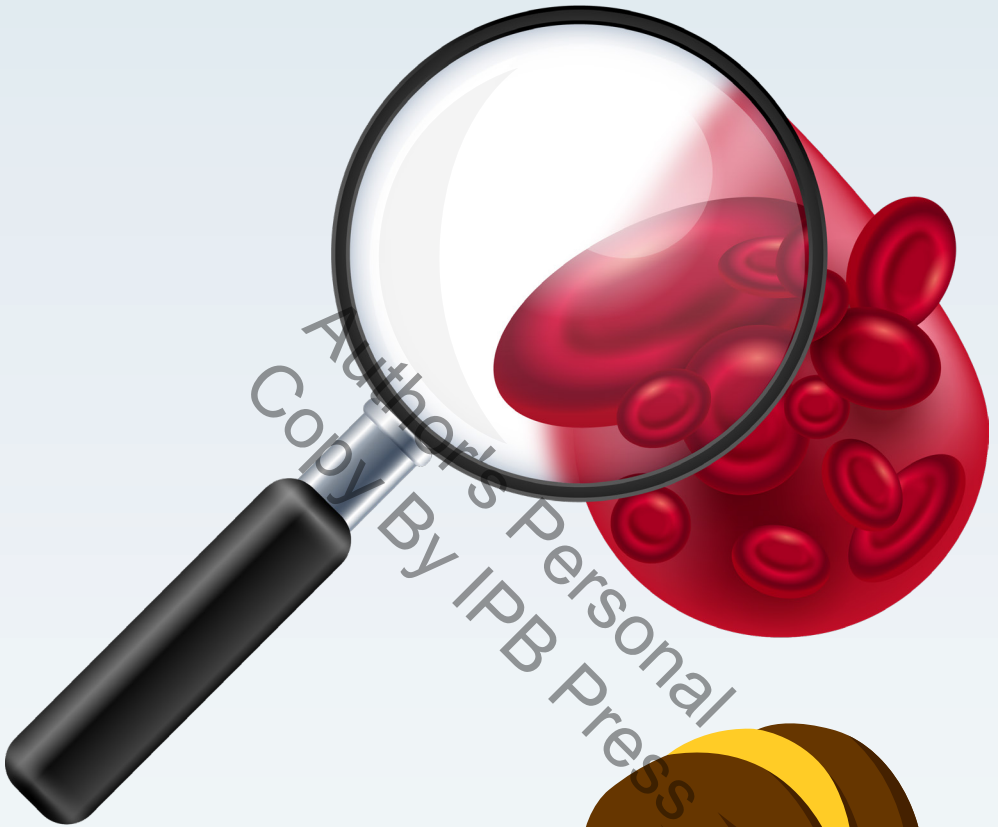


Ali Khomsan | Puspita Dewi
Faza Yasira Rusdi | Laksmi Nur Fajriani
Dzakiyyatul Fikrah 'Arifah



Anemia pada **REMAJA**





Anemia pada
REMAJA



Author's Personal
Copy By IPB Press

Anemia pada **REMAJA**

Ali Khomsan
Puspita Dewi
Faza Yasira Rusdi
Laksmi Nur Fajriani
Dzakiyyatul Fikrah Arifah



Penerbit IPB Press
Jalan Taman Kencana, No. 3
Kota Bogor - Indonesia

C.01/11.2025

Judul Buku:

Anemia pada Remaja

Penulis:

Ali Khomsan

Puspita Dewi

Faza Yasira Rusdi

Laksmi Nur Fajriani

Dzakiyyatul Fikrah 'Arifah

Penyunting Bahasa:

Cindy Arbelia

Penata Isi & Desain Sampul:

Muhamar Alwedi

Jumlah Halaman:

104 + x hal romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, November 2025

Diterbitkan dan dicetak oleh:

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: ipbpress@apps.ipb.ac.id

www.ipbpress.com

ISBN: 978-623-111-818-9

© 2025, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa bahwa atas izin dan ridho-Nya penulisan buku ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku *Anemia pada Remaja* dapat dijadikan referensi bagi mereka para akademisi, ilmuwan, maupun pemerhati masalah gizi dan kesehatan masyarakat.

Pertumbuhan pesat pada masa remaja meningkatkan kebutuhan zat besi seiring bertambahnya volume darah, massa otot, dan enzim tubuh. Pada perempuan, kebutuhan ini semakin besar karena adanya menstruasi. Kebutuhan zat besi remaja putri mencapai 15 mg/hari, lebih tinggi dibanding remaja laki-laki yang hanya 12 mg/hari.

Sejak *menarche* pada usia sekitar 12 tahun, remaja putri sebaiknya rutin mengonsumsi Tablet Tambah Darah (TTD) setiap minggu. Program **TTD** untuk remaja putri dapat meningkatkan kadar Hb dan menurunkan kejadian anemia.

Anemia menurunkan kualitas generasi muda dan juga merugikan dunia kerja. Rendahnya hemoglobin membatasi kapasitas tubuh mengangkut oksigen, sehingga pekerja tidak produktif. Penelitian menunjukkan, peningkatan kadar Hb sebesar 10% dapat menaikkan produktivitas kerja hingga 15%. Anemia akibat defisiensi besi dapat meningkatkan risiko kekurangan zink, yang selanjutnya menghambat pertumbuhan tinggi badan dan memicu *stunting*.

Masalah anemia di Indonesia sudah berlangsung puluhan tahun dan erat kaitannya dengan kemiskinan. Negara maju yang warganya terbiasa mengonsumsi pangan hewani relatif memiliki problem anemia lebih rendah. Suplementasi gizi menjadi salah satu cara mengatasi problem gizi anemia. Solusi yang lebih menyeluruh membutuhkan kombinasi intervensi gizi, pendidikan gizi, peningkatan kualitas perempuan, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat. Sinergi berbagai upaya inilah yang diharapkan mampu membebaskan Indonesia dari masalah anemia, sehingga kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) terjaga dan bonus demografi benar-benar menjadi berkah bagi bangsa. Semoga.

Bogor, November 2025

Penulis

Author's Personal
Copy By IPB Press

Daftar Isi

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II REMAJA DAN MASALAH GIZI	7
2.1 Definisi Remaja	7
2.2 Remaja dan Fase Pertumbuhan	9
2.3 Masalah Gizi Remaja.....	15
2.4 Kebutuhan Gizi Remaja.....	20
2.5 Media Sosial, <i>Peer Group</i> , dan Pola Makan Remaja	24
BAB III MEMAHAMI ANEMIA	29
3.1 Definisi Anemia	29
3.2 Klasifikasi Anemia	30
3.3 Gejala Anemia.....	36
3.4 Penyebab Anemia	37
3.5 Dampak Anemia.....	43
BAB IV ANEMIA PADA REMAJA.....	49
4.1 Prevalensi Anemia pada Remaja.....	49
4.2 Keterkaitan Konsumsi Inhibitor Zat Besi dengan Anemia.....	51
4.3 Keterkaitan Konsumsi Ekshibitor Zat Besi dengan Anemia	53

BAB V	PENCEGAHAN ANEMIA PADA REMAJA	57
5.1	Pedoman Gizi Seimbang	57
5.2	Suplementasi untuk Anemia	58
5.3	Fortifikasi Pangan	62
5.4	Pengobatan Penyakit Penyerta	72
DAFTAR PUSTAKA	79
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....		103

Author's Personal
Copy By IPB Press

Daftar Gambar

Gambar 1.	Penyerapan zat besi makanan pada enterosit duodenum manusia.....	55
-----------	--	----

Daftar Tabel

Tabel 1.	Angka kecukupan gizi tahun 2019 untuk remaja putri.....	22
Tabel 2.	Klasifikasi anemia berdasarkan indeks retikulosit.....	36
Tabel 3.	Karakteristik komposisi zat besi yang biasa digunakan untuk fortifikasi: kelarutan, bioavailabilitas, dan biaya	63
Tabel 4.	Tingkat zat besi yang perlu dipertimbangkan untuk ditambahkan ke tepung jagung dan tepung terigu yang diperkaya	64
Tabel 5.	Persyaratan mutu beras fortifikasi	65
Tabel 6.	Persyaratan kandungan zat gizi beras fortifikasi	66
Tabel 7.	Contoh kandungan zat gizi kernel beras fortifikan dengan rasio pencampuran 1% dan 2%.....	67
Tabel 8.	Kandungan dan bentuk kimia mikronutrien yang termasuk dalam standar fortifikasi gandum.....	69
Tabel 9.	Rata-rata tingkat zat besi yang perlu dipertimbangkan ke tepung terigu yang diperkaya berdasarkan Tingkat ekstraksi, senyawa fortifikasi, dan perkiraan ketersediaan tepung per kapita.....	70
Tabel 10.	Konsentrasi dan bentuk senyawa kimia yang digunakan untuk fortifikasi tepung terigu	71

Author's Personal
Copy By IPB Press



BAB I

PENDAHULUAN

Kasus busung lapar massal yang melanda Kabupaten Gunung Kidul pada tahun 1960-an, maupun kelaparan besar di Ethiopia pada 1980-an merupakan peristiwa langka yang jarang terjadi di Indonesia. Meski kekurangan pangan dalam skala besar jarang ditemukan, bukan berarti negeri ini terbebas dari persoalan gizi.

Fenomena *hidden hunger* atau kelaparan tersembunyi menggambarkan masalah kekurangan gizi, khususnya gizi mikro, yang tidak selalu tampak dalam bentuk busung lapar atau gizi buruk, tetapi berdampak serius pada kualitas sumber daya manusia (SDM). Kehilangan potensi kecerdasan akibat defisiensi gizi mikro sungguh mengkhawatirkan. Misalnya, anemia karena kekurangan zat besi membuat penduduk Indonesia kehilangan sekitar 40–80 juta poin IQ, sementara defisiensi yodium diperkirakan menurunkan hingga 150 juta poin IQ. Dengan kata lain, defisiensi gizi mikro merupakan problem kesehatan masyarakat yang mengancam kualitas bangsa.

Isu lain yang menjadi perhatian besar adalah *stunting*, yaitu kondisi ketika anak memiliki tinggi badan lebih rendah dari standar usianya. Pemerintah telah melaksanakan berbagai kebijakan dan program intervensi untuk menekan angka *stunting* karena dampaknya yang besar terhadap kualitas generasi mendatang. *Stunting* sejatinya sudah berawal sejak masa prakonsepsi, misalnya ketika remaja mengalami kekurangan gizi dan anemia. Anemia sendiri merupakan kondisi kadar hemoglobin (Hb) di bawah normal akibat defisiensi satu atau lebih zat gizi pembentuk sel darah merah (Setyorini, Anwar, Riyadi, Khomsan 2019).

Di Indonesia, sebanyak 46,6% remaja putri usia 15–19 tahun berisiko mengalami **kurang energi kronis (KEK)**, yang tentu menjadi beban serius bagi upaya mencetak generasi berkualitas. Padahal, remaja adalah aset bangsa yang harus tumbuh dengan fisik kuat, mental tangguh, dan kesehatan prima (Wahyuningsih, Khomsan, Ekawidayani 2014). Hingga usia sekitar 9 tahun, laju pertumbuhan tinggi dan berat badan anak laki-laki maupun perempuan relatif sama, meski anak laki-laki umumnya sedikit lebih berat. Periode pra pubertas pada perempuan terjadi sekitar dua tahun lebih awal dibanding laki-laki, sehingga pada fase ini perempuan cenderung lebih tinggi dan memiliki massa otot lebih besar. Namun, setelah memasuki pubertas, laki-laki mengalami perkembangan otot dan kerangka tubuh yang lebih pesat, sementara perempuan cenderung mengalami sedikit peningkatan massa otot dan lebih banyak penambahan lemak tubuh.

