

RESEARCH STUDY

Indonesian Version

OPEN ACCESS

Perbedaan Status Gizi dan Malnutrisi Mikronutrien pada Anak Sekolah Dasar Usia 8–13 Tahun di Bogor, Indonesia

Differences in the Nutritional and Micronutrient Malnutrition Status Among Primary School Children Aged 8–13 Years in Bogor, Indonesia

Hanifah Al Khairiyah^{1*}, Hardinsyah Hardinsyah², Mira Dewi², Putri Rahmah Alamsyah³, Agus Riawan⁴¹Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia²Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, IPB University, Bogor, Indonesia³Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kesehatan, Universitas Aisyah Pringsewu, Lampung, Indonesia⁴Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, Bangkinang, Indonesia**INFO ARTIKEL**

Received: 09-11-2024

Accepted: 15-07-2025

Published online: 21-11-2025

***Koresponden:**

Hanifah Al Khairiyah

Hanifah.alkhairiyah@lecturer.unri.ac.idDOI:
10.20473/amnt.v9i4.2025.586-595**Tersedia secara online:**<https://e-journal.unair.ac.id/AMNT>**Kata Kunci:**

Anak sekolah dasar, Defisiensi mikronutrien, Gizi kurang, Gizi lebih, Tiga beban malnutrisi

ABSTRAK

Latar Belakang: Indonesia saat ini sedang menghadapi *triple burden of malnutrition*, yaitu gizi kurang, gizi lebih, dan defisiensi mikronutrien. Fokus penelitian-penelitian sebelumnya banyak dilakukan pada 1000 Hari pertama kehidupan (1000 HPK), sementara penelitian pada anak usia sekolah masih terbatas, padahal periode ini juga krusial dalam menentukan masa depan.

Tujuan: Menganalisis prevalensi gizi kurang, gizi lebih, dan defisiensi mikronutrien pada anak sekolah dasar di Bogor, Indonesia.

Metode: Penelitian potong lintang melibatkan 915 anak sekolah dasar negeri kelas 4 dan 5. Data yang dikumpulkan meliputi karakteristik subjek, status sosioekonomi keluarga, antropometri (berat badan, tinggi badan, dan tebal lipatan kulit), serta biomarker darah. Status gizi ditentukan menggunakan IMT/U, persen lemak tubuh (rumus Slaughter), kadar hemoglobin (metode non-sianida), serta serum vitamin A dan B12 (*Liquid chromatography and mass spectrometry-LCMS*).

Hasil: Sebanyak 2,4% anak mengalami defisiensi energi kronik, 12,4% mengalami kegemukan, 12,8% memiliki persen lemak tubuh tinggi, 40,1% anemia, 18,6% defisiensi vitamin A, dan 52,2% defisiensi vitamin B12. Tidak ada perbedaan signifikan status gizi antara laki-laki dan perempuan berdasarkan IMT/U dan biomarker darah, tetapi perempuan memiliki persen lemak tubuh lebih tinggi ($p\text{-value} < 0,001$).

Kesimpulan: Defisiensi mikronutrien lebih tinggi dibandingkan gizi kurang dan gizi lebih. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan secara lebih mendalam dengan menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya tiga masalah gizi pada anak sekolah dengan mempertimbangkan berbagai kovariat. Selain itu, penting mengupayakan pelaksanaan program-program sensitif dan spesifik sebagai upaya mencegah dan mengatasi tiga beban malnutrisi pada anak sekolah dasar di Bogor, Indonesia.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi yang pesat telah terjadi di berbagai negara di Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Pertumbuhan ini telah memberikan sejumlah dampak positif, salah satunya peningkatan akses terhadap layanan kesehatan yang berkontribusi pada penurunan angka kematian pada anak¹. Namun demikian, meskipun angka kelangsungan hidup anak meningkat, jutaan anak masih mengalami gangguan pertumbuhan akibat kombinasi malnutrisi (seperti stunting, *wasting*, dan kurus), defisiensi mikronutrien, serta meningkatnya prevalensi kelebihan berat badan dan obesitas^{2,3}.

Secara global, prevalensi stunting pada anak memang menunjukkan tren yang menurun, meskipun permasalahan ini masih belum sepenuhnya teratasi. Sebaliknya, kasus kelebihan berat badan dan obesitas mengalami peningkatan tajam sejak tahun 2000 hingga

2019, tercatat Asia Tenggara sebagai wilayah dengan lonjakan kejadian paling signifikan^{4,5}. Selain itu, kawasan ini juga dihadapkan pada tantangan berupa defisiensi mikronutrien^{6,7}.

Mikronutrien merupakan kelompok vitamin dan mineral yang dibutuhkan dalam jumlah kecil, namun memiliki peran yang sangat vital bagi pertumbuhan dan perkembangan fisik serta mental yang optimal, khususnya dalam pembentukan enzim, hormon, dan penanda biologis lainnya^{8,9}. Defisiensi mikronutrien, yang kerap disebut sebagai "*hidden hunger*" atau "kelaparan tersembunyi", merupakan masalah kesehatan global yang memengaruhi sekitar dua miliar orang di seluruh dunia, terutama di negara-negara berpendapatan menengah kebawah. Negara-negara tersebut umumnya bergantung hanya pada makanan pokok, sehingga

mengakibatkan pola makan menjadi monoton dan kurang beragam¹⁰.

Salah satu dampak kekurangan zat gizi mikro adalah terjadinya anemia. Anemia saat ini masih menjadi masalah gizi yang terjadi secara global. Anemia umumnya disebabkan oleh defisiensi mikronutrien terutama zat besi (Fe), dan paling banyak ditemukan pada anak-anak serta ibu hamil¹¹. Selain defisiensi zat besi, anemia juga dapat disebabkan oleh kekurangan mikronutrien lainnya, termasuk vitamin A, vitamin B12, dan folat¹². Defisiensi mikronutrien seperti vitamin A dan vitamin B12 ini juga menjadi isu kesehatan global, termasuk di kawasan Asia Tenggara^{13–15}. Kekurangan vitamin A dapat mengganggu hematopoiesis normal, mengganggu metabolisme dan fungsi imun, menghambat pertumbuhan dan perkembangan, merusak penglihatan, serta meningkatkan risiko infeksi^{16,17}. Sementara itu, vitamin B12 berperan sangat penting untuk perkembangan tabung saraf (*neural tube*), pertumbuhan, imunitas, dan fungsi kognitif. Kekurangan vitamin B12 yang berkepanjangan dapat menyebabkan komplikasi neurologis¹³.

Indonesia menempati peringkat keempat sebagai negara dengan populasi anak terbesar di dunia, dengan jumlah anak diperkirakan mencapai 80 juta jiwa¹. Lebih dari setengah populasi anak tersebut terkonsentrasi di lima provinsi, dengan Jawa Barat tercatat sebagai provinsi dengan persentase tertinggi (18,6%)¹. Optimasi status gizi pada anak di Indonesia dapat menjadi investasi terbaik dan sangat penting bagi negara khususnya di era bonus demografi, karena dalam jangka panjang diharapkan mampu mendukung pertumbuhan ekonomi, daya saing, dan kesejahteraan nasional secara menyeluruh.

Meskipun kejadian malnutrisi di Indonesia semakin menurun dalam 10 tahun terakhir, Indonesia masih termasuk negara dengan masalah gizi ibu dan anak yang tertinggi di dunia. Selain itu, Indonesia juga menghadapi masalah tiga beban malnutrisi (*Triple Burden of Malnutrition*)¹⁸, dimana permasalahan kekurangan gizi, kelebihan berat badan, dan obesitas sering terjadi secara bersamaan dan saling berkaitan^{4,19}. Data Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2022 menunjukkan bahwa sebanyak 10,8% anak usia 5–12 tahun mengalami kelebihan berat badan, dan 9,2% mengalami obesitas. Pada kelompok usia 13–15 tahun, prevalensinya mencapai 16%, sementara pada usia 16–18 tahun mencapai 13,5%²⁰. Selain itu, data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018 juga menunjukkan bahwa anemia (defisiensi mikronutrien) pada anak usia sekolah masih menjadi masalah kesehatan masyarakat, dengan prevalensi lebih dari 20%²¹.

