, 38. <https://doi.org/10.33379/icom.v2i1.1220>
- Rees, G., Brough, L., Orsatti, G. M., Lodge, A., & Walker, S. (2022). Do Micronutrient and Omega-3 Fatty Acid Supplements Affect Human Maternal Immunity during Pregnancy? A Scoping Review [Review of Do Micronutrient and Omega-3 Fatty Acid Supplements Affect Human Maternal Immunity during Pregnancy? A Scoping Review]. *Nutrients*, 14(2), 367. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. <https://doi.org/10.3390/nu14020367>
- Reider, C., Chung, R.-Y., Devarshi, P. P., Grant, R. W., & Mitmesser, S. H. (2020). Inadequacy of Immune Health Nutrients: Intakes in US Adults, the 2005–2016 NHANES [Review of Inadequacy of Immune Health Nutrients: Intakes in US Adults, the 2005–2016 NHANES]. *Nutrients*, 12(6), 1735. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. <https://doi.org/10.3390/nu12061735>

- Rochmawati, R., Petricka, G., & Kusmintarti, A. (2023). The effectivity of hypnobreastfeeding on the success of exclusive breastfeeding by mothers giving birth at Dian Dwi Anggraini Independent Midwifery Practice in Bogor Regency. *JNKI (Jurnal Ners Dan Kebidanan Indonesia) (Indonesian Journal of Nursing and Midwifery)*, 11(1), 79. [https://doi.org/10.21927/jnki.2023.11\(1\).79-85](https://doi.org/10.21927/jnki.2023.11(1).79-85)
- Rohmah, H. N. F. (2023). PELATIHAN TEKNIK PENINGKATAN KUALITAS TIDUR PADA KADER KESEHATAN DI DESA BANTARJAYA. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 7(1), 414. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v7i1.13630>
- Sakti, H., Rusmawati, D., & Alfaruqy, M. Z. (2023). PENGUATAN GENERASI ANTI-STUNTING DI KOTA SEMARANG. *Reswara Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 857. <https://doi.org/10.46576/rijpkm.v4i2.2544>
- Santi, M. W., Triwidiarto, C., Syahniar, T. M., Firgiyanto, R., & Andriani, M. (2020). Peningkatan Pengetahuan Kader Posyandu dalam Pembuatan PMT Berbahan Dasar Kelor sebagai Upaya Percepatan Pencegahan Stunting. *Dharma Raflesia Jurnal Ilmiah Pengembangan Dan Penerapan IPTEKS*, 18(2), 77. <https://doi.org/10.33369/dr.v18i2.12056>
- Saripudin, P. (2022). MENJAGA STABILITAS KESEHATAN MENTAL ANAK USIA DINI DI ERA NEW NORMAL. *Islamic EduKids*, 4(1), 14. <https://doi.org/10.20414/iek.v4i1.4846>
- Schirmer, M., Kumar, V., Netea, M. G., & Xavier, R. J. (2018). The causes and consequences of variation in human cytokine production in health [Review of The causes and consequences of variation in human cytokine production in health]. *Current Opinion in Immunology*, 54, 50. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.coi.2018.05.012>
- Seck, N., Basse, I., Boiro, D., Kéïta, Y., Thiam, L., Ndongo, A. A., & Diagne-Guèye, N. R. (2021). Management of Severe Acute Malnutrition in a Senegalese Paediatric Hospital. *Open Journal of Pediatrics*, 11(2), 198. <https://doi.org/10.4236/ojped.2021.112019>
- Semba, R. D. (1999). Vitamin A and immunity to viral, bacterial and protozoan infections [Review of Vitamin A and immunity to viral, bacterial and protozoan infections]. *Proceedings of The Nutrition Society*, 58(3), 719. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/s0029665199000944>
- Semba, R. D. (2004). Impact of Micronutrient Deficiencies on Immune Function. In *KARGER eBooks* (p. 137). <https://doi.org/10.1159/000080608>
- Skrajnowska, D., & Bobrowska-Korczak, B. (2019). Role of Zinc in Immune System and Anti-Cancer Defense Mechanisms [Review of Role of Zinc in Immune System and Anti-Cancer Defense Mechanisms]. *Nutrients*, 11(10), 2273. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/nu11102273>
- Sousa-Catita, D., Godinho, C., & Fonseca, J. (2021). A Protocol for the Evaluation of Nutritional and Functional Status Evolution During a Multidisciplinary Rehabilitation Program for Patients after SARS-CoV-2 Pneumonia. 16. <https://doi.org/10.3390/msf2021005016>
- Sulistiyono, D., Rahayu, H. S. E., & Masithoh, R. F. (2020). The Nutrition Status and Learning Achievement of Mertoyudan Muhammadiyah Innovative Elementary School's Students. *Media Keperawatan Indonesia*, 3(3), 186. <https://doi.org/10.26714/mki.3.3.2020.186-190>
- Suliswaningsih, S., Masruri, A., Saputro, G. E., Wijaya, A. B., & Widiawati, C. R. A. (2023). Animasi “Keluarga Aman” Sebagai Media Sosialisasi Pencegahan Penularan COVID-19. *Infotekmesin*, 14(1), 8. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v14i1.1484>
- Sunarsih, E. S., Dana, Y. A., & Kumala, C. M. (2022). The combined effect of zinc and honey to increase hemoglobin and albumin levels in white rats induced by low protein diet. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 11(4), 296. <https://doi.org/10.11591/ijaas.v11.i4.pp296-305>

- Titimeidara, M. Y., & Hadikurniawati, W. (2021). IMPLEMENTASI METODE NAÏVE BAYES CLASSIFIER UNTUK KLASIFIKASI STATUS GIZI STUNTING PADA BALITA. *JURNAL ILMIAH INFORMATIKA*, 9(1), 54. <https://doi.org/10.33884/jif.v9i01.3741>
- Wądołowska, L., Drywień, M., Hamulka, J., Socha, P., Borawska, M. H., Friedrich, M., & Lange, E. (2021). Dietary recommendations during the Covid-19 pandemic. Statement of the Committee of Human Nutrition Science of the Polish Academy of Sciences. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 209. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2021.0166>
- Widiatmaja, D. T., Mufida, D. C., & Febianti, Z. (2021). Pengaruh Pemberian Imunisasi Intranasal Epitope Protein RrgB 255-270 *Streptococcus pneumoniae* Terhadap Kadar IL-4. *SRIWIJAYA JOURNAL OF MEDICINE*, 4(1), 67. <https://doi.org/10.32539/sjm.v4i1.155>
- Widjaja, V., & Widodo, N. M. (2021). Pengaruh Teknologi Internet terhadap Pengetahuan Masyarakat Jakarta Seputar Informasi Vaksinasi Covid-19. *TEMATIK*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.38204/tematik.v8i1.544>
- Widyawati, W., Hidayah, D., & Andarini, I. (2020). Hubungan Status Gizi dengan Angka Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) pada Balita Usia 1-5 Tahun di Surakarta. *Smart Medical Journal*, 3(2), 59. <https://doi.org/10.13057/smj.v3i2.35649>
- Wijayanti, L., & Septianingrum, Y. (2022). Edukasi Maspit (Makanan Sehat Peningkat Imunitas Tubuh) di Masa Pandemi Covid-19. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 756. <https://doi.org/10.33086/snpm.v1i1.873>
- Yulianti, A., & Indriasih, E. (2018). Pendanaan Program Imunisasi Dasar di 71 Kabupaten/Kota di Indonesia Tahun 2013-2014. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pelayanan Kesehatan*, 121. <https://doi.org/10.22435/jpppk.v2i2.128>