Fase percepatan pertumbuhan yang paling menonjol pada remaja dikenal sebagai *growth spurt*, dengan puncak laju pertumbuhan disebut *peak*. Umumnya, laki-laki mencapai puncak pertumbuhan tinggi dan berat badan pada usia yang lebih lambat dibanding perempuan, tetapi intensitas pertumbuhannya lebih besar sehingga menghasilkan akumulasi jaringan tubuh lebih banyak. Data dari *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) menunjukkan bahwa remaja Amerika mengalami *peak height velocity* lebih awal dibandingkan remaja Inggris, yaitu sekitar $\frac{3}{4}$ tahun lebih cepat pada laki-laki dan $\frac{1}{4}$ tahun lebih cepat pada perempuan.

Pada remaja perempuan, puncak pertumbuhan tinggi badan menjadi penanda awal pubertas, yang biasanya disertai dengan tumbuhnya rambut di sekitar kemaluan dan perkembangan payudara. Menstruasi pertama umumnya terjadi beberapa bulan setelah itu, dengan kisaran usia normal 10–16 tahun. Menstruasi yang datang lebih awal sering kali berkaitan dengan cadangan lemak subkutan yang lebih tinggi, yang juga meningkatkan risiko kegemukan. Menurut teori, siklus menstruasi baru dapat terjadi bila tubuh memiliki minimal 17% lemak dari berat badan, sedangkan untuk mempertahankan siklus menstruasi yang teratur dibutuhkan sekitar 22%. Hal ini diperkuat oleh hasil studi epidemiologis yang menemukan bahwa perempuan dengan cadangan lemak rendah—seperti penderita anoreksia nervosa, penari balet, dan atlet—sering

mengalami *amenorrhea* atau keterlambatan menstruasi. Meski demikian, menstruasi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti perkembangan kerangka, aktivitas fisik, dan stres yang dapat mengganggu metabolisme tubuh.

Pada remaja laki-laki, awal pubertas ditandai dengan munculnya ciri seksual sekunder, antara lain tumbuhnya rambut pubis, perubahan suara, serta pembesaran alat kelamin. Berbeda dengan perempuan yang ditandai menstruasi, remaja laki-laki mengalami mimpi basah sebagai akibat dari meningkatnya aktivitas hormon testosteron.

Upaya menekan prevalensi *stunting* pada anak-anak Indonesia dapat dilakukan melalui program gizi di hulu. Remaja putri menjadi salah satu target strategis program gizi di hulu dengan pemberian tablet tambah darah (TTD) agar terhindar dari anemia, sekaligus mencegah lahirnya generasi *stunting* (Prasetya, Khomsan, Riyadi, Anwar 2022). Anemia sendiri berkaitan erat dengan pencapaian *Sustainable Development Goals (SDGs)*, terutama SDG-3 tentang kesehatan dan kesejahteraan (Haya, Baliwati, Khomsan, Briawan 2025).

Pertumbuhan pesat pada masa remaja meningkatkan kebutuhan zat besi, seiring bertambahnya volume darah, massa otot, dan enzim tubuh. Pada perempuan, kebutuhan ini semakin besar karena adanya menstruasi. Kebutuhan zat besi remaja putri mencapai 15 mg/hari, lebih tinggi dibanding remaja laki-laki yang hanya 12 mg/hari. Selain zat besi, mineral lain seperti **zink** juga penting untuk pertumbuhan, sintesis protein, serta mineralisasi tulang. Kekurangan zink dapat menghambat pertumbuhan, menurunkan fungsi indera perasa, mengganggu pematangan seksual, dan memperlambat penyembuhan luka.

Selain mineral, kecukupan kalori dan protein juga sangat menentukan pertumbuhan remaja. Kekurangan protein misalnya, dapat menghambat pencapaian tinggi badan optimal. Sementara itu, rendahnya konsumsi pangan hewani yang kaya zat besi diyakini menjadi salah satu penyebab utama anemia pada remaja. Bila calon ibu mengalami anemia, risiko melahirkan bayi dengan panjang badan lahir pendek meningkat 4,3 kali lipat dibanding ibu hamil tanpa anemia.

Sejak *menarche* pada usia sekitar 12 tahun, remaja putri sebaiknya rutin mengonsumsi tablet tambah darah (TTD) yang mengandung zat besi-asam folat setiap minggu. Program **TTD untuk rematri** (remaja putri) akan dapat meningkatkan kadar Hb dan menurunkan kejadian anemia hingga 27%, asalkan ada kepatuhan dalam konsumsi. Studi Permatasari, Briawan, dan Madanijah (2018) di Kota Bogor menunjukkan bahwa suplementasi besi-asam folat selama 16 minggu menurunkan prevalensi anemia secara signifikan. Namun, tingkat kepatuhan masih rendah. Data Riskesdas 2018 mencatat 80,9% remaja putri memperoleh TTD di sekolah, tetapi hanya 1,4% yang benar-benar mengonsumsi ≥ 52 tablet per tahun (Kemenkes RI 2019).

Secara global, sekitar dua miliar orang mengalami kekurangan gizi mikro, dan 613 juta di antaranya menderita anemia. Di Indonesia, sebesar 48,9% wanita hamil dan banyak remaja putri masih mengalami anemia. Anemia akibat defisiensi besi bahkan meningkatkan risiko kekurangan zink, yang selanjutnya menghambat pertumbuhan tinggi badan dan memicu *stunting*.

Dampak *stunting* pun luas seperti anak berpotensi terlambat masuk dan terdaftar sekolah karena tubuhnya dianggap belum cukup umur, kesempatan belajar sesuai usia terlewat, serta perkembangan intelektual dan psikomotorik terganggu permanen. Seorang anak yang anemia dapat kehilangan 5–10 poin indeks psikomotorik. Jika anemia terjadi sebelum usia dua tahun—periode *golden age* perkembangan otak—kerusakan intelektual bisa bersifat permanen.

Selain menurunkan kualitas generasi muda, anemia juga merugikan dunia kerja. Rendahnya hemoglobin membatasi kapasitas tubuh mengangkut oksigen, sehingga pekerja tidak produktif. Kerugian ekonomi akibat anemia diperkirakan mencapai triliunan rupiah. Penelitian menunjukkan, peningkatan kadar Hb sebesar 10% dapat menaikkan produktivitas kerja hingga 15%. Hal ini sangat penting bagi sektor industri yang banyak mempekerjakan perempuan, seperti tekstil, rokok, dan perkebunan.

Kekurangan gizi mikro, yang merupakan wujud *hidden hunger*, berdampak besar pada kualitas penduduk sekaligus kerugian ekonomi bangsa. Pemerintah pusat maupun daerah perlu lebih serius menangani

masalah ini, termasuk melalui evaluasi program distribusi TTD yang masih belum optimal. Di banyak daerah lokus *stunting*, ketersediaan TTD sudah mencukupi, tetapi distribusi dan kepatuhan konsumsi masih rendah. Sebagian remaja putri enggan meminum TTD karena rasa tidak enak atau efek samping seperti mual (Khomsan, Riyadi, Prasetya 2025).

Masalah anemia sudah berlangsung puluhan tahun dan erat kaitannya dengan kemiskinan. Negara maju yang warganya terbiasa mengonsumsi pangan hewani relatif memiliki prevalensi anemia lebih rendah. Oleh karena itu, peningkatan gizi harus diiringi perbaikan kesejahteraan, termasuk penyediaan lapangan kerja dan upah yang layak.

Pada akhirnya, suplementasi gizi hanyalah salah satu cara mengatasi problem gizi anemia. Solusi yang lebih menyeluruh membutuhkan kombinasi intervensi gizi, pendidikan gizi, peningkatan kualitas perempuan, serta pengentasan kemiskinan. Sinergi berbagai upaya inilah yang diharapkan mampu membebaskan Indonesia dari masalah anemia dan kekurangan gizi mikro lainnya, sehingga kualitas SDM terjaga dan bonus demografi benar-benar menjadi berkah bagi bangsa.

Author's Personal
Copy By IPB Press



BAB II

REMAJA DAN MASALAH GIZI

2.1 Definisi Remaja

Remaja merupakan kelompok usia 10 tahun hingga sebelum berusia 18 tahun sebagaimana dijelaskan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2025), atau secara lebih luas didefinisikan sebagai individu berusia 10–19 tahun oleh *World Health Organization* (2025). Masa remaja adalah fase transisi antara masa kanak-kanak menuju dewasa yang ditandai oleh perubahan biologis, psikologis, dan sosial. Pada periode ini, remaja mengalami pertumbuhan tinggi dan berat badan yang pesat, perkembangan ciri seksual sekunder, serta perubahan hormonal yang memengaruhi metabolisme dan kebutuhan gizi. Dengan demikian, remaja bukan hanya dipahami sebagai fase pertumbuhan fisik, tetapi juga sebagai masa pembentukan identitas diri, kemandirian, serta penyesuaian sosial yang kompleks.

Masa remaja juga dipandang sebagai tahap perkembangan manusia yang unik sekaligus periode penting dalam meletakkan fondasi kesehatan jangka panjang. Pada fase ini, remaja mengalami pertumbuhan fisik, kognitif, dan psikososial yang signifikan sehingga memengaruhi cara mereka berpikir, merasa, mengambil keputusan, dan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Meskipun sering dianggap sebagai masa kehidupan yang relatif sehat, kenyataannya remaja tetap menghadapi risiko penyakit, cedera, dan masalah kesehatan lain yang sebagian besar dapat dicegah atau diatasi dengan intervensi yang tepat.

Menurut Raymond dan Morrow (2021), masa remaja merupakan salah satu periode paling menarik sekaligus menantang dalam perkembangan manusia, umumnya berlangsung antara usia 12 hingga 21 tahun. Pada fase ini terjadi transformasi fisiologis, psikologis, dan kognitif yang sangat besar, ketika seorang anak berangsur-angsur berkembang menjadi orang dewasa muda. Pola pertumbuhan yang relatif lambat pada masa kanak-kanak berubah menjadi pertumbuhan yang cepat, baik secara fisik maupun psikososial. Perubahan fungsi kognitif dan emosional memungkinkan remaja menjadi lebih mandiri, meskipun pengaruh teman sebaya kerap lebih dominan daripada nilai keluarga, yang tidak jarang menimbulkan konflik antara remaja dengan orang tua. Karena seluruh perubahan ini memiliki dampak langsung terhadap kebutuhan zat gizi dan perilaku konsumsi, tenaga kesehatan perlu memahami secara menyeluruh bagaimana dinamika perkembangan remaja dapat memengaruhi status gizi mereka. Masa pubertas juga menjadi titik penting karena ditandai oleh pertumbuhan pesat dan kematangan reproduksi yang dipicu oleh peningkatan hormon-hormon reproduktif, seperti estrogen, progesteron, dan testosteron, yang terlihat melalui munculnya ciri seksual sekunder seperti perkembangan payudara pada perempuan serta pertumbuhan rambut wajah pada laki-laki.