Penelitian-penelitian terkait pentingnya gizi pada 1000 hari pertama kehidupan telah banyak dilakukan dalam beberapa dekade terakhir. Namun, sebagian besar studi masih berfokus pada anak usia 2–5 tahun, sedangkan kajian mengenai gizi anak usia sekolah (5–15 tahun) masih terbatas²². Periode usia sekolah merupakan salah satu fase kehidupan yang penting yang ditandai dengan berbagai proses pertumbuhan dan perkembangan yang masih berlangsung, seperti perubahan kognitif dan neurologis, pertumbuhan linier tulang, mineralisasi tulang, perubahan komposisi tubuh,

serta pematangan berbagai sistem organ. Pada masa ini juga mulai terlihat perbedaan perkembangan yang dipengaruhi oleh jenis kelamin. Gizi memegang peranan yang sangat penting dan krusial dalam mendukung proses perubahan yang terjadi didalam tubuh selama periode tersebut. Permasalahan gizi yang teridentifikasi sejak masa kanak-kanak masih memungkinkan untuk diperbaiki di periode ini. Oleh karena itu, Periode usia sekolah seringkali disebut sebagai jendela intervensi terakhir yang dapat secara signifikan memaksimalkan pertumbuhan, perkembangan, serta meningkatkan status kesehatan hingga mencapai usia dewasa²².

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kejadian kurang gizi, kelebihan gizi, dan defisiensi mikronutrien (hemoglobin terkait anemia defisiensi besi, vitamin A, dan vitamin B12) pada anak-anak sekolah dasar di Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Penelitian ini penting dilakukan sebagai dasar penetapan berbagai kebijakan kesehatan dan program gizi, karena memberikan gambaran yang jelas mengenai masalah gizi yang dihadapi anak-anak di Bogor. Intervensi berbasis bukti yang diusulkan dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan derajat kesehatan anak, mendorong pertumbuhan ekonomi jangka panjang, dan meningkatkan kesejahteraan generasi mendatang.

METODE

Penelitian ini merupakan studi observasional dengan desain potong lintang (*cross-sectional*). Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Cijeruk, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Pemilihan lokasi ini dilakukan secara purposif karena belum pernah ada penelitian serupa yang dilakukan di wilayah tersebut sebelumnya. Selain itu, penelitian-penelitian sebelumnya dilakukan di wilayah perkotaan atau pedesaan, namun belum ada yang dilakukan di wilayah semi-urban. Kecamatan Cijeruk merupakan daerah semi-urban, yang merupakan wilayah transisi antara kehidupan perkotaan dan pedesaan sehingga dianggap dapat merepresentasikan keadaan masyarakat Indonesia secara umum. Selain itu, Dinas Kesehatan setempat juga telah mengidentifikasi bahwa Kecamatan Cijeruk merupakan wilayah yang membutuhkan perhatian khusus dalam upaya peningkatan status gizi masyarakatnya. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Oktober hingga Desember tahun 2019.

Hasil dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019 menunjukkan bahwa jumlah siswa sekolah dasar negeri di Kecamatan Cijeruk adalah sebanyak 9.241 siswa. Dari data jumlah populasi ini, digunakan rumus Solvin untuk menentukan jumlah subjek minimal yang dibutuhkan. Hasil perhitungan didapati jumlah minimal subjek sebanyak 384 orang siswa. Setelah dilakukan proses skrining, diperoleh sebanyak 1017 orang siswa yang memenuhi syarat kriteria inklusi, yakni merupakan siswa kelas IV dan V dengan rentang usia 8–13 tahun, memiliki kondisi tubuh yang sehat, tidak menderita penyakit kronis atau mengalami disabilitas, memiliki kondisi mental yang baik, mampu berkomunikasi dan bekerja sama dengan baik, mendandatangani *inform assent*, serta bersedia diambil darah untuk pemeriksaan status gizi dengan persetujuan tertulis dari orang tua atau wali (menandatangani *inform consent*). Selama proses

pengumpulan data, terdapat siswa yang tidak hadir yang menyebabkan data menjadi tidak lengkap. Siswa dengan data yang tidak lengkap ini selanjutnya dieksklusi dalam penelitian, dan diperoleh jumlah akhir subjek dengan data lengkap adalah sebanyak 915 siswa (446 laki-laki dan 469 perempuan).

Justifikasi pemilihan siswa kelas IV dan V dikarenakan pada periode usia ini dianggap telah memiliki kemampuan kognitif dan sosial yang lebih berkembang dibandingkan siswa yang lebih muda. Kemampuan ini memungkinkan mereka untuk memahami dan mengikuti instruksi sederhana, seperti untuk wawancara dan pengukuran antropometri. Selain itu, kelompok usia ini juga cenderung lebih berani untuk menjalani pengambilan darah. Siswa kelas VI tidak dilibatkan dalam penelitian ini dengan alasan sedang dalam masa persiapan intensif untuk ujian akhir sekolah. Enam belas (16) sekolah dasar negeri (SDN) di Kecamatan Cijeruk dipilih berdasarkan beberapa kriteria, yaitu: memiliki siswa kelas IV dan V yang masuk pada sesi pagi, memiliki fasilitas yang memadai untuk mendukung pengumpulan data, serta lokasi sekolah mudah diakses dengan mobil untuk menjamin keamanan pengangkutan sampel darah ke laboratorium.

Persetujuan etik diperoleh dari Komite Etik IPB University (nomor 242/IT3.KEPMSM-IPB/SK/2019, tanggal 30 September 2019). Sampel darah diambil oleh flebotomis melalui vena di lengan bagian dalam subjek. Kadar hemoglobin dianalisis menggunakan metode hemoglobin non-sianida. Sementara itu, kadar serum vitamin A dan vitamin B12 dianalisis menggunakan metode kromatografi cair dan spektrometri massa (LCMS). Data antropometri, termasuk berat badan (kg), tinggi badan (cm), dan tebal lipatan kulit pada bagian trisep dan subskapular (mm) masing-masing diukur dengan timbangan berat badan (skala minimal 0,1 kg), mikrotis (skala minimal 0,1 cm), dan *skinfold caliper* (skala minimal 1 mm), dan dengan dua kali pengulangan untuk setiap pengukuran. Data karakteristik subjek dan status sosioekonomi keluarga diperoleh melalui pengisian kuesioner dan wawancara terstruktur dengan orang tua subjek, yang mencakup: usia, jenis kelamin, uang saku harian, usia dan tingkat pendidikan orang tua, serta pendapatan keluarga per bulan. Status gizi subjek ditentukan berdasarkan pengukuran antropometri untuk menghitung indeks massa tubuh (IMT) menurut umur dan persen lemak tubuh.

Pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan *Microsoft Office Excel* dan *SPSS* versi 16 untuk Windows. Analisis dilakukan dalam menghitung Z-skor untuk menentukan IMT menurut umur (IMT/U). Setelah memperoleh data IMT/U, selanjutnya subjek dikategorikan menjadi: sangat kurus (jika Z-skor <-3SD), kurus (-3SD hingga <-2SD), normal (-2SD hingga +1SD), kelebihan berat badan (+1SD hingga +2SD), dan obesitas (>+2SD)²³.