Upaya kesehatan remaja memiliki tujuan untuk mempersiapkan mereka menjadi orang dewasa yang sehat, cerdas, berkualitas, dan produktif serta mampu menjaga, mempertahankan, dan meningkatkan kesehatan dirinya. Kesehatan remaja dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti pola makan yang sehat, aktivitas fisik yang teratur, serta kesehatan mental dan emosional. Remaja yang sehat ditandai dengan berat badan, tinggi badan, dan indeks massa tubuh yang sesuai dengan usianya, di samping memiliki kemampuan untuk mengambil keputusan yang baik dan bertanggung jawab terhadap tindakan yang dilakukan.

Upaya Kesehatan Remaja (UKR) yang digagas Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2025) meliputi berbagai aspek, antara lain pengembangan positif remaja, pencegahan kecelakaan dan kekerasan, pemeliharaan kesehatan reproduksi, pencegahan serta pengendalian penyakit menular dan tidak menular, pemenuhan gizi seimbang, peningkatan aktivitas fisik, perhatian terhadap kesehatan jiwa, hingga

penanganan kesehatan remaja dalam situasi krisis. Selain itu, pola makan yang sehat dan bergizi seimbang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan remaja, dengan memperhatikan asupan karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral yang cukup. Aktivitas fisik yang rutin, seperti olahraga ringan atau berjalan kaki, juga penting untuk menjaga kesehatan jantung, paru-paru, otot, dan tulang.

Dukungan keluarga dan lingkungan menjadi faktor yang sangat menentukan dalam mewujudkan kesehatan remaja. Peran keluarga mencakup pengasuhan, pemeliharaan, pendidikan, dan perlindungan, sehingga remaja dapat tumbuh sehat sesuai kemampuan, minat, dan bakatnya. Dukungan tersebut juga berperan dalam mencegah perkawinan usia dini serta memfasilitasi remaja untuk memperoleh pelayanan kesehatan sesuai standar. Dengan demikian, upaya kesehatan remaja tidak hanya ditujukan kepada remaja itu sendiri, tetapi juga harus melibatkan orang tua, pengasuh, guru, tenaga kesehatan, dan masyarakat agar terbentuk generasi yang sehat, mandiri, serta siap menghadapi tantangan masa depan.

2.2 Remaja dan Fase Pertumbuhan

Remaja merupakan suatu periode transisi dari kanak-kanak menuju kedewasaan yang ditandai dengan perubahan fisik maupun psikologis yang signifikan dalam kehidupan individu (Richard 2021). Awal masa remaja berlangsung sekitar usia 13 tahun dan berakhir sampai 18 atau 20 tahun. Masa remaja dapat dibedakan menjadi tiga fase utama, yaitu remaja awal, remaja tengah, dan remaja akhir (Hurlock 1980).

1. Remaja awal atau *early adolescence* (11–13 tahun)
2. Remaja tengah atau *middle adolescence* (14–16 tahun)
3. Remaja akhir atau *late adolescence* (17–20 tahun)

Transisi dari masa kanak-kanak ke masa remaja merupakan fase penting yang ditandai oleh perubahan fisik, emosional, kognitif, dan sosial yang besar. Masa remaja memiliki beberapa risiko terhadap munculnya berbagai faktor penyakit jangka pendek dan panjang. Pembentukan strategi perilaku yang berperan dalam pembentukan identitas emosional, sosial, dan budaya individu terjadi pada masa remaja. Masa remaja awal

menjadi fase yang unik karena mencerminkan keseimbangan antara potensi dan kerentanan. Jika proses transisi ini tidak berjalan baik, dapat muncul masalah psikologis seperti kecemasan, depresi, gangguan makan, dan perilaku adiktif. Interaksi antara faktor risiko dan mekanisme ketahanan sangat menentukan kesejahteraan remaja (Mastorci *et al.* 2024).

Generasi remaja saat ini tumbuh di masa perubahan lingkungan pangan yang belum pernah terjadi sebelumnya, di mana masalah gizi berupa defisiensi mikronutrien dan kerawanan pangan masih ada, serta kelebihan berat badan dan obesitas semakin meningkat. Gizi memiliki peran formatif dalam pengaturan waktu dan pola pubertas, dengan konsekuensi terhadap tinggi badan dewasa, akumulasi massa otot dan lemak, serta risiko penyakit tidak menular di kemudian hari (Norris *et al.* 2022).

Pertumbuhan pada masa remaja awal berlangsung cepat akibat perubahan hormonal pada pubertas, namun kecepatan pertumbuhan tersebut menurun pada masa remaja tengah dan akhir. Pertumbuhan pada remaja adalah proses perubahan kuantitatif yang ditandai dengan peningkatan ukuran, jumlah, dan dimensi tubuh, baik pada tingkat sel, organ, maupun individu. Pertumbuhan dapat diukur melalui berat badan, tinggi badan, umur tulang, dan keseimbangan metabolik. Proses ini bersifat *irreversible* serta menunjukkan perubahan dari organisme kecil menjadi lebih besar seiring waktu. Perubahan yang dialami tidak hanya terkait ukuran tubuh, tetapi juga penampilan.

Pola pertumbuhan pada remaja putri ditandai dengan periode percepatan pertumbuhan (*growth spurt*). *Adolescent growth spurt* adalah percepatan pertumbuhan tinggi dan berat badan yang terjadi saat pubertas, berlangsung sepanjang masa remaja, dan berhenti ketika pertumbuhan linear selesai. Fase ini berkontribusi besar terhadap perbedaan tinggi badan, proporsi tubuh, komposisi massa otot dan lemak, serta bentuk tubuh antara laki-laki dan perempuan. Lama pertumbuhan pada remaja perempuan berlangsung sekitar 1,5 tahun (Gurri 2018).

Pertumbuhan linear pada masa remaja merupakan fase percepatan pertumbuhan tertinggi setelah masa bayi. Terdapat dua proses seluler penting pada fase pertumbuhan remaja, yaitu proliferasi dan hipertrofi

kondrosit yang memanjangkan tulang, serta mineralisasi oleh osteoblas untuk menguatkan jaringan tulang baru. Proses ini dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor genetik, sinyal endokrin, dan kecukupan gizi. Zat gizi berperan penting dalam mendukung fungsi kondrosit dan mineralisasi tulang (Norris *et al.* 2022).

Fase pertumbuhan remaja menyebabkan remaja mengalami berbagai perubahan fisiologis, fisik, dan psikososial yang berkaitan dengan pertumbuhan. Fase pertumbuhan remaja dimulai dengan pubertas, yang mendorong pertumbuhan linear; penambahan massa tulang, otot, dan lemak; dan pematangan sistem biologis. Pubertas adalah proses biologis dalam perkembangan sistem pengaturan hormonal yang mirip dengan orang dewasa. Remaja perempuan mengalami pubertas satu hingga 2 tahun lebih awal dibandingkan remaja laki-laki. Dalam beberapa tahun terakhir, usia rata-rata awal pubertas mengalami penurunan dari 11 tahun menjadi 9 tahun. Usia akhir dari perubahan fisik pubertas dialami sebagian besar remaja putri pada usia sekitar 15 tahun. Pola pertumbuhan pada remaja putri sebagai berikut:

1. Ovarium. Selama masa pubertas, ovarium mulai membesar dan memproduksi berbagai hormon, seperti hormon estrogen dan progesteron.
2. Pertumbuhan payudara. Pertumbuhan payudara mulai tampak sekitar usia 8 tahun dan selesai dalam rentang waktu 12–18 tahun.
3. Pertumbuhan linear. Tubuh remaja perempuan cenderung lebih berlekuk selama pubertas akibat peningkatan deposisi lemak, terutama di sekitar payudara dan pinggul.
4. Rambut pubis. Rambut pubis mulai muncul sebelum masa remaja dan mencapai pola dewasa sekitar usia 18 tahun.
5. *Menarche*. Menstruasi pertama terjadi sekitar usia 11–12 tahun pada masa pertumbuhan linier sudah mulai mengalami perlambatan.

Pubertas pada anak perempuan ditandai oleh munculnya tunas payudara (*thelarche*) sebagai tanda awal *gonadarche*. Peristiwa ini umumnya terjadi pada rentang usia 8 hingga 13 tahun, dengan rata-rata pada usia 11 tahun. Apabila perkembangan terjadi sebelum usia 8 tahun, kondisi tersebut dikategorikan sebagai pubertas prekoks, sedangkan bila setelah usia 13 tahun dianggap sebagai keterlambatan pubertas.

Laju perkembangan pubertas berhubungan erat dengan kadar hormon seks steroid pada masa awal pubertas. Secara umum, pubertas pada anak perempuan berlangsung selama 3 hingga 3,5 tahun, meskipun variasi dapat terjadi, baik lebih singkat sekitar 2 tahun maupun lebih panjang hingga 5 sampai 6 tahun. *Menarche*, yaitu menstruasi pertama, biasanya muncul sekitar dua setengah tahun setelah permulaan perkembangan payudara (Rogol *et al.* 2002).

A. Tinggi badan

Remaja perempuan biasanya mengalami lonjakan tinggi badan yang signifikan sebelum *menarche*, dan tinggi badan akhir umumnya tercapai dalam waktu 2 hingga 2,5 tahun setelah *menarche*. Rata-rata remaja perempuan mencapai tinggi yang matang antara usia 17–18 tahun. Rata-rata peningkatan tinggi badan pada perempuan adalah 5–20 cm. Rata-rata anak perempuan mencapai puncak *Peak Height Velocity* (PHV) 9 cm/tahun pada usia 12 tahun dan total pertambahan tinggi badan sekitar 25 cm selama periode pubertas (Rogol *et al.* 2002).

B. Berat badan

Perubahan berat badan terjadi seiring perubahan tinggi badan. Remaja perempuan juga mengalami kenaikan berat badan. Remaja perempuan mengalami peningkatan berat badan sekitar 7 hingga 25 kg sepanjang periode pertumbuhan. Pada anak perempuan, *peak weight velocity* terjadi sekitar 6 bulan setelah PHV, dengan rata-rata 8,3 kg/tahun pada usia sekitar 12,5 tahun. Laju pertambahan berat badan kemudian melambat seiring dengan penurunan kecepatan pertumbuhan tinggi badan pada tahap akhir perkembangan pubertas (Rogol *et al.* 2002).

C. Proporsi dan komposisi tubuh

Pertumbuhan remaja perempuan dimulai lebih cepat dibandingkan laki-laki. Remaja perempuan mengalami peningkatan lemak tubuh dan distribusi khas (*gynoid*). Persentase lemak tubuh lebih besar pada anak perempuan. Peningkatan lemak berkisar sekitar 1% pada usia 5 tahun dan meningkat menjadi sekitar 6% pada usia 10 tahun. Selama masa

pertumbuhan, remaja perempuan mengalami peningkatan persentase lemak tubuh dan menambah massa lemak dengan laju 1,14 kg per tahun (Rogol *et al.* 2002).

Selama fase percepatan pertumbuhan, kekuatan serta massa otot mengalami peningkatan. Namun, kekuatan massa otot pada remaja perempuan tidak sekuat remaja laki-laki (Kuh *et al.* 2016). Rata-rata, anak perempuan mencapai tingkat massa otot dewasa yang stabil pada usia sekitar 15–16 tahun (Dreizen *et al.* 1967). Perubahan fisik pada remaja perempuan dipengaruhi oleh usia kematangan. Remaja perempuan yang matangnya terlambat, cenderung memiliki bahu yang lebih lebar daripada anak yang matang lebih awal. Tungkai kaki remaja yang matang lebih awal cenderung pendek gemuk, sedangkan tungkai anak yang matangnya terlambat cenderung lebih ramping (Hurlock 1980).