Tebal lipatan kulit yang diukur pada bagian trisep dan subskapular digunakan untuk menghitung persen lemak tubuh menggunakan rumus Slaughter (1988). Pada anak perempuan, rumus yang digunakan adalah: $1,33(\text{trisep} + \text{subskapula}) - 0,013(\text{trisep} + \text{subskapula})^2 -$

2,5. Sedangkan pada anak laki-laki prapubertas, rumusnya adalah: $1,21(\text{trisep} + \text{subskapula}) - 0,008(\text{trisep} + \text{subskapula})^2 - 1,7$. Untuk anak perempuan dengan ketebalan lipatan kulit trisep dan subskapula lebih dari 35 mm digunakan rumus: $0,546(\text{trisep} + \text{subskapula}) + 0,97$; sedangkan untuk anak laki-laki dengan ketebalan yang sama digunakan rumus: $0,783(\text{trisep} + \text{subskapula}) + 1,724$ ²⁴. Subjek kemudian dikategorikan berdasarkan persen lemak tubuh sebagai berikut: rendah (apabila kurang dari 10%), normal (10–19,9% untuk laki-laki dan 20–29,9% untuk perempuan), agak tinggi (20–24,9% untuk laki-laki dan 30–39,9% untuk perempuan), dan sangat tinggi (lebih dari 25% untuk laki-laki dan lebih dari 40% untuk perempuan)²⁵.

Subjek dengan usia kurang dari 11 tahun dikategorikan sebagai tidak anemia (normal) jika kadar hemoglobin (Hb) >11,4 g/dL. Kadar Hb 11–11,4 g/dL dikategorikan sebagai anemia ringan, 8–10,9 g/dL sebagai anemia sedang, dan <8,0 g/dL sebagai anemia berat. Untuk subjek di atas 11 tahun, kadar Hb ≥11,9 g/dL dikategorikan sebagai normal, 11–11,9 g/dL sebagai anemia ringan, 8–10,9 g/dL sebagai anemia sedang, dan kadar <8 g/dL sebagai anemia berat²⁶. Kadar serum vitamin A dikategorikan sebagai: normal (≥300 ng/mL), defisiensi marjinal (200–300 ng/mL), dan defisiensi berat (<200 ng/mL)²⁷. Kadar serum vitamin B12 dianggap normal jika ≥200 pg/mL, dan dikategorikan sebagai defisiensi jika <200 pg/mL²⁸. Analisis univariat dilakukan melalui uji deskriptif untuk mengetahui nilai rerata, simpangan baku, dan distribusi. Analisis bivariat dilakukan menggunakan uji *Mann-Whitney* dan *Chi-square* untuk melihat perbedaan antara anak laki-laki dan perempuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Subjek dan Status Sosioekonomi Keluarga

Tabel 1 menunjukkan perbandingan karakteristik subjek laki-laki dan perempuan, yang mencakup usia, uang saku perhari, dan status sosioekonomi keluarga (usia ayah dan ibu, tingkat pendidikan orang tua, dan pendapatan rumah tangga per bulan). Hasil analisis menunjukkan bahwa subjek penelitian merupakan siswa kelas IV dan V, dengan total 915 siswa yang terdiri dari 446 siswa laki-laki dan 469 siswa perempuan. Rerata usia subjek adalah 10,6 tahun, dan hasil uji beda menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna secara statistik antara usia siswa laki-laki dan perempuan ($p\text{-value} < 0,05$). Rerata uang saku harian subjek adalah sebesar Rp6.447.

Rerata usia ibu subjek adalah 37,3 tahun, sedangkan usia ayah adalah 42,6 tahun. Mayoritas orang tua subjek memiliki tingkat pendidikan tamat sekolah dasar, dengan sebaran sebanyak 51,6% pada ibu dan 47,0% pada ayah. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa sebagian orang tua subjek belum pernah mengenyam pendidikan formal, dengan 15,5% ayah dan 18,1% ibu tidak pernah bersekolah. Sebagian besar subjek berasal dari rumah tangga dengan pendapatan bulanan kurang dari Rp1.500.000, dan hanya sebagian kecil (6,9%) yang memiliki pendapatan di atas Rp3.500.000.

Tabel 1. Karakteristik subjek dan status sosioekonomi keluarga

Variabel	Laki-laki (n=446)		Perempuan (n=469)		Total (n=915)		p-value ^a
	Rerata ± SD	n (%)	Rerata ± SD	n (%)	Rerata ± SD	n (%)	
Usia (tahun)	10,7 ± 0,84		10,5 ± 0,77		10,6 ± 0,81		<0,001 ^{b*}
Uang Saku (Rp/hari)	6,130 ± 3,560		6,747 ± 3,534		6,447 ± 3,558		0,001 ^{b*}
Usia Ibu (tahun)	37,3 ± 6,82		36,3 ± 6,58		36,8 ± 6,71		0,019 ^{b*}
Usia Ayah (tahun)	42,8 ± 7,80		42,2 ± 8,05		42,5 ± 7,93		0,151 ^b
Tingkat Pendidikan Ibu							
Tidak Sekolah		51 (11,4)		47 (10,0)		98 (10,7)	0,927 ^c
Sekolah Dasar		89 (19,9)		90 (19,2)		179 (19,6)	
Sekolah Menengah		229 (51,4)		243 (51,8)		472 (51,6)	
Sekolah Tinggi		77 (17,3)		89 (19,0)		166 (18,1)	
Tingkat Pendidikan Ayah							
Tidak Sekolah		73 (16,4)		96 (20,5)		169 (18,5)	0,294 ^c
Sekolah Dasar		89 (19,9)		85 (18,1)		174 (19,0)	
Sekolah Menengah		221 (49,6)		209 (44,6)		430 (47,0)	
Sekolah Tinggi		63 (14,1)		79 (16,8)		142 (15,5)	
Pendapatan Rumah Tangga (Rupiah/bulan)							
> 3.500K		23 (5,1)		40 (8,6)		63 (6,9)	0,066 ^c
2.500K-3.500K		50 (11,2)		40 (8,5)		90 (9,8)	
1.500K-2.500K		101 (22,7)		128 (27,2)		229 (25,0)	
< 1.500K		272 (61,0)		261 (55,7)		533 (58,3)	

^aUji beda antara subjek laki-laki dan perempuan, ^buji beda *Mann Whitney*, ^cuji *Chi-square*, signifikan pada p-value<0,05

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa status sosioekonomi keluarga merupakan salah satu prediktor signifikan yang menentukan status gizi anak. Rumah tangga dengan status ekonomi yang rendah mengakibatkan terbatasnya akses terhadap jenis makanan yang beragam dan kaya gizi. Status sosioekonomi juga menjadi faktor yang berkontribusi terhadap kejadian kelebihan gizi sekaligus kekurangan gizi, yang pada akhirnya akan menyebabkan terjadinya beban gizi ganda. Anak-anak dari rumah tangga dengan status sosioekonomi rendah akan lebih rentan mengalami *wasting* atau berat badan kurang²⁹. Studi di India juga menunjukkan adanya hubungan antara faktor sosioekonomi dengan berbagai jenis kekurangan gizi. Rumah tangga dengan status ekonomi yang lebih tinggi cenderung menunjukkan angka kelebihan berat badan yang lebih tinggi, sementara kekurangan gizi dan anemia lebih umum terjadi pada rumah tangga dengan status ekonomi rendah³⁰.

Rumah tangga dengan status sosial ekonomi rendah memiliki keterbatasan akses terhadap pangan bergizi tinggi, sehingga lebih mengandalkan makanan murah dengan kandungan gizi rendah. Kondisi ini dapat menyebabkan kekurangan energi dan zat gizi, terutama pada anak-anak, yang berkontribusi terhadap tingginya angka malnutrisi. Sebaliknya, rumah tangga dengan status sosial ekonomi lebih tinggi cenderung menghadapi risiko kelebihan berat badan karena lebih sering mengonsumsi makanan olahan tinggi gula, lemak, dan garam yang kurang sehat, termasuk bagi anak-anak mereka³⁰.