D. Sistem biologis

Seluruh organ tubuh mencapai kematangan sepenuhnya seperti pada orang dewasa. Kepala, leher, dan tangan berkembang hingga memiliki proporsi dewasa, disertai dengan peningkatan kadar lemak tubuh. Pertumbuhan ukuran otak berhenti, tetapi proses kerja saraf menjadi lebih cepat karena adanya mielinisasi neuron. Selain itu, denyut jantung melambat, tekanan darah sistolik meningkat, dan frekuensi pernapasan berkurang, hingga akhirnya mencapai nilai normal dewasa pada akhir masa remaja (Smith & Coleman 2021). Kelenjar keringat mulai berfungsi pada tingkat dewasa.

1. Sistem pencernaan: lambung memanjang dan tidak lagi berbentuk seperti pipa, sementara usus bertambah panjang dan besar. Otot-otot pada perut dan dinding usus menjadi lebih tebal serta kuat. Selain itu, hati mengalami peningkatan berat, dan esofagus juga bertambah panjang.
2. Sistem peredaran darah: jantung mengalami pertumbuhan pesat selama masa remaja. Pada usia 17–18 tahun, berat jantung menjadi sekitar 12 kali lipat dari saat lahir. Panjang serta ketebalan dinding pembuluh darah juga meningkat, dan mencapai kematangan ketika jantung telah berkembang sempurna.

3. Sistem pernapasan: kapasitas paru-paru pada remaja perempuan umumnya mencapai kematangan sekitar usia 17 tahun, sedangkan pada laki-laki beberapa tahun setelahnya.
4. Sistem endokrin: aktivitas gonad yang meningkat pada masa pubertas menyebabkan ketidakseimbangan sementara pada sistem endokrin. Kelenjar reproduksi berkembang dengan cepat dan mulai berfungsi, meskipun ukuran matangnya baru tercapai pada akhir masa remaja atau awal dewasa.
5. Jaringan tubuh: pertumbuhan kerangka biasanya berhenti sekitar usia 18 tahun. Namun, jaringan selain tulang, terutama otot, terus berkembang seiring pematangan tulang (Hurlock 1980).

Pertumbuhan pubertas sangat bervariasi antar-individu dan dipengaruhi oleh faktor genetik, hormonal, gizi, dan aktivitas fisik.

1. Genetik: tinggi badan dewasa, laju pertumbuhan, waktu dan kecepatan perkembangan seksual, kematangan kerangka, serta perkembangan gigi dipengaruhi secara signifikan oleh faktor genetik. Perkiraan tingkat pewarisan genetik berkisar antara 41% hingga 71%. Gen bekerja sama dengan hormon, di mana peran gen sebagai *blueprint* biologis dan peran hormon sebagai pengatur ekspresi genetik, seperti ACTN3 dalam meningkatkan pertumbuhan kekuatan dan *power* bersama hormon testosteron, GEN ACE dalam meningkatkan pertumbuhan imunitas bersama hormon IGF-1 (Rogol *et al.* 2000; Gholamreza Zourmand *et al.* 2025).
2. Hormonal: hormon berperan sebagai pengatur utama pertumbuhan, metabolisme energi, adaptasi otot. Pertumbuhan melibatkan interaksi kompleks antara *growth hormone* (GH), *insulin-like growth factor-1* (IGF-1), dan hormon seks (testosteron & estrogen). Gangguan keseimbangan hormon (misalnya karena defisit energi) dapat menghambat pertumbuhan dan pematangan tulang (Rogol *et al.* 2000).
3. Gizi: gizi pada remaja sangat penting karena terjadi percepatan pertumbuhan fisik, perkembangan otak, serta pembentukan kebiasaan makan yang akan memengaruhi kesehatan di masa dewasa. Namun, ada fenomena “beban ganda”, di mana masalah kekurangan gizi dan kelebihan gizi muncul bersamaan, terutama di negara

berkembang. Malgizi dapat menunda pubertas dan menurunkan intensitas pertumbuhan, sementara obesitas dapat mempercepat onset pubertas tetapi menurunkan total pertumbuhan (Lassi *et al.* 2017).

4. Aktivitas fisik: pada anak perempuan, aktivitas fisik ringan hingga sedang bermanfaat bagi kesehatan metabolik dan komposisi tubuh. Namun, latihan berat dengan pembatasan energi seperti gimnastik, balet, atau lari jarak jauh dapat menyebabkan pertumbuhan lebih lambat, tinggi akhir lebih pendek, serta *menarche* yang tertunda (Rogol *et al.* 2000; Zourmand *et al.* 2025).

2.3 Masalah Gizi Remaja

Masa remaja merupakan masa peralihan dari fase kanak-kanak menuju dewasa yang seluruh aspek pertumbuhan dan perkembangan telah dialami sebagai persiapan untuk memasuki masa dewasa yang ditandai dengan adanya perubahan dari segi fisik, psikis maupun psikososial (Utami & Raharjo 2021). Menurut WHO, remaja merupakan penduduk dengan rentang usia antara 10–19 tahun, sedangkan menurut Permenkes RI Nomor 25 Tahun 2014, remaja merupakan penduduk dengan rentang usia 10–18 tahun (Kemenkes 2015). Fase remaja merupakan segmen kehidupan yang penting dalam siklus perkembangan individu karena fase ini merupakan fase transisi yang dapat diarahkan pada perkembangan masa dewasa yang baik dan sehat.

Remaja merupakan salah satu kelompok yang rentan mengalami masalah gizi seperti kekurangan gizi, kelebihan gizi, dan defisiensi mikronutrien. Remaja menjadi kelompok yang rentan karena pada fase remaja terjadi pertumbuhan dan perkembangan tubuh yang pesat yang memerlukan zat gizi yang cukup (Mardalena 2017). Namun, kebutuhan gizi yang cukup ini sering kali diabaikan oleh remaja sehingga tampak beberapa masalah gizi yang terjadi. Masalah gizi pada remaja banyak terjadi karena ketidakseimbangan energi yang diterima dengan kecukupan gizi yang dianjurkan. Masalah gizi yang umumnya dialami para remaja adalah sebagai berikut:

A. Kurang energi kronik (KEK)

Salah satu masalah gizi yang mengancam remaja Indonesia adalah kurang energi kronik (KEK) (Kemenkes 2018). KEK pada remaja putri merupakan kondisi yang terjadi akibat dari kurangnya asupan energi dan protein dalam jangka waktu yang lama. KEK dapat diketahui dengan ukuran lingkaran lengan atas (LiLA) wanita usia subur < 23,5 cm. Lingkaran lengan atas dapat menggambarkan ketersediaan zat gizi di otot dan lemak bawah kulit. Energi dapat disimpan sebagai cadangan dalam bentuk jaringan adiposa yang berada di lemak bawah kulit. Oleh karena itu, lingkaran lengan atas dapat digunakan sebagai indikator untuk melihat riwayat asupan gizi pada masa lampau (Telisa & Eliza 2020).

Remaja yang mengalami KEK memiliki risiko yang lebih besar mengalami penyakit infeksi dan gangguan hormonal yang memberikan dampak negatif bagi tubuh (Kemenkes 2018). Selain itu, KEK juga memengaruhi perkembangan organ dan pertumbuhan fisik. Hal ini dikarenakan terjadinya *growth spurt* pada remaja sehingga kebutuhan gizi yang cukup sangat diperlukan. Kurangnya zat gizi yang masuk ke dalam tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan seperti morbiditas, mortalitas, disabilitas, dan menurunnya perkembangan mental dan kognitif yang dapat menyebabkan menurunnya produktivitas. KEK yang terjadi pada remaja putri jika tidak ditangani dengan baik maka pada saat menjadi ibu hamil berisiko memiliki anak berat badan lahir rendah (BBLR).

B. Obesitas

Obesitas merupakan kondisi berat badan berlebih yang ditandai dengan adanya penimbunan lemak berlebih yang menimbulkan risiko bagi kesehatan. Obesitas menjadi salah satu permasalahan gizi yang cukup serius terutama bagi kelompok remaja. Remaja yang mengalami berat badan berlebih atau obesitas berisiko mengalami hal yang sama pada saat dewasa (Mokolensang *et al.* 2016). Remaja yang mengalami obesitas akan berisiko mengalami penyakit degeneratif di usia tua, seperti DM Tipe-II, hipertensi, penyakit jantung, dan beberapa jenis kanker. Selain itu, remaja tersebut juga berisiko mengalami gangguan fungsi reproduksi seperti

menstruasi yang tidak teratur dan PCOS, serta mengalami gangguan psikologi seperti depresi, gangguan makan, sulit tidur, dan kurangnya kepercayaan diri (Rahayu *et al.* 2023).

Obesitas pada remaja disebabkan oleh banyak faktor, di antaranya kurangnya aktivitas fisik, ketidakseimbangan pola makan, kelebihan asupan zat gizi makro, kebiasaan mengonsumsi *fast food*, dan faktor genetik. Risiko obesitas semakin meningkat akibat dari asupan makanan yang tinggi lemak dalam waktu yang lama, tetapi tidak disertai dengan aktivitas fisik yang cukup untuk pengeluaran energi (Praditasari & Sumarmik 2018). Perubahan gaya hidup pada masa remaja ini menyebabkan transisi zat gizi. Konsumsi makanan kaya akan kalori, namun rendah zat gizi semakin tinggi di kalangan remaja. Sebagian besar remaja mengalami obesitas memiliki kebiasaan jajan dan memakan camilan di waktu makan. Selain itu, kebiasaan mengonsumsi minuman berpemanis dan *fast food* meningkatkan risiko hampir dua kali lipat terhadap kejadian obesitas (Min *et al.* 2021).

C. *Body image*

Body image merupakan persepsi seseorang mengenai tubuhnya, termasuk bagaimana tubuhnya terlihat, bergerak, dan apa yang dia rasakan. Pada remaja, sering kali *body image* sering kali dikaitkan dengan persepsi seseorang yang merasa dirinya kurus, gemuk, berjerawat, kurang cantik, kurang tinggi, dan sebagainya (SEAMEO RECFON 2019). Remaja sering kali memiliki pandangan yang salah mengenai tubuhnya. Ketidakpuasan remaja putri terhadap *body image* yang dimilikinya dapat dipengaruhi oleh media dan tren saat ini (Yusinta & Adriyanto 2018).

Body image menjadi positif jika persepsi yang dimiliki menimbulkan rasa nyaman dan mendorong seseorang untuk merawat dirinya. Contohnya adalah seorang remaja yang ingin memperbaiki citra tubuhnya dengan rajin berolahraga dan menjaga pola makannya. Akan tetapi, sering kali *body image* pada remaja ini berkaitan dengan *body image* negatif. Contohnya adalah seorang remaja yang kurang puas dengan citra tubuhnya melakukan diet ekstrem dan berisiko mengalami gangguan makan seperti *bulimia nervosa* dan *anorexia nervosa*. Perilaku diet ekstrem pada remaja berkaitan dengan perhatian kepada tubuh yang

berlebihan dan ketidakpuasan pada citra tubuh remaja itu sendiri. Hal ini terjadi karena perubahan fisik dan bentuk tubuh yang terjadi pada masa pubertas merupakan hal yang sensitif dan penting bagi remaja (Cruz-Saez *et al.* 2013).

D. Anemia

Anemia adalah suatu kondisi kekurangan kadar oksigen dalam darah yang terutama disebabkan oleh kekurangan zat besi yang diperlukan untuk pembentukan hemoglobin. Pada remaja putri lebih rentan dan berisiko mengalami anemia karena kebutuhan zat besinya tiga kali lipat karena adanya proses menstruasi yang dialami oleh remaja putri. Anemia merupakan masalah gizi yang berhubungan dengan meningkatnya risiko kesakitan dan kematian (Chasanah *et al.* 2019). Anemia pada remaja akan berdampak pada penurunan konsentrasi belajar, penurunan kesegaran jasmani, dan gangguan pertumbuhan sehingga tinggi badan dan berat badan tidak mencapai normal (Herwandar & Soviyati 2020).

Memasuki periode remaja, ancaman gizi yang dihadapi anak-anak Indonesia adalah anemia. Anemia hingga kini masih menjadi problem gizi yang paling sulit diatasi. Salah satu penyebabnya adalah karena kurangnya konsumsi pangan hewani. Konsumsi ikan, telur, daging, maupun susu yang rendah merupakan cermin daya beli kita. Apabila saat remaja mereka sudah mengalami anemia, maka pada periode selanjutnya yakni dewasa muda hingga memasuki jenjang pernikahan mereka akan senantiasa diintip problem gizi. *Stunting* menjadi lingkaran setan yang sulit diatasi, kecuali dilakukan intervensi berbasis pangan dan kesejahteraan untuk seluruh siklus daur kehidupan (Khomsan *et al.* 2023).

Faktor yang menyebabkan anemia pada remaja di antaranya adalah rendahnya asupan zat besi dan zat gizi lainnya seperti vitamin A, vitamin C, asam folat, riboflavin, dan vitamin B12 serta kesalahan dalam konsumsi zat besi misalnya konsumsi zat besi bersamaan dengan zat gizi lain yang dapat mengganggu penyerapan zat besi tersebut (Julaecha 2020). Gejala anemia yang timbul seperti kehilangan selera makan, sulit fokus, penurunan sistem kekebalan tubuh, wajah pucat, dan penglihatan berkunang-kunang.

Remaja sering kali melakukan diet yang berdampak pada kekurangan asupan zat gizi. Diet yang dilakukan oleh remaja dapat memengaruhi pola makan sehingga dapat memberikan dampak yang negatif bagi tubuhnya (Danty *et al.* 2019). Asupan makanan yang dikonsumsi remaja akan memengaruhi status gizi dan kondisi kesehatannya. Pola makan yang salah tentunya dapat menyebabkan masalah kesehatan remaja, baik kekurangan gizi, kelebihan gizi, maupun defisiensi mikronutrien. Status gizi pada remaja sangat jarang terpantau dan hal tersebut merupakan salah satu penyebab penyelesaian masalah gizi pada kelompok usia remaja tidak optimal (Arum *et al.* 2018).

Remaja menjadi fase awal yang menentukan kualitas antar-generasi. Remaja dengan masalah gizi seperti kekurangan gizi dan defisiensi mikronutrien, ketika tidak memperoleh asupan gizi yang cukup dan perawatan kesehatan yang kurang baik maka akan berisiko mengalami anemia di kemudian hari. Remaja yang mengalami anemia, ketika hamil berisiko melahirkan anak yang BBLR, kelahiran prematur, bahkan lebih parahnya adalah kematian ibu dan anak. Anak yang lahir BBLR berisiko mengalami *stunting*. Dampak dari anak yang *stunting* adalah kurangnya kemampuan fisik, performa akademik di bawah rata-rata, dan ketika dewasa berisiko mengalami berbagai masalah kesehatan (Rahayu *et al.* 2023). *Stunting* menjadi lingkaran setan yang sulit diatasi, kecuali dilakukan intervensi berbasis pangan dan kesejahteraan untuk seluruh siklus daur kehidupan. Selain itu, masalah gizi yang terjadi pada remaja akan berdampak pada status gizi dan menyebabkan masalah kesehatan. Status gizi kurang dapat berpengaruh terhadap reproduksi dan status gizi lebih dapat menyebabkan risiko terhadap penyakit-penyakit degeneratif, misalnya hipertensi, diabetes melitus, penyakit jantung serta beberapa jenis penyakit lainnya (Rahmat 2022).

2.4 Kebutuhan Gizi Remaja

Remaja merupakan aset dan investasi sumber daya manusia yang perlu diperhatikan kebutuhan gizinya. Pada saat seseorang memasuki usia remaja, ia akan mengalami fase pubertas. Pada fase ini, remaja akan mengalami perubahan secara hormonal dan berpengaruh terhadap perubahan fisiknya. Perubahan fisik yang terjadi menyebabkan remaja membutuhkan pemenuhan zat gizi yang baik.

Berdasarkan Permenkes No. 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia, kebutuhan energi untuk remaja putri usia 10–12 tahun sebesar 1900 kkal/hari, remaja putri usia 13–15 tahun sebesar 2050 kkal/hari, dan remaja putri usia 16–18 tahun sebesar 2100 kkal/hari. Kebutuhan energi pada remaja dapat dipenuhi dari makanan yang dibutuhkan untuk menutupi pengeluaran energi sesuai dengan ukuran tubuh dan aktivitas fisik yang mereka lakukan, seperti olahraga dan bermain (Adriani & Wirjatmadi 2014). Energi merupakan salah satu hasil metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak yang berfungsi sebagai zat tenaga untuk metabolisme tubuh, pertumbuhan, pengaturan suhu, dan kegiatan fisik (Almatsier 2011). Kecukupan energi dianjurkan sebesar 50–60% berasal dari sumber karbohidrat seperti biji-bijian (beras, gandum, dan *oat*), umbi-umbian (ubi, kentang, singkong, dan jagung), dan kacang-kacangan.

Pada masa remaja, protein dibutuhkan untuk sebagian besar proses metabolisme. Kebutuhan protein meningkat di masa remaja karena proses pertumbuhan dan perkembangan di masa ini berlangsung cepat. Protein berfungsi untuk memelihara dan mengganti sel-sel yang rusak dan mengatur fungsi fisiologis tubuh. Protein dapat dikatabolis untuk menghasilkan energi. Apabila karbohidrat dan lemak di dalam tubuh tidak cukup, protein berperan sebagai zat utama pembentuk sel-sel tubuh yang digunakan sebagai sumber energi (Khomsan *et al.* 2023). Kebutuhan protein untuk remaja putri berdasarkan Angka Kecukupan Gizi (AKG) tahun

2019 untuk remaja putri usia 10–12 tahun sebesar 55 g/hari, remaja putri usia 13–15 tahun sebesar 65 g/hari, dan remaja putri usia 16–18 tahun sebesar 65 g/hari. Makanan sumber protein adalah daging sapi, ayam, ikan, susu dan hasil olahannya, tempe, tahu, dan sebagainya.

Kebutuhan lemak untuk remaja putri berdasarkan Angka Kecukupan Gizi (AKG) tahun 2019 untuk remaja putri usia 10–12 tahun sebesar 65 g/hari, remaja putri usia 13–15 tahun sebesar 70 g/hari, dan remaja putri usia 16–18 tahun sebesar 70 g/hari. Lemak merupakan golongan lipid yang menjadi salah satu zat gizi makro. Kandungan energi lemak lebih tinggi dibandingkan protein dan karbohidrat yang berfungsi sebagai sumber energi. Selain sebagai sumber energi, lemak juga memiliki banyak fungsi di antaranya adalah sebagai pelindung atau sebagai bantalan lemak alat vital tubuh atau organ tubuh, pelarut vitamin A, D, E, dan K, sumber asam lemak esensial, bahan penyusun vitamin dan hormon, pelindung tubuh dari suhu yang rendah, salah satu bahan penyusun membran sel, sebagai sumber energi metabolik (ATP), mempermudah keluar masuknya zat-zat lemak melalui lipid lesitin, mengatur laju tekanan darah, dan sebagai bahan penyusun asam folat, hormon seks, dan penyusun empedu (Khomsan *et al.* 2023).

Karbohidrat memegang peranan penting dalam kehidupan karena karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi manusia. Sumber karbohidrat yang paling banyak kita jumpai adalah makanan pokok seperti beras, jagung, ubi, singkong, talas, dan sagu. Berdasarkan Permenkes No. 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia, kebutuhan energi untuk remaja putri usia 10–12 tahun sebesar 280 g/hari, remaja putri usia 13–15 tahun sebesar 300 g/hari, dan remaja putri usia 16–18 tahun sebesar 300 g/hari. Berikut adalah tabel Angka Kecukupan Gizi Tahun 2019 untuk remaja putri.

Tabel 1. Angka kecukupan gizi tahun 2019 untuk remaja putri

Zat Gizi	Kelompok Umur		
	10–12 tahun	13–15 tahun	16–18 tahun
Energi (kkal)	1900	2050	2100
Protein (g)	55	65	65
Lemak (g)	65	70	70
Karbohidrat (g)	280	300	300
Vitamin A (RE)	600	600	600
Vitamin D (mcg)	15	15	15
Vitamin E (mcg)	15	15	15
Vitamin K (mcg)	35	55	55
Vitamin C (mg)	50	65	75
Folat (mcg)	400	400	400
Kalsium (mg)	1200	1200	1200
Fosfor (mg)	1250	1250	1250
Zat Besi (mg)	8	15	15
Iodium (mcg)	120	150	150
Seng (mg)	8	9	9

Kebutuhan vitamin meningkat pada saat remaja karena mengalami pertumbuhan dan perkembangan yang sangat pesat. Kebutuhan energi yang meningkat akan meningkatkan kebutuhan vitamin juga seperti vitamin B1, B2, dan niasin yang berperan dalam metabolisme karbohidrat menjadi energi. Sintesis DNA dan RNA memerlukan vitamin B6, asam folat, dan vitamin B12, dan untuk pembentukan tulang diperlukan vitamin D yang cukup.

Kebutuhan kalsium pada masa remaja relatif tinggi karena akselerasi tulang dan otot dan perkembangan endokrin lebih besar dibandingkan pada masa anak-anak dan dewasa. Konsumsi kalsium sangat dibutuhkan selama masa remaja karena memengaruhi kesehatan tulang sepanjang hidupnya. Pada akhir masa remaja, 90–95% dari total massa tulang pada tubuh telah terpenuhi. Kandungan mineral dalam tulang harus maksimal selama masa remaja untuk mencegah osteoporosis. Makanan yang kaya akan kalsium juga mengandung zat gizi lain seperti fosfor, magnesium, dan vitamin D yang dibutuhkan untuk kesehatan tulang. Sumber kalsium yang paling baik adalah susu dan hasil olahannya. Selain itu, ikan, kacang-kacangan, dan sayuran hijau juga kaya akan kalsium.