Selain faktor kemiskinan, pendidikan ibu juga berperan penting dalam menentukan status gizi anak. Penelitian Gebregergis menunjukkan bahwa tingkat pendidikan ibu dan pendapatan rumah tangga merupakan faktor utama yang memengaruhi terjadinya malnutrisi. Ibu dengan pendidikan lebih tinggi cenderung memiliki kesadaran lebih baik dalam memanfaatkan layanan kesehatan selama kehamilan hingga masa setelah melahirkan, sehingga dapat menurunkan risiko

malnutrisi pada anak^{31,32}. Studi di Papua juga menemukan bahwa balita dengan ibu berpendidikan lebih tinggi memiliki status gizi yang lebih baik, yang mencerminkan tingkat literasi gizi yang lebih baik³³. Oleh karena itu, upaya perbaikan gizi anak perlu dilakukan melalui pendekatan multisektor yang mempertimbangkan faktor sosial ekonomi, budaya, wilayah, dan kebijakan pemerintah. Bukti empiris menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara status gizi anak dengan pendapatan keluarga dan tingkat pendidikan ibu.

Status Gizi Subjek Berdasarkan Hasil Pengukuran Antropometri

Tabel 2 menunjukkan status gizi subjek berdasarkan hasil pengukuran antropometri, yakni berat badan, tinggi badan, serta tebal lipatan kulit. Sebanyak 2,4% subjek mengalami kekurangan gizi (kurus dan sangat kurus), dengan proporsi 1,64% pada anak laki-laki dan 0,76% pada anak perempuan. Selain itu, 12,4% subjek dikategorikan mengalami kelebihan gizi (kelebihan berat badan dan obesitas), dengan 5,46% pada anak laki-laki dan 6,88% pada anak perempuan. Hasil ini menunjukkan kejadian kekurangan gizi terjadi lebih banyak pada anak laki-laki, sementara kelebihan berat badan dan obesitas lebih banyak ditemukan pada anak perempuan.

Perbedaan ini diduga berkaitan dengan usia pubertas, yang memengaruhi komposisi tubuh dan pertumbuhan. Anak perempuan umumnya memasuki masa pubertas lebih awal (sekitar usia 8 tahun) dibandingkan anak laki-laki (sekitar usia 10 tahun), sehingga mengalami peningkatan berat dan tinggi badan lebih dini. Puncak pertumbuhan tinggi badan terjadi sekitar usia 12 tahun pada perempuan dan 14 tahun pada laki-laki, sehingga anak perempuan mengalami peningkatan berat dan tinggi badan lebih awal dibandingkan anak laki-laki³⁴. Meskipun demikian, analisis statistik menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada status IMT menurut umur berdasarkan

jenis kelamin.

IMT menurut umur yang rendah mencerminkan kekurangan gizi yang dapat berdampak serius pada pertumbuhan, kesehatan, dan kesejahteraan anak secara keseluruhan. Kekurangan gizi dapat disebabkan oleh praktik makan yang tidak adekuat atau gangguan kesehatan³⁵. Sebaliknya, kelebihan gizi, termasuk

kelebihan berat badan dan obesitas juga berdampak negatif karena meningkatkan risiko penyakit kronis seperti diabetes tipe 2, hipertensi, penyakit kardiovaskular, dan gangguan hati. Kondisi ini dapat berlanjut hingga dewasa dan meningkatkan morbiditas serta mortalitas³⁶. Selain itu, obesitas pada anak juga dikaitkan dengan penurunan prestasi akademik.

Tabel 2. Status gizi berdasarkan hasil pengukuran antropometri

Variabel	Laki-laki (n=446)			Perempuan (n=469)			Total (n=915)			p-value ^a
	Rerata ± SD	n	%	Rerata ± SD	n	%	Rerata ± SD	n	%	
Indeks Massa Tubuh menurut Umur										
Sangat Kurus		1	0,2		0	0		1	0,1	0,111 ^b
Kurus		14	3,1		7	1,5		21	2,3	
Kelebihan berat badan		22	4,9		30	6,4		52	5,7	
Obes		28	6,3		33	7		61	6,7	
Normal		381	85,4		399	85,1		780	85,2	
Persen Lemak Tubuh (%)										
Rendah	16,9±6,90	35	7,8	19,5±4,94	240	51,2	18,3±6,11	275	30,1	<0,001 ^{c*}
Sedikit tinggi		55	12,3		7	1,5		62	6,8	
Sangat tonggi		55	12,3		0	0		55	6,0	
Normal		301	67,5		222	47,3		523	57,1	

^aUji beda antara subjek laki-laki dan perempuan, ^buji *Chi-square*, ^cuji *Mann Whitney*, *signifikan pada p-value<0,05

Studi yang dilakukan oleh Taras dan Potts-Datema menunjukkan bahwa anak-anak dengan kelebihan berat badan atau obesitas cenderung memiliki performa akademik yang lebih rendah, tercermin dari nilai matematika, kemampuan membaca, IQ, dan rapor yang lebih rendah³⁷. Temuan ini diperkuat oleh studi Booth *et al.* (2014) yang juga menemukan bahwa anak obes memiliki prestasi belajar yang lebih buruk dibandingkan anak dengan status gizi normal³⁸. Pola ini terkait dengan dampak industrialisasi dan urbanisasi yang menyebabkan peningkatan konsumsi makanan olahan tidak sehat serta penurunan aktivitas fisik, sehingga berkontribusi terhadap meningkatnya prevalensi kelebihan berat badan dan obesitas⁵.

Penelitian ini juga dilakukan pengukuran ketebalan lipatan kulit pada area trisep dan subskapular sebagai indikator persentase lemak tubuh. Kedua area ini umum digunakan secara internasional untuk menilai komposisi tubuh anak usia sekolah^{39,40}. Tabel 2 menunjukkan sebanyak 30,1% subjek memiliki persentase lemak tubuh yang rendah, 6,8% agak tinggi, dan 6,8% sangat tinggi. Uji Mann-Whitney menunjukkan perbedaan signifikan berdasarkan jenis kelamin, di mana anak perempuan memiliki rata-rata lemak tubuh lebih tinggi dibandingkan anak laki-laki (p-value<0,001). Temuan ini sejalan dengan berbagai studi yang secara konsisten melaporkan bahwa anak perempuan cenderung memiliki persentase lemak tubuh yang lebih tinggi dibandingkan anak laki-laki⁴¹⁻⁴³.

Selain itu, terdapat hubungan signifikan yang positif antara skor IMT/U dan persentase lemak tubuh (p-value<0,001); semakin tinggi skor IMT/U, semakin tinggi pula persentase lemak tubuh (data tidak ditampilkan

dalam artikel ini). Grundy *et al.* menjelaskan bahwa perbedaan persentase lemak tubuh antara laki-laki dan perempuan menjadi semakin nyata selama masa usia sekolah dan pubertas. Pada IMT yang sama, anak perempuan cenderung memiliki sekitar 10% lebih banyak lemak tubuh dibandingkan anak laki-laki. Pada laki-laki, peningkatan berat badan pada periode ini umumnya disebabkan oleh peningkatan massa tubuh bebas lemak, sedangkan pada perempuan lebih banyak disebabkan oleh peningkatan massa lemak, termasuk perubahan distribusi lemak android dan ginoid⁴³.

Status Mikronutrien Berdasarkan Hasil Pengukuran Biokimia

Tren malnutrisi dalam beberapa tahun terakhir telah bergeser dari kekurangan gizi ke arah kelebihan gizi, sebagaimana ditunjukkan oleh berbagai penelitian. Meskipun demikian, status mikronutrien pada populasi anak masih belum optimal. Salah satu pendekatan untuk menilai status mikronutrien tubuh adalah melalui analisis biomarker darah. Pada penelitian ini, dilakukan pemeriksaan meliputi kadar hemoglobin, serum vitamin A, dan vitamin B12, dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 3.