Kebutuhan zat besi pada remaja meningkat karena terjadinya pertumbuhan yang sangat pesat. Pada remaja putri, kebutuhan zat besi tinggi disebabkan karena kehilangan zat besi selama menstruasi. Hal ini mengakibatkan remaja putri lebih rawan terhadap anemia besi dibandingkan laki-laki. Remaja putri yang mengonsumsi zat besi yang kurang atau mereka dengan kehilangan besi yang meningkat, akan mengalami anemia gizi besi. Defisiensi besi (Fe) biasanya terjadi karena kurangnya asupan besi dari makanan, namun dapat juga disebabkan karena pendarahan. Jika defisiensi besi terjadi secara kronis maka dapat menyebabkan terjadinya Anemia Gizi Besi (AGB). Selain itu kekurangan besi dalam tubuh dapat menyebabkan menurunnya kemampuan kerja, pucat, rasa lemah, letih pusing, kurang nafsu makan, menurunnya kebugaran, kekebalan, dan gangguan penyembuhan luka, dan kemampuan mengatur suhu tubuh menurun. Kondisi kelebihan besi jarang terjadi, namun dapat terjadi karena konsumsi suplemen besi. Jika kelebihan besi terjadi di dalam hati maka dapat menyebabkan siderosis atau hemosiderosis. Hal ini terjadi karena kegagalan tubuh dalam mengatur jumlah zat besi yang diserap (Khomsan *et al.* 2023).

Seng memiliki peranan esensial dalam banyak fungsi tubuh. Seng menjadi bagian dari enzim atau sebagai kofaktor pada kegiatan lebih dari 200 enzim dalam tubuh. Dalam metabolisme seng berperan dalam reaksi yang berkaitan dengan sintesis dan degradasi karbohidrat, protein, lemak, dan asam nukleat. Selain itu seng juga menjadi bagian integral enzim DNA polimerase dan RNA polimerase yang dibutuhkan dalam sintesis DNA dan RNA. Fungsi seng sebagai kekebalan atau antioksidan yaitu dalam sel T dan pembentukan antibodi oleh sel B. Seng di dalam pankreas digunakan untuk membuat enzim pencernaan. Saluran cerna menerima seng dari dua sumber, yaitu dari makanan dan dari cairan pencernaan yang kembali ke pankreas yang dinamakan sirkulasi entropankreatik. Saat konsumsi seng tinggi, di dalam sel dinding saluran cerna sebagian seng diubah menjadi metalotionein sebagai simpanan, sehingga absorpsi berkurang. Seperti halnya dengan besi, bentuk simpanan ini akan dibuang bersama sel-sel dinding usus halus yang umurnya adalah 2–5 hari (Khomsan *et al.* 2023).

2.5 Media Sosial, Peer Group, dan Pola Makan Remaja

Masa remaja merupakan fase transisi dari masa kanak-kanak menuju dewasa, dan memerlukan transformasi fisik, psikologis, dan sosial-emosional yang substansial. Pada masa ini, pendidikan yang tepat dapat membantu remaja menemukan jati diri mereka. Pendidikan meningkatkan kesadaran, menumbuhkan persepsi yang baik, dan meningkatkan motivasi. Kesadaran diri mencakup pemahaman dan evaluasi diri sendiri dan orang lain, yang memfasilitasi persepsi yang lebih baik. Kesadaran diri juga meningkatkan kapasitas untuk mengakui konsekuensi tindakan dan memfasilitasi proses pengambilan keputusan yang lebih terinformasi (Ruiz & Yabut 2024).

A. Sosial media

Pendidikan kesehatan sangat penting untuk penyebaran informasi yang efektif. Media dapat meningkatkan penyebaran informasi dengan memfasilitasi penyampaian pesan yang jelas dan efisien kepada individu maupun kelompok, sehingga memainkan peran penting dalam promosi kesehatan. Pemanfaatan media dan sumber daya pendidikan yang tepat dapat meningkatkan efektivitas pendidikan kesehatan dan menghasilkan luaran yang lebih baik. Pembelajaran dapat melibatkan integrasi respons melalui paparan stimulus yang berulang, peningkatan frekuensi, dan keterlibatan stimulus yang akan berkorelasi dengan respons pembelajaran yang lebih kuat (Fitriani *et al.* 2025). Pendidikan kesehatan diketahui dapat meningkatkan pengetahuan remaja sehingga dapat meningkatkan kesadaran diri remaja. Remaja yang memiliki pengetahuan komprehensif mengenai pencegahan dan pengobatan anemia akan menunjukkan peningkatan kesadaran diri yang nantinya akan memengaruhi modifikasi perilaku. Pemahaman yang terbatas tentang pencegahan anemia dan suplementasi zat besi asam folat pada remaja mengakibatkan kurangnya kesadaran pada remaja putri (Septiana *et al.* 2025b). Program edukasi kesehatan dan penyediaan materi edukasi terkait anemia bertujuan untuk meningkatkan kesadaran diri dan kepatuhan dalam mengonsumsi tablet zat besi sebagai strategi pencegahan anemia. Dalam menjalankan

program tersebut penting untuk menggunakan media atau metode yang memfasilitasi proses pembelajaran. Hal ini karena media merupakan instrumen kunci untuk menyebarkan pengetahuan (Septiana *et al.* 2025a).

Media promosi kesehatan merupakan salah satu media atau upaya yang dapat digunakan untuk menampilkan pesan atau informasi kesehatan. Media sosial berfungsi sebagai *platform* untuk pembelajaran digital dan penyajian konten pendidikan, memfasilitasi penemuan informasi baru, pengayaan konten terkini, dan pertukaran antar-pengguna (Septiana *et al.* 2025b). Pesan kesehatan disampaikan pada remaja untuk meningkatkan pengetahuan yang pada akhirnya akan mengubah perilaku ke arah positif atau meningkatkan kesehatan. Media merupakan perantara dalam menyampaikan pesan dari pengirim ke penerima seperti video edukasi, media sosial, maupun media audiovisual. Saat ini jejaring sosial dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Salah satunya adalah dapat memotivasi upaya untuk mendukung dan memaksimalkan model pembelajaran dalam industri pendidikan, khususnya media penyajian konten edukasi atau pembelajaran digital (Rusdi *et al.* 2021). Media sosial juga dapat digunakan sebagai alat pembelajaran praktis. Media sosial seperti Instagram telah menjadi wadah bagi remaja untuk berkomunikasi dengan teman sebayanya. Instagram juga memiliki fitur Instagram *Reels* yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran dalam bentuk video dan audiovisual. Pemberian edukasi melalui Instagram diketahui dapat meningkatkan pengetahuan tentang pencegahan anemia pada remaja (Rusdi *et al.* 2021; Zulfajriani *et al.* 2023). Seiring perkembangan zaman, media sosial seperti TikTok juga digunakan sebagai media promosi kesehatan dengan memperkenalkan konten video edukatif yang bermanfaat (López-Carril *et al.* 2024). Media TikTok menunjukkan efektivitas yang jauh lebih tinggi dengan skor N-Gain sebesar 86% yang dikategorikan sangat efektif. Oleh karena itu, TikTok berpotensi meningkatkan pengetahuan remaja (Widiya & Salmiah 2024). Selain itu, efektivitas platform media sosial seperti TikTok jika dibandingkan dengan media tradisional seperti *booklet* atau poster memberikan efek yang lebih efektif dalam penyebaran informasi terkait edukasi kesehatan. Hal ini dapat disebabkan karena konten TikTok yang menarik, visual, dan mudah dibagikan terbukti meningkatkan motivasi dan daya ingat di kalangan

remaja, yang sering kali menghasilkan tingkat minat dan kepatuhan berkelanjutan yang lebih tinggi terhadap perilaku yang direkomendasikan dibandingkan dengan format yang lebih statis seperti *booklet* atau poster (Fitriani *et al.* 2025).

B. *Peer group*

Peer group merupakan metode edukasi yang digunakan dengan cara pendekatan teman sebaya. *Peer group* ini bertujuan untuk berbagi informasi, nilai-nilai, dan perilaku dalam suatu kelompok, yang mana anggotanya memiliki usia, status yang sama serta memiliki kesamaan tujuan, minat, dan mempunyai ketertarikan yang sama. *Peer group* dianggap sebagai salah satu media edukasi yang baik digunakan untuk remaja, karena pada masa remaja terdapat kecenderungan untuk menyerap informasi dengan mudah melalui teman sebaya, yang mana teman sebaya yang memiliki daya serap tinggi memberikan edukasi kepada teman-temannya yang belum paham. Metode ini menggunakan penguatan tentang pemahaman materi yang menekankan pada kemampuan teman sebaya untuk saling membantu, berbagi tujuan, saling bekerja sama, dan kohesi kelompok. Kelompok teman sebaya yang ditunjuk dituntut untuk lebih aktif dan paham terkait metode tersebut, teknik dalam *peer group* dapat membantu untuk memahami berbagai konsep berbeda, mengembangkan kemampuan komputasi dan nilai-nilai moral, sosial, dan emosi terutama kemampuan mereka dalam mengungkapkan ide, yang mana perbedaan tingkat pengetahuan antar-individu dapat memengaruhi keberhasilan *peer group* (Astuti & Kusumawardhani 2023; Lutfiasari *et al.* 2023).

Peer group memungkinkan peserta untuk dapat berdiskusi dan berbagi informasi dengan santai, tidak takut, gugup, dan malu untuk menyampaikan pendapat sehingga pesan-pesan promotif dan edukatif bisa disampaikan lebih bebas dan terbuka (Sofia & Supratiknyo 2018; Diniyati *et al.* 2025). Akan tetapi, pada kelompok teman sebaya memiliki kekurangan yakni jika pada *team leader/team* edukator tidak mempunyai kecakapan dalam memimpin diskusi serta keterbatasan kemampuan dan pengetahuan anggota maka hal ini akan berdampak pada terbatasnya

informasi yang didapatkan pada kelompok *peer group* tersebut. *Peer group* memiliki pengaruh yang sangat kuat. Hal ini karena remaja sering berkumpul dan berinteraksi dalam kelompok sebayanya sehingga terjadi dinamika dan saling memengaruhi dalam kelompok. Dengan adanya interaksi dan dinamika yang berkembang dalam kelompok *peer group* terbentuk komunikasi yang baik, remaja dapat merumuskan, memperbaiki, dan meningkatkan komunikasi dan meningkatkan komunikasinya melalui kelompok yang dimilikinya (Lutfiasari *et al.* 2023). Hal ini sejalan dengan penelitian Januarti dan Yulianto (2024) bahwa *peer group* yang telah mengikuti pelatihan selama tiga hari menunjukkan peningkatan pengetahuan dan sikap tentang materi perencanaan keluarga, penundaan usia perkawinan, kesehatan reproduksi, dan pencegahan anemia sebagai upaya pencegahan *stunting*.

C. Pola makan

Anemia pada remaja sering dihubungkan dengan asupan gizi yang tidak memadai, khususnya zat besi, vitamin B12, dan folat. Sebagian besar remaja usia 10–18 tahun dengan anemia tidak hanya mengalami defisiensi zat besi yang tinggi tetapi juga mengalami defisiensi folat dan vitamin B12. Hal ini menunjukkan bahwa pola makan yang hanya memperhatikan satu zat gizi misalnya zat besi tidak selalu cukup, sehingga diperlukan diet yang lebih holistik untuk memastikan kecukupan mikronutrien lainnya yang mendukung produksi dan fungsi sel darah merah (Utami *et al.* 2022).

Selain kuantitas gizi, keragaman diet memainkan peran penting dalam risiko anemia. Sebuah *meta-analysis* tentang keragaman diet dan peluang anemia pada anak-anak serta remaja menemukan bahwa mereka yang memiliki keragaman diet yang rendah memiliki peluang lebih tinggi mengalami anemia dibanding yang dietnya lebih beragam. Pola makan dengan berbagai sumber makanan termasuk makanan hewani, sayuran, buah, dan produk sumber vitamin dan mineral lainnya mendukung asupan zat besi *heme* dan *non-heme*, serta membantu penyerapan yang optimal (Li *et al.* 2025).

Konteks sosiokultural dan ekonomi juga terkait erat dengan pola makanan dan anemia pada remaja. Pola makan yang buruk juga mencakup kebiasaan konsumsi makanan cepat saji, melewati sarapan, frekuensi makan yang tidak teratur, dan kurangnya variasi jenis makanan. Diketahui bahwa remaja yang sering melewati sarapan atau mengonsumsi makanan dengan frekuensi rendah, kurang makanan hewani, atau diet yang sangat bergantung pada sumber non-hewan memiliki prevalensi anemia lebih tinggi. Selain itu, pola makan vegetarian atau diet terbatas tanpa suplemen atau strategi pemilihan makanan dengan cermat juga ditemukan sebagai faktor risiko yang signifikan (Soans *et al.* 2025).

Author's Personal
Copy By IPB Press



BAB III

MEMAHAMI ANEMIA

3.1 Definisi Anemia

Anemia merupakan suatu kondisi tubuh yang ditandai dengan hasil pemeriksaan kadar hemoglobin dalam darah lebih rendah dari normal, yang bisa disebabkan jumlah sel darah merah yang kurang (contohnya pendarahan berat akibat kecelakaan atau sebab lainnya), atau jumlah sel darah merah cukup tapi kandungan hemoglobin di dalam sel darah merah kurang. Hemoglobin berfungsi untuk mengikat oksigen dan menghantarkannya ke seluruh sel jaringan tubuh. Kekurangan oksigen dalam jaringan akan menyebabkan fungsi jaringan terganggu. Misalnya kekurangan oksigen pada jaringan otak dan otot, yang akan menyebabkan gejala kurangnya konsentrasi dan kurang bugar dalam melakukan aktivitas (Kemenkes 2023).

Angka kisaran hemoglobin secara fisiologis dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, dan kehamilan. Kadar hemoglobin yang normal pada wanita sehat adalah 12–16 g/dL dan pada wanita hamil adalah 11–15 g/dL (Sibagariang *et al.* 2022). Terdapat tiga faktor yang dapat menimbulkan terjadinya anemia, yaitu kehilangan darah akibat pendarahan, terjadinya kerusakan sel-sel darah merah, dan produksi sel darah merah yang tidak mencukupi. Kondisi seseorang yang sehat memiliki persediaan atau simpanan zat besi yang cukup di dalam tubuh. Akan tetapi, jika persediaan zat besi terus menurun dan keseimbangan zat besi terganggu dapat

menyebabkan persediaan zat besi berkurang. Berkurangnya persediaan zat besi menyebabkan pembentukan hemoglobin terganggu sehingga kadar hemoglobin terus menurun dan menyebabkan anemia (Marina *et al.* 2015).

Anemia rentan diderita oleh remaja putri, wanita usia subur (WUS), dan ibu hamil. Remaja putri dan WUS rentan menderita anemia karena banyak kehilangan darah pada saat menstruasi setiap bulan dan juga remaja putri yang memasuki masa pubertas mengalami pertumbuhan pesat sehingga kebutuhan zat besinya juga meningkat sehingga remaja putri dan WUS disarankan untuk mengonsumsi TTD sebanyak 1 kali dalam seminggu, sedangkan untuk ibu hamil diberikan 1 TTD setiap hari selama kehamilan minimal 90 tablet (Kemenkes 2015). Remaja putri dan WUS yang menderita anemia berisiko mengalami anemia saat hamil. Anemia selama kehamilan dapat meningkatkan faktor risiko dalam menghambat pertumbuhan dan berat badan lahir rendah (BBLR), kelahiran prematur, kematian bayi dalam kandungan, kematian perinatal, dan pertahanan tubuh berkurang yang mengakibatkan infeksi terhadap ibu dan anaknya (Prakash & Yadav 2015). Banyak ibu hamil yang menderita anemia karena kebutuhan akan zat gizinya meningkat, namun konsumsi makanannya tidak memenuhi syarat gizi. Selain konsumsi makanan yang tidak cukup, kondisi anemia juga diperburuk dengan kehamilan berulang dalam waktu yang singkat (Khomsan 2012).

3.2 Klasifikasi Anemia

A. Anemia karena gangguan pembentukan eritrosit

1. Anemia defisiensi zat besi

Anemia defisiensi zat besi adalah jenis anemia yang paling umum terjadi (Fitripancari *et al.* 2023). Anemia defisiensi zat besi terjadi ketika simpanan zat besi dalam tubuh tidak mencukupi untuk pembentukan normal hemoglobin, enzim yang mengandung zat besi dan senyawa besi fungsional lainnya seperti mioglobin dan sistem sitokrom (Patel & Sachdeva 2021). Kurangnya zat besi berpengaruh dalam pembentukan hemoglobin sehingga konsentrasinya dalam sel darah merah berkurang dan menyebabkan penurunan jumlah oksigen ke jaringan dan otot

kerangka (Chasanah *et al.* 2019; Sari *et al.* 2022). Anemia ini biasanya ditandai dengan anemia hipokromikmikrositer, besi serum menurun, TIBC meningkat, saturasi transferrin (Syahrial 2022).

Anemia defisiensi zat besi dapat disebabkan oleh asupan besi yang tidak mencukupi, penurunan penyerapan, atau kehilangan darah (Warner & Kamran 2023). Remaja putri mengalami peningkatan kebutuhan zat besi karena berada pada fase pertumbuhan yang cepat dan mempunyai aktivitas yang lebih banyak, serta kondisi fisiologis, seperti menstruasi bulanan. Jika asupan zat besi oleh remaja putri tidak sesuai dengan kebutuhan, maka risiko terjadinya defisiensi zat besi akan meningkat. Selain itu, remaja putri yang melakukan pola diet yang salah untuk menurunkan berat badan, dengan cara membatasi asupan makanan juga akan menambah risiko terjadinya anemia (Kemenkes RI 2023).

Anemia defisiensi besi berdampak pada penurunan kemampuan transportasi oksigen ke jaringan sehingga menimbulkan gangguan pada berbagai sistem organ. Lebih jauh, defisiensi besi dapat mengakibatkan efek merugikan terhadap perkembangan dan fungsi otak bahkan sebelum anemia secara klinis muncul (Nehar *et al.* 2024).

2. Anemia defisiensi vitamin B12

Vitamin B12 adalah vitamin esensial yang sebagian besar bersumber dari pangan hewani. Defisiensi vitamin B12 dapat terjadi akibat beberapa faktor, seperti asupan, autoimun, dan malabsorpsi. Asupan makanan yang tidak memadai, terutama pada individu yang menjalani diet vegan ketat dalam jangka panjang, dapat menyebabkan kekurangan vitamin B12 karena terbatasnya sumber makanan hewani. Faktor autoimun seperti adanya antibodi *anti-intrinsic factor* yang menyebabkan vitamin B12 tidak dapat diserap di ileum terminal. Selain itu, kondisi malabsorpsi akibat berkurangnya produksi *intrinsic factor*, misalnya pada pasien pasca operasi *gastric bypass*, juga berisiko menimbulkan defisiensi B12 (Sasidharan 2017).

Vitamin B12 berperan penting sebagai kofaktor dalam sintesis timidina dan sintesis metionin. Kedua proses ini penting untuk proses sintesis DNA. Apabila terjadi defisiensi vitamin B12, maka sintesis DNA menjadi tidak adekuat. Hal ini menyebabkan *defective nuclear*

maturation, di mana terjadi ketidaksesuaian antara perkembangan inti dan sitoplasma. Akibatnya, proses pembelahan sel terhambat. Dampak dari kondisi tersebut adalah terbentuknya sel darah merah berukuran besar dan abnormal dan gangguan pematangan granulosit yang dapat memengaruhi sistem hematopoietik secara luas (Sasidharan 2017).

3. Anemia Defisiensi Asam Folat

Asam folat merupakan vitamin penting yang larut dalam air dan secara alami terdapat dalam makanan, terutama pada buah-buahan, sayuran berdaun hijau, dan hati (Attia *et al.* 2019). Anemia defisiensi asam folat terjadi akibat gangguan hematopoiesis. Defisiensi asam folat akan menyebabkan tubuh kekurangan 5- metiltetrahidrofolat (5-MTHF) yang diperlukan dalam proses sintesis DNA dan pembelahan sel. Hal ini mengakibatkan gangguan pematangan inti sel darah merah, serupa dengan defisiensi vitamin B12, sehingga terbentuk sel darah merah berukuran besar dan berkurangnya kemampuan darah untuk membawa oksigen.

Anemia akibat defisiensi asam folat kini paling sering ditemukan pada seseorang yang memiliki pola makan yang buruk dan penyakit gastrointestinal tertentu (Devalia *et al.* 2014). Defisiensi asam folat umumnya ditemukan pada individu yang jarang mengonsumsi kacang-kacangan serta sayuran berdaun hijau. Asupan folat yang rendah akan menurunkan kadar folat dalam serum, yang selanjutnya berdampak pada berkurangnya folat di jaringan. Manifestasi awal dari defisiensi ini biasanya tampak pada sel-sel dengan laju proliferasi tinggi, seperti sel di sumsum tulang dan saluran pencernaan.

Peningkatan kebutuhan juga dapat menjadi penyebab anemia defisiensi asam folat. Kebutuhan folat meningkat akibat kerusakan sel darah merah perifer atau hemopoiesis abnormal yang ditandai dengan peningkatan kebutuhan sel darah merah atau trombositopenia. Selain itu, pada individu yang menjalani terapi dialisis, kadar folat serum umumnya mengalami penurunan setelah prosedur tersebut, sehingga kondisi ini sering dikaitkan dengan terjadinya anemia (Devalia *et al.* 2014).

B. Anemia Megaloblastik

Anemia megaloblastik adalah suatu kondisi di mana bentuk, jumlah, dan fungsi sel darah merah tidak sempurna akibat kerusakan sintesis DNA. Sel darah merah yang dihasilkan oleh sumsum tulang, prekursor sel darah merah, pada penderita biasanya berukuran besar, abnormal, dan prematur (Chasanah *et al.* 2019). Anemia megaloblastik merupakan anemia makrositer yang ditandai dengan peningkatan *Mean Corpuscular Volume* (MCV) berhubungan dengan gangguan proses pematangan sel-sel hematopoietik di dalam sumsum tulang (Patel dan Sachdeva 2021).

Anemia megaloblastik disebabkan oleh defisiensi vitamin B12 dan asam folat, ko-faktor untuk sintesis *nucleoprotein* (Taskesen *et al.* 2009; Devalia *et al.* 2014). Defisiensi vitamin B12 dan asam folat dapat menyebabkan sintesis DNA yang tidak efektif, sehingga hematopoiesis tidak efektif. Defisiensi vitamin B12 dan asam folat biasanya disebabkan oleh asupan yang kurang dan malabsorpsi (Torrez *et al.* 2022). Beberapa penyebab dari anemia megaloblastik adalah (Noradina *et al.* 2025):

1. Asupan vitamin B12 atau asam folat tidak adekuat
2. Gangguan absorpsi zat gizi
3. Konsumsi alkohol berlebihan
4. Konsumsi obat-obatan tertentu

Penyerapan vitamin B12 dan asam folat pada anak-anak dengan mengalami malabsorpsi atau *celiac disease* biasanya mengalami penghambatan. Hal tersebut meningkatkan risiko terjadinya anemia megaloblastik dengan tanda-tanda seperti kelelahan, wajah pucat, dan gangguan neurologis. Tata laksana medis yang biasanya diberikan berupa injeksi cyanocobalamin 1000 mcg intramuskular mingguan selama 6–8 minggu dan dilanjutkan per bulan serta suplementasi asam folat oral 1 mg/hari selama 4–6 minggu (Noradina *et al.* 2025).