Kejadian anemia dan defisiensi vitamin B12 ditemukan lebih tinggi pada anak laki-laki, sedangkan defisiensi vitamin A lebih tinggi ditemukan pada anak perempuan. Meskipun demikian, tidak terdapat perbedaan antara rerata kadar hemoglobin, vitamin A, maupun vitamin B12 antar jenis kelamin. Tabel 3 juga menunjukkan bahwa sebanyak 40,1% subjek mengalami anemia, dengan sebaran 28,4% mengalami anemia ringan, 20,4% anemia sedang, dan 0,2% anemia berat.

Tabel 3. Status biomarker darah subjek

Variables	Laki-laki (n=446)			Perempuan (n=469)			Total (n=915)			p-value ^a
	Rerata ± SD	n	%	Rerata ± SD	n	%	Rerata ± SD	N	%	
Serum Hb (g/dl)	11,57 ± 0,99			11,65 ± 0,93			11,61 ± 0,96			0,595 ^b
Anemia berat		2	0,4	0	0		2	0,2		
Anemia Sedang		90	20,2	97	20,7		187	20,4		

Variables	Laki-laki (n=446)			Perempuan (n=469)			Total (n=915)			p-value ^a
	Rerata ± SD	n	%	Rerata ± SD	n	%	Rerata ± SD	N	%	
Anemia Ringan		141	31,6		119	25,4		260	28,4	
Normal		213	47,8		253	53,9		466	50,9	
Vitamin A (ng/mL)	1081,41± 31,43			1019,47 ± 29,83			1049,66 ± 655,08			0,104 ^b
Defisiensi berat		6	1,3		15	3,2		21	2,3	
Defisiensi marginal		63	14,1		86	18,3		149	16,3	
Normal		377	84,5		368	78,5		745	81,4	
Vitamin B12 (pg/mL)	236,18 ± 181,72			249,08 ± 220,11			242,79 ± 202,30			0,511 ^b
Defisien		236	52,9		242	51,6		478	52,2	
Normal		210	47,1		227	48,4		437	47,8	

^aUji beda antara subjek laki-laki dan perempuan; ^buji beda *Mann whitney*; Kategori Anemia=berat (<8,0 g/dL), sedang (8,0–10,9 g/dL), Ringan (11–11,4 g/dL), dan Normal (>11,4 g/dL); kategori vit A= defisiensi berat (<200 ng/mL), defisiensi marginal (200–300 ng/mL), Normal (≥300 ng/mL); kategori Vitamin B12=defisien (<200 pg/mL), dan normal (≥200 pg/mL)

Beberapa studi sebelumnya juga menemukan bahwa tidak terdapat perbedaan kadar hemoglobin antara anak laki-laki dan perempuan pada kelompok balita, prasekolah, maupun usia sekolah⁴⁴. Hollowell *et al.* melalui analisis komprehensif yang dilakukan terhadap data NHANES III, menemukan bahwa kadar hemoglobin anak usia 1–9 tahun tidak berbeda secara signifikan antara jenis kelamin di berbagai kelompok etnis⁴⁵. Hasil serupa ditemukan oleh Adeli *et al.* melalui Survei Pengukuran Kesehatan Kanada (*Canadian Health Measurement Survey*) yang mencatat tidak adanya perbedaan kadar hemoglobin antara anak laki-laki dan perempuan usia 3–10 tahun⁴⁶. Penelitian oleh Asberg *et al.* juga menunjukkan bahwa kadar hemoglobin anak usia 0–14 tahun di Norwegia tidak berbeda secara signifikan berdasarkan jenis kelamin⁴⁷.

Meskipun rerata kadar hemoglobin tidak menunjukkan perbedaan bermakna antar kelompok, prevalensi anemia yang lebih tinggi pada anak laki-laki usia sekolah dibandingkan anak perempuan dapat dikaitkan dengan interaksi berbagai faktor fisiologis, hormonal, dan pola makan. Beberapa studi menyebutkan bahwa kebutuhan zat besi yang lebih tinggi selama masa transisi pubertas membuat anak laki-laki lebih rentan terhadap defisiensi zat gizi. Sementara itu, studi lain menyoroti pengaruh pola konsumsi dan kondisi sosial ekonomi⁴⁸. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan ini secara lebih mendalam.

Anemia memiliki dampak signifikan terhadap pembangunan sosial dan ekonomi. Secara global, sekitar 68,36 juta orang mengalami disabilitas akibat anemia pada tahun 2010, dan jumlah ini menurun menjadi 58,6 juta pada tahun 2019⁴⁹. Pada anak-anak, anemia dapat menghambat perkembangan fisik dan kognitif, menurunkan prestasi akademik, serta berdampak pada produktivitas saat dewasa⁵⁰. Anemia juga melemahkan sistem imun, meningkatkan risiko infeksi melalui gangguan pada imunitas humoral dan seluler^{51,52}.

Sebagai kondisi yang bersifat multifaktorial, anemia dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti asupan gizi yang tidak mencukupi, infeksi, perdarahan, hingga kelainan genetik pada hemoglobin⁵³. Pada anak usia sekolah, kondisi sosial ekonomi dan demografi, termasuk pendapatan keluarga, tingkat pendidikan orang tua, serta lokasi tempat tinggal, memiliki keterkaitan erat dengan kejadian anemia^{54–56}. Anak-anak dari keluarga berpenghasilan rendah cenderung memiliki prevalensi anemia yang lebih tinggi, yang disebabkan oleh

keterbatasan akses terhadap makanan kaya zat besi dan pola makan yang monoton, baik dari sisi keragaman maupun jumlah⁵⁷.

Hasil meta-analisis menunjukkan bahwa suplementasi zat besi mampu meningkatkan parameter hematologis pada anak usia sekolah di negara berpenghasilan rendah dan menengah. Program fortifikasi mikronutrien juga berperan penting dalam menurunkan prevalensi anemia. Selain itu, bioavailabilitas zat besi, yakni kemampuan tubuh dalam menyerap zat besi, menjadi faktor penentu dalam status zat besi seseorang. Konsumsi beragam sumber pangan, terutama pangan hewani dan buah-buahan, sangat dianjurkan. Pangan hewani memiliki tingkat penyerapan zat besi yang lebih tinggi, sedangkan buah-buahan mengandung vitamin C yang dapat meningkatkan absorpsi zat besi dari makanan nabati oleh tubuh⁵⁸.

Penelitian ini juga menganalisis kadar serum vitamin A. Berdasarkan Tabel 3, sebanyak 18,6% subjek mengalami defisiensi vitamin A, yang menurut kriteria WHO termasuk dalam kategori masalah kesehatan masyarakat tingkat sedang¹⁵. Kekurangan vitamin A dapat menimbulkan berbagai dampak negatif pada anak, seperti gangguan pertumbuhan, masalah penglihatan, peningkatan risiko infeksi, serta potensi gangguan perkembangan kognitif dan mental^{17,59–61}. Prevalensi defisiensi ini lebih tinggi pada anak perempuan dibandingkan anak laki-laki, meskipun perbedaan rerata kadar serum vitamin A antara jenis kelamin tidak signifikan secara statistik ($p\text{-value} > 0,05$). Beberapa faktor yang memengaruhi status vitamin A meliputi asupan makanan yang rendah, gangguan penyerapan lemak, serta penyakit kronis seperti diare dan sirosis⁶².

Temuan lain menunjukkan bahwa 52,2% subjek mengalami defisiensi vitamin B12, dengan prevalensi sedikit lebih tinggi pada anak laki-laki, meskipun tanpa perbedaan signifikan berdasarkan jenis kelamin ($p\text{-value} \geq 0,05$). Defisiensi vitamin B12 menjadi salah satu masalah gizi utama di Indonesia, yang umumnya disebabkan oleh rendahnya konsumsi pangan hewani. Selain itu, faktor lain seperti rendahnya bioavailabilitas, gangguan absorpsi, dan hambatan dalam proses transportasi vitamin B12 turut berkontribusi terhadap kondisi ini⁶³.

Fenomena *Triple Burden of Malnutrition*, yakni koeksistensi antara kekurangan gizi, kelebihan gizi, dan defisiensi mikronutrien, merupakan tantangan besar di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah yang sedang mengalami transisi ekonomi dan gizi. Proses

urbanisasi dan perubahan ekonomi yang pesat telah menyebabkan peningkatan ketersediaan makanan tinggi kalori namun rendah zat gizi, menurunkan kualitas pola makan, serta mendorong sistem pangan yang memperluas akses terhadap minuman manis serta makanan tinggi gula, garam, dan lemak namun rendah zat gizi esensial^{64,65}. Hal ini semakin memperparah munculnya obesitas dan defisiensi mikronutrien yang terjadi secara bersamaan^{66,67}. Obesitas sendiri terbukti memicu peradangan sistemik, mengganggu proses metabolisme, serta meningkatkan kebutuhan zat gizi, yang justru dapat memperburuk kekurangan zat gizi yang telah ada⁶⁵. Di sisi lain, tantangan struktural seperti buruknya sanitasi, rendahnya kualitas air, praktik kebersihan yang tidak memadai, serta ketimpangan sosial dan ekonomi semakin memperumit masalah ini¹⁹.

Tantangan gizi yang dihadapi Indonesia memerlukan penanganan serius dan terintegrasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada anak usia sekolah, prevalensi defisiensi mikronutrien lebih tinggi dibandingkan prevalensi kekurangan maupun kelebihan gizi. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh fakta bahwa anak-anak yang berusia di atas tujuh tahun mulai membuat pilihan makanan secara mandiri saat di sekolah atau tempat lain di luar rumah, yang dapat menyebabkan kualitas dan kuantitas makanan yang dikonsumsi tidak memadai. Selain itu, pada usia ini sebagian anak mulai memperhatikan citra tubuhnya, yang dapat mendorong perilaku membatasi makan secara tidak sehat⁶⁸.

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa ketiga bentuk malnutrisi berupa kekurangan gizi, kelebihan gizi, dan defisiensi mikronutrien, masih ditemukan pada subjek penelitian, dengan defisiensi mikronutrien sebagai kondisi yang paling banyak ditemukan. Mengingat tingginya prevalensi defisiensi ini, program intervensi perlu mengadopsi pendekatan holistik yang tidak hanya menargetkan satu jenis zat gizi, tetapi peningkatan status mikronutrien secara menyeluruh⁶⁹.

Peningkatan status gizi anak memerlukan pelaksanaan program gizi terpadu yang bersifat lintas sektor. Kolaborasi antara sektor kesehatan, pertanian, pendidikan, dan layanan sosial sangat penting untuk membangun pendekatan yang komprehensif. Berbagai intervensi yang dapat diterapkan mencakup program pemberian makan di sekolah berupa sarapan atau makan siang bergizi, fortifikasi dan suplementasi mikronutrien, pemanfaatan pangan lokal secara optimal, serta edukasi gizi berkelanjutan.

Plakida *et al.* (2023) menjelaskan bahwa program makan sekolah telah menjangkau hingga 388 juta anak secara global dan terbukti berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan gizi harian, terutama di negara berpenghasilan rendah⁷⁰. Program ini juga berpotensi membuka kerja sama dengan petani lokal dalam penyediaan bahan pangan segar dan bergizi, sehingga turut memperkuat ketahanan pangan daerah/lokal⁷¹. Selain itu, fortifikasi makanan dengan vitamin dan mineral esensial terbukti efektif dalam meningkatkan status gizi anak dan menurunkan prevalensi malnutrisi⁷².

Selain program makan sekolah dan fortifikasi mikronutrien, edukasi gizi yang dilakukan secara berkelanjutan, seperti promosi praktik makan sehat di

lingkungan keluarga dan sekolah, sangat penting untuk meningkatkan literasi gizi serta mendorong perubahan pola makan jangka panjang⁷³. Keterlibatan masyarakat lokal dalam perencanaan dan pelaksanaan program juga krusial untuk memastikan program sesuai dengan budaya setempat dan berkelanjutan⁷¹. Secara keseluruhan, Berbagai intervensi tersebut ditujukan untuk menangani ketiga bentuk malnutrisi secara bersamaan, yaitu kekurangan gizi, kelebihan gizi, dan defisiensi mikronutrien pada anak usia sekolah.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, salah satunya adalah tidak tersedianya data asupan makanan, yang membatasi analisis terkait kebiasaan makan subjek sebagai salah satu faktor yang memengaruhi status gizi. Selain itu, penilaian anemia hanya didasarkan pada kadar hemoglobin, tanpa data pendukung seperti status zat besi, kadar ferritin, transferrin, atau reseptor transferrin. Kendati demikian, penelitian ini juga memiliki sejumlah kekuatan, antara lain jumlah sampel/subjek yang besar, penggunaan persen lemak tubuh sebagai indikator antropometri, serta melakukan analisis biomarker darah (yakni hemoglobin, vitamin A, dan vitamin B12), yang masih jarang digunakan dalam studi serupa di Indonesia.

KESIMPULAN

Penilaian status gizi pada anak usia sekolah dilakukan untuk mengidentifikasi kejadian kekurangan gizi, kelebihan gizi, dan defisiensi mikronutrien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 2,4% anak mengalami kekurangan energi kronis, 12,4% mengalami kelebihan gizi (overweight dan obesitas), 12,8% memiliki persentase lemak tubuh yang tinggi, 40,1% mengalami anemia, 18,6% defisiensi vitamin A, dan 52,2% defisiensi vitamin B12. Defisiensi mikronutrien merupakan masalah yang paling banyak ditemukan dibandingkan malnutrisi lainnya. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi ketiga bentuk malnutrisi tersebut, dengan mempertimbangkan berbagai kovariat. Selain itu, pelaksanaan program yang bersifat sensitif dan spesifik sangat penting untuk mencegah dan mengatasi *triple burden of malnutrition* pada anak sekolah dasar, khususnya di wilayah Bogor, Indonesia.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Perhimpunan Pakar Gizi dan Pangan (PERGIZI PANGAN) Indonesia yang telah memberikan dukungan penuh terhadap penelitian ini.

KONFLIK KEPENTINGAN DAN SUMBER PENDANAAN

Seluruh penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan terkait artikel ini. Penelitian ini didanai oleh Perhimpunan Pakar Gizi dan Pangan Indonesia (PERGIZI PANGAN Indonesia) dengan nomor kontrak 061/PERGIZI/IX/2019.

KONTRIBUSI PENULIS

HAK: *conceptualization, data curation, formal analysis, investigation, methodology, project administration, resources, software, roles/writing-original draft, writing-review & editing*. HH: *conceptualization, funding acquisition, supervision,*

validation, methodology, and review, MD: conceptualization, supervision, review and validation, AR: validation, visualization, funding acquisition, writing-review&editing, PRA: funding acquisition, validation, visualization, and writing.

REFERENSI

1. Fund, U. N. C. The State of Children in Indonesia – Trends, Opportunities and Challenges for Realizing Children’s Rights. *UNICEF East Asia and the Pacific Regional Office* <https://www.unicef.org/indonesia/sites/unicef.org/indonesia/files/2020-06/The-State-of-Children-in-Indonesia-2020.pdf> (2020).
2. Chaparro, C., Oot, L. & Sethuraman, K. Overview of the nutrition situation in seven countries in Southeast Asia. *Washington, DC FHI* **360**, (2014).
3. UNICEF. Southeast Asia regional report on maternal nutrition and complementary feeding. *UNICEF East Asia Pacific Reg. Off.* (2021).
4. Global Nutrition Report. *2020 Global Nutrition Report: Action on Equity to End Malnutrition*. https://media.globalnutritionreport.org/documents/2020_Global_Nutrition_Report_2hrssKo.pdf (2020).
5. Haddad, L., Cameron, L. & Barnett, I. The double burden of malnutrition in SE Asia and the Pacific: priorities, policies and politics. *Health Policy Plan.* **30**, 1193–1206 (2015). DOI: 10.1093/heapol/czu129.
6. Rachmi, C. N., Li, M. & Baur, L. A. The double burden of malnutrition in Association of South East Asian Nations (ASEAN) countries: a comprehensive review of the literature. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* **27**, 736–755 (2018). DOI: 10.6133/apjcn.062018.02
7. Roos, N. *et al.* Micronutrient status of populations and preventive nutrition interventions in South East Asia. *Matern. Child Health J.* **23**, 29–45 (2019). DOI:10.1007/s10995-018-2639-2.
8. Ritchie, H. Micronutrient decency. Our world in data. (2022).
9. WHO. Micronutrient. (2022).
10. Von Grebmer, K. *et al.* *Synopsis: 2014 Global Hunger Index: The Challenge of Hidden Hunger*. vol. 83 (Intl Food Policy Res Inst, 2014).
11. Stevens, G. A. *et al.* National, regional, and global estimates of anaemia by severity in women and children for 2000–19: a pooled analysis of population-representative data. *Lancet Glob. Heal.* **10**, e627–e639 (2022). DOI: 10.1016/S2214-109X(22)00084-5.
12. Zimmermann, M. B. & Hurrell, R. F. Nutritional iron deficiency. *Lancet* **370**, 511–520 (2007). DOI: 10.1016/S0140-6736(07)61235-5.
13. Umasanker, S. *et al.* Vitamin B12 deficiency in children from Northern India: Time to reconsider nutritional handicaps. *J. Fam. Med. Prim. Care* **9**, 4985–4991 (2020). DOI: 10.4103/jfmpc.jfmpc_712_20.
14. Darnton-Hill, I. Public health aspects in the prevention and control of vitamin deficiencies. *Curr. Dev. Nutr.* **3**, nzz075 (2019). DOI: 10.1093/cdn/nzz075.
15. World Health Organization. *Global Prevalence of Vitamin A Deficiency in Populations at Risk 1995–2005: WHO Global Database on Vitamin A Deficiency*. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44110/9789241598019_eng.pdf (2009).
16. Cañete, A., Cano, E., Muñoz-Chápuli, R. & Carmona, R. Role of vitamin A/retinoic acid in regulation of embryonic and adult hematopoiesis. *Nutrients* **9**, 159 (2017). DOI: 10.3390/nu9020159.
17. Xu, Y. *et al.* Global patterns in vision loss burden due to vitamin A deficiency from 1990 to 2017. *Public Health Nutr.* **24**, 5786–5794 (2021). DOI: 10.1017/S1368980021001324.
18. UNICEF. Tackling the ‘triple burden’ of malnutrition in Indonesia. https://www.unicef.org/indonesia/nutrition?gad_source= (2024).
19. Blankenship, J. L., Rudert, C. & Aguayo, V. M. Triple trouble: Understanding the burden of child undernutrition, micronutrient deficiencies, and overweight in East Asia and the Pacific. *Matern. Child Nutr.* **16**, e12950 (2020). DOI: 10.1111/mcn.12950.
20. Kementerian Kesehatan RI. *Hasil Survey Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022*. <https://kesmas.kemkes.go.id/assets/uploads/contents/attachments/09fb5b8ccfd0f88080f2521ff0b4374f.pdf> (2022).
21. Kementerian Kesehatan RI. *Riset Kesehatan Dasar* 2018. https://kesmas.kemkes.go.id/assets/upload/dir_519d41d8cd98f00/files/Hasil-risikesdas-2018_1274.pdf (2018).
22. Saavedra, J. M. & Prentice, A. M. Nutrition in School-age Children: a Rationale for Revisiting Priorities. *Nutr. Rev.* **81**, 823–843 (2023). DOI: 10.1093/nutrit/nuac089.
23. Kementerian Kesehatan RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2020 tentang Status Antropometri Anak. http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No_2_Th_2020_ttg_Standar_Antropometri_Anak.pdf (2020).
24. Slaughter, M. H. *et al.* Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum. Biol.* 709–723 (1988).
25. Omron. Omron Instruction Manual. https://omronhealthcare.com/wp-content/uploads/1665708-0F_HBF-514C-Z_E_M_web_alt_text_acc.pdf (2024).
26. WHO. Anaemia. <https://www.who.int/data/nutrition/nlis/info/anaemia> (2011).
27. Wang, M. *et al.* Nutrition assessment of vitamin A and vitamin D in northeast Chinese population based-on SPE/UPLC/PDA. *BMC Nutr.* **4**, 1–7 (2018). DOI: 10.1186/s40795-018-0219-x.
28. WebMD Editorial Contributors. What’s a Vitamin B12 Test? <https://www.webmd.com/a-to-z-guides/vitamin-b12-test> (2024).

29. Firmansyah, H., Purba, E. M., Purba, R. & Rosmiati, R. Household Food Insecurity and its Association with Nutritional Status of Under Five Children in Indonesia. *Media Publ. Promosi Kesehat. Indones.* **7**, 2546–2552 (2024). DOI: 10.56338/mparki.v7i10.6197.
30. Singh, S. K. *et al.* Cultural and contextual drivers of triple burden of malnutrition among children in India. *Nutrients* **15**, 3478 (2023). DOI: 10.3390/nu15153478.
31. Gebregergis, C. M. Socioeconomic determinants of child malnutrition: Evidence from Ethiopia. *Discov. Glob. Soc.* **2**, 47 (2024). DOI: 10.1007/s44282-024-00062-8.
32. Shrestha, B. Mother's education and antenatal care visits in Nepal. *Tribhuvan Univ. J.* **32**, 153–164 (2018). DOI: 10.3126/tuj.v32i2.24712.
33. Etnis, A. R., Hutomo, W. M. P., Su, H. M., Rahman, I. & Kolong, E. Socioeconomic Factors and Its Correlation with Nutritional Status in Toddlers: A Study in Papua. *J. Heal. Sci. Epidemiol.* **2**, 83–89 (2024). DOI: 10.62404/jhse.v2i2.49.
34. Batubara, J. R. Adolescent Development (Perkembangan Remaja). *Sari Pediatr.* **12**, 21–29 (2010).
35. Schönbeck, Y., Van Dommelen, P., HiraSing, R. A. & Van Buuren, S. Thinness in the era of obesity: trends in children and adolescents in The Netherlands since 1980. *Eur. J. Public Health* **25**, 268–273 (2015). DOI: 10.1093/eurpub/cku130.
36. Zong, Y. *et al.* Secular trends in overweight and obesity among urban children and adolescents, 2003–2012: a serial cross-sectional study in Guangzhou, China. *Sci. Rep.* **7**, 12042 (2017). DOI: 10.1038/s41598-017-12094-z.
37. Taras, H. & Potts-Datema, W. Obesity and student performance at school. *J. Sch. Health* **75**, 291–295 (2005).
38. Booth, J. N. *et al.* Obesity impairs academic attainment in adolescence: findings from ALSPAC, a UK cohort. *Int. J. Obes.* **38**, 1335–1342 (2014). DOI: 10.1111/j.1746-1561.2005.00040.x.
39. Cicek, B. *et al.* Four-site skinfolds and body fat percentage references in 6-to-17-year old Turkish children and adolescents. *J Pak Med Assoc* **64**, 1154–1161 (2014).
40. Marrodán, M. D. *et al.* Development of subcutaneous fat in Spanish and Latin American children and adolescents: Reference values for biceps, triceps, subscapular and suprailiac skinfolds. *Homo* **68**, 145–155 (2017). DOI: 10.1016/j.jchb.2017.02.003.
41. Wanghi, G. I., Lytle, L. & Buhendwa, A. R. Body Mass Index Correlates with Body Fat Percentage in Children and Adolescents in the Democratic Republic of the Congo: A cross sectional study. *Afr. J. Health Sci.* **34**, 2–11 (2021).
42. Olivieri, F., Semproli, S., Pettener, D. & Toselli, S. Growth and malnutrition of rural Zimbabwean children (6–17 years of age). *Am. J. Phys. Anthropol. Off. Publ. Am. Assoc. Phys. Anthropol.* **136**, 214–222 (2008). DOI: 10.1002/ajpa.20797.
43. Grundy, S. M., Williams, C. & Vega, G. L. Upper body fat predicts metabolic syndrome similarly in men and women. *Eur. J. Clin. Invest.* **48**, e12941 (2018). DOI: 10.1111/eci.12941.
44. Jorgensen, J. M., Crespo-Bellido, M. & Dewey, K. G. Variation in hemoglobin across the life cycle and between males and females. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1450**, 105–125 (2019). DOI: 10.1111/nyas.14096.
45. Hollowell, J. G. *et al.* Hematological and iron-related analytes—reference data for persons aged 1 year and over: United States, 1988–94. *Vital Health Stat.* **11**, 1–156 (2005).
46. Adeli, K. *et al.* Complex biological profile of hematologic markers across pediatric, adult, and geriatric ages: establishment of robust pediatric and adult reference intervals on the basis of the Canadian Health Measures Survey. *Clin. Chem.* **61**, 1075–1086 (2015). DOI: 10.1373/clinchem.2015.240531.
47. Åsberg, A. E., Mikkelsen, G., Aune, M. W. & Åsberg, A. Empty iron stores in children and young adults—the diagnostic accuracy of MCV, MCH, and MCHC. *Int. J. Lab. Hematol.* **36**, 98–104 (2014). DOI: 10.1111/ijlh.12132.
48. Zeleke, M. B., Shaka, M. F., Anbesse, A. T. & Tesfaye, S. H. Anemia and Its Determinants among Male and Female Adolescents in Southern Ethiopia: A Comparative Cross-Sectional Study. *Anemia* **2020**, 3906129 (2020).
49. Gardner, W. & Kassebaum, N. Global, regional, and national prevalence of anemia and its causes in 204 countries and territories, 1990–2019. *Curr. Dev. Nutr.* **4**, nzaa053_035 (2020). DOI: 10.1093/cdn/nzaa053_035.
50. AbuKishk, N. *et al.* Anaemia prevalence in children newly registered at UNRWA schools: a cross-sectional study. *BMJ Open* **10**, e034705 (2020). DOI: 10.1136/bmjopen-2019-034705.
51. Hassan, T. H. *et al.* Impact of iron deficiency anemia on the function of the immune system in children. *Medicine (Baltimore)*. **95**, e5395 (2016). DOI: 10.1097/MD.0000000000005395.
52. Hill, D. L. *et al.* Immune system development varies according to age, location, and anemia in African children. *Sci. Transl. Med.* **12**, eaaw9522 (2020). DOI: 10.1126/scitranslmed.aaw9522.
53. Kassebaum, N. J. *et al.* A systematic analysis of global anemia burden from 1990 to 2010. *Blood, J. Am. Soc. Hematol.* **123**, 615–624 (2014).
54. Wu, J. *et al.* Prevalence of anemia in Chinese children and adolescents and its associated factors. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **16**, 1416 (2019). DOI: 10.3390/ijerph16081416.
55. Yang, Z., Li, Y., Hu, P., Ma, J. & Song, Y. Prevalence of anemia and its associated factors among Chinese 9-, 12-, and 14-year-old children: results from 2014 Chinese national survey on students constitution and health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **17**, 1474 (2020). DOI: 10.3390/ijerph17051474.
56. Zou, Y. *et al.* The rural-urban difference in BMI and anemia among children and adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **13**, 1020 (2016).

- DOI: 10.3390/ijerph13101020.
57. Birhanu, M., Gedefaw, L. & Asres, Y. Anemia among school-age children: magnitude, severity and associated factors in Pawe town, Benishangul-Gumuz region, Northwest Ethiopia. *Ethiop. J. Health Sci.* **28**, 259–266 (2018). DOI: 10.4314/ejhs.v28i3.3.
 58. Low, M., Farrell, A., Biggs, B.-A. & Pasricha, S.-R. Effects of daily iron supplementation in primary-school-aged children: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cmaj* **185**, E791–E802 (2013). DOI: 10.1503/cmaj.130628.
 59. Aibana, O. *et al.* Impact of vitamin A and carotenoids on the risk of tuberculosis progression. *Clin. Infect. Dis.* **65**, 900–909 (2017). DOI: 10.1093/cid/cix476.
 60. Liu, X. *et al.* Correlation between Nutrition and Symptoms: Nutritional Survey of Children with Autism Spectrum Disorder in Chongqing, China. *Nutrients* **8**, 294 (2016). DOI: 10.3390/nu8050294.
 61. Wołoszynowska-Fraser, M. U., Kouchmeshky, A. & McCaffery, P. Vitamin A and retinoic acid in cognition and cognitive disease. *Annu. Rev. Nutr.* **40**, 247–272 (2020). DOI: 10.1146/annurev-nutr-122319-034227.
 62. Carazo, A. *et al.* Vitamin A Update: Forms, Sources, Kinetics, Detection, Function, Deficiency, Therapeutic Use and Toxicity. *Nutrients* **13**, 1703 (2021). DOI: 10.3390/nu13051703.
 63. Green, R. *et al.* Vitamin B12 deficiency. *Nat. Rev. Dis. Prim.* **3**, 1–20 (2017). DOI: 10.1038/nrdp.2017.40.
 64. Popkin, B. M., Corvalan, C. & Grummer-Strawn, L. M. Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality. *Lancet* **395**, 65–74 (2020). DOI: 10.1016/S0140-6736(19)32497-3.
 65. Cristancho, C., Mogensen, K. M. & Robinson, M. K. Malnutrition in patients with obesity: An overview perspective. *Nutr. Clin. Pract.* (2024) doi:10.1002/ncp.11228.
 66. Sahiledengle, B. & Mwanri, L. Unveiling the crisis of the double burden of malnutrition. *Lancet Glob. Heal.* (2024) doi:10.1016/s2214-109x(24)00001-9.
 67. Prentice, A. M. The Triple Burden of Malnutrition in the Era of Globalization. in *Nestlé Nutrition Institute Workshop series* (2023). doi:10.1159/000529005.
 68. Song, L., Zhang, Y., Chen, T., Maitusong, P. & Lian, X. Association of body perception and dietary weight management behaviours among children and adolescents aged 6–17 years in China: cross-sectional study using CHNS (2015). *BMC Public Health* **22**, 175 (2022). DOI: 10.1186/s12889-022-12574-6.
 69. Dijkhuizen, M. A., Greffelle, V., Roos, N., Berger, J. & Wieringa, F. T. Interventions to improve micronutrient status of women of reproductive age in Southeast Asia: a narrative review on what works, what might work, and what doesn't work. *Matern. Child Health J.* **23**, 18–28 (2019). DOI: 10.1007/s10995-018-2637-4.
 70. Plakida, O. L., Goroshkov, O. V., Vastyanov, R. S., Matyushenko, P. M. & Ostapchuk, K. V. International programs to provide school-age children with nutrition. *Inter collegas* (2023) doi:10.35339/ic.10.2.pgv.
 71. Potapkina, E. *et al.* An Integrated Approach to the High-Quality, Safe and Healthy Nutrition Provision for Schoolchildren. *Индустрия питания* (2024) doi:10.29141/2500-1922-2024-9-1-10.
 72. Nsubuga, S. N. The Role of Food Policy and Global Nutrition Programs in Combating Malnutrition. *NEWPORT Int. J. PUBLIC Heal. Pharm.* (2024) doi:10.59298/nijpp/2024/523962765.
 73. Yazdanpanah, M. *et al.* Integrated food-based multi-actor approach to combat malnutrition. *Front. Sustain. food Syst.* (2023) doi:10.3389/fsufs.2023.1179768.