C. Anemia Aplastik

Anemia aplastik (AA) adalah kondisi di mana sumsum tulang tidak bisa membentuk sel-sel darah karena kerusakan primer sistem sel mengakibatkan anemia, leukopenia, dan trombositopenia (pansitopenia).

Anemia ini didefinisikan sebagai pansitopenia dengan sumsum tulang (BM) hiposelular tanpa infiltrat abnormal atau fibrosis sumsum tulang. Kejadian anemia aplastik ini cukup langka dan heterogen (Devalia *et al.* 2014). Anemia ini anemia normositik normokrom, yang terjadi akibat kerusakan sel punca hematopoietik dan penurunan prekursor hematopoietik, sehingga berdampak langsung pada produksi eritrosit maupun sel darah lainnya (Maringka dan Lestarini 2024).

Kasus anemia aplastik sebagian besar bersifat idiopatik. Selain itu, anemia aplastik dapat disebabkan oleh kerusakan langsung pada sel punca atau *progenitor hematopoietic* akibat paparan bahan kimia, obat-obatan, dan radiasi. Anemia aplastik identik dengan kerusakan pada hematopoiesis yang dimediasi oleh sel T. Paparan antigen menyebabkan peningkatan sel T yang selanjutnya mengeluarkan sejumlah besar sitokin pro inflamasi. Hal ini lah yang berkontribusi terhadap patologi AA. Manifestasi klinis dari anemia aplastik adalah pansitopenia, ditandai dengan trombositopenia yang memicu pendarahan, seperti memar, gusi berdarah, epistaksis, menoragia, hingga pendarahan retina yang dapat mengganggu penglihatan (Shallis *et al.* 2018; Maringka dan Lestarini 2024).

D. Anemia Hemolitik

Anemia hemolitik merupakan anemia yang ditandai dengan peningkatan hemolisis dari eritrosit, sehingga usianya lebih pendek. Hemolisis adalah kondisi di mana penghancuran sel darah merah berlangsung cepat. Jika proses penghancuran sel darah merah ini melebihi produksi, maka anemia hemolitik dapat terjadi. Anemia hemolitik dapat disebabkan oleh genetik/herediter atau non-genetik/didapat, sebagai berikut (Noradina *et al.* 2025). Genetik/herediter: anemia sel sabit, sferositosis herediter, talasemia, dan defisiensi enzim G6PD. Non-genetik didapatnya: infeksi, penyakit autoimun, efek samping obat-obatan, dan transfusi darah yang tidak cocok.

Immune hemolytic anemia adalah jenis anemia hemolitik non-genetik yang paling umum dan dapat diklasifikasikan sebagai *autoimmune*, *alloimmune*, atau *drug-induced*. Karakteristik dari anemia hemolitik adalah mikrosferositosis pada *peripheral blood smear*. Tata laksana medis

yang biasanya diberikan kepada anak dengan anemia hemolitik adalah transfusi darah, pemberian steroid, splenektomi, dan pemberian obat sesuai dengan penyebab dasar.

E. Anemia Sel Sabit

Anemia sel sabit adalah anemia hemolitika berat ditandai sel darah merah kecil sabit, dan pembesaran limfa akibat molekul hemoglobin. Patofisiologi anemia sel sabit melibatkan interaksi kompleks antara faktor genetik, hemolisis, *sickling* sel darah merah, vaso-oklusi, disfungsi endotel, serta peradangan steril, yang bersama-sama memicu berbagai komplikasi akut maupun kronis pada organ vital (Sundd *et al.* 2019).

Penyebab utama anemia sel sabit adalah mutasi pada gen yang bertanggung jawab untuk memproduksi hemoglobin, protein pengangkut oksigen dalam sel darah merah. Mutasi tersebut menghasilkan hemoglobin abnormal yang dikenal sebagai hemoglobin S. Keberadaan hemoglobin S membuat eritrosit menjadi kaku dan mudah melekat, sehingga memicu berbagai komplikasi kesehatan. Kondisi ini ditandai dengan episode nyeri berulang, kelelahan, anemia, serta meningkatnya risiko terjadinya infeksi (Elendu *et al.* 2023).

Anemia juga dapat diklasifikasi berdasarkan mekanisme penyakit yang mendasarinya dengan menggunakan pemeriksaan laboratorium yang menunjukkan produksi eritrosit, yaitu Indeks Retikulosit (IR). Retikulosit merupakan eritrosit muda yang jumlahnya sangat terbatas dalam darah, sekitar 0,5 hingga 1,5%. Jika jumlah dalam darah meningkat, maka aktivitas pembentukan sel darah merah juga mengalami peningkatan. Indeks Retikulosit (IR) yang rendah menandakan bahwa sumsum tulang tidak dapat bekerja untuk mengkompensasi sel darah merah atau pemulihan dengan baik. Klasifikasi berdasarkan IR dapat dilihat pada tabel berikut (Domenica Cappellini dan Motta 2015; Mentari dan Nugraha 2023).

Tabel 2. Klasifikasi anemia berdasarkan indeks retikulosit

IR < 1% Anemia Hipoproliferatif	IR < 1% Kelainan Pematangan	IR > 1%
Anemia penyakit kronis	Defisiensi B12	Anemia hemolitik imun
Penyakit ginjal kronis	Defisiensi folat	Hemolisis akibat infeksi
Anemia defisiensi besi	Sindrom mielodiplastik	Kelainan membran sel
Anemia dyserythropoietic bawaan	Anemia sideroblastik	Hemolisis mekanik
Obat atau keracunan		Hemoglobinopati
Anemia endokrin		Kelainan enzim sel darah merah
Penggantian sumsum tulang		

3.3 Gejala Anemia

Gejala anemia biasanya muncul karena kurangnya suplai oksigen ke jaringan tubuh efek dari rendahnya kadar hemoglobin. Jaringan yang tidak mendapatkan oksigen dalam fungsi yang cukup tidak akan berfungsi baik dan menimbulkan gejala anemia. Gejala anemia sering kali tidak disadari karena proses terjadinya anemia berjalan secara bertahap. Saat gejala sudah mulai dirasakan biasanya menandakan kondisi anemia sudah berada pada tingkat yang parah (Kemenkes RI 2023). Berikut beberapa gejala anemia yang sering dialami oleh remaja putri:

1. Lesu, Letih, Lemah, Lelah, dan Lalai (5L)
Anemia menyebabkan pasokan oksigen ke otak yang tidak sesuai dengan kebutuhan sehingga menimbulkan gejala lalai atau mudah lupa, dan kurang konsentrasi. Gejala-gejala tersebut sering disebut sebagai gejala 5L (Lesu, Letih, Lemah, Lelah, dan Lalai).
2. Pucat pada wajah, telapak tangan, dan gusi
Pucat merupakan suatu kondisi di mana terdapat penurunan yang nyata pada warna dan rona kulit dan/atau mukosa yang biasa. Hal ini dapat menjadi gejala seseorang mengalami anemia. Anak-anak yang mengalami pucat dapat disebabkan oleh beberapa hal, sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap kadar hemoglobin untuk memastikan bahwa pucat yang pada wajah, telapak tangan, dan gusi yang dialami mengindikasikan anemia (Brandow 2018).

3. Sesak napas

Sesak napas atau dispnea adalah kondisi di mana seseorang mengalami kehabisan udara dan tidak dapat bernapas cukup cepat atau cukup dalam. Sesak napas merupakan salah satu gejala yang menjadi indikasi anemia simtomatik (Weckmann *et al.* 2023). Anemia identik dengan kondisi di mana jumlah sel darah merah yang membawa oksigen sangat rendah. Kebutuhan oksigen tubuh yang tidak terpenuhi mengakibatkan seseorang akan mengalami sesak napas (Bozkurt dan Mann 2014).

4. Pusing dan ngantuk

Kadar hemoglobin yang rendah berdampak pada seluruh organ tubuh, termasuk otak. Kekurangan hemoglobin dan oksigen dapat menyebabkan pelebaran pembuluh darah serta penurunan tekanan darah. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan keluhan neurologis, antara lain sakit kepala, pusing, gangguan konsentrasi, hingga vertigo. Hipoksia pada sistem saraf pusat juga dapat menimbulkan sakit kepala, vertigo, rasa lemah, dan gangguan fungsi kognitif (Kumar *et al.* 2022).

5. Mata berkunang-kunang

Mata berkunang-kunang dapat terjadi akibat berkurangnya suplai oksigen ke jaringan mata. Kekurangan oksigen berisiko menimbulkan kerusakan jaringan yang memicu gejala penglihatan kabur, baik secara intermiten maupun progresif bila defisiensi zat besi tidak ditangani. Gejala mata berkunang-kunang biasanya terdapat pada anemia tingkat sedang hingga berat (Kemenkes RI 2023).

3.4 Penyebab Anemia

Anemia dapat terjadi ketika kehilangan atau kebutuhan zat besi meningkat. Berbagai etiologi menempatkan remaja putri pada risiko tinggi mengalami anemia, termasuk pola makan rendah zat besi, peningkatan kebutuhan zat besi yang berkaitan dengan pertumbuhan, kehilangan darah menstruasi, kehilangan darah gastrointestinal dan/atau gangguan penyerapan, serta potensi peradangan akibat kondisi medis yang mendasarinya.

A. Asupan zat besi yang tidak cukup

Asupan zat besi yang tidak cukup pada remaja dapat disebabkan oleh beberapa hal. Masa remaja merupakan salah satu fase pertumbuhan pesat sehingga kebutuhan zat besi mengalami peningkatan. Peningkatan kebutuhan zat besi untuk mioglobin dalam otot dan hemoglobin dalam darah disebabkan karena pada fase pertumbuhan pubertas yang cepat, massa tubuh tanpa lemak, volume darah, dan massa sel darah merah meningkat tajam (Gedefaw *et al.* 2015). Jika kebutuhan tersebut tidak terpenuhi, maka dapat meningkatkan risiko anemia.

Peningkatan risiko terjadinya anemia juga disebabkan oleh kurangnya konsumsi lauk pauk, sayuran, dan buah-buahan (Rahayu *et al.* 2019; Kemenkes RI 2021). Kebiasaan makan yang umum terjadi pada remaja, seperti makan tidak teratur atau melewatkan makan, dapat menyebabkan rendahnya konsumsi zat besi. Hal ini disebabkan oleh mispersepsi citra tubuh, meskipun memiliki BMI sehat, sehingga remaja putri sering melakukan program diet penurunan berat badan yang selanjutnya dapat berkontribusi pada gangguan makan (Althunibat *et al.* 2023). Gangguan makan juga sangat umum terjadi pada remaja, dengan puncaknya terjadi pada usia 13–18 tahun, dan dapat berkontribusi pada perkembangan defisiensi gizi (Kim dan Bussel 2020).

Zat besi berasal dari pangan hewani dan pangan nabati. Bioavailabilitas zat besi dari pangan hewani lebih tinggi dibandingkan pangan nabati. Penyerapan zat besi dalam tubuh biasanya juga dipengaruhi oleh sumber pangan *enhancer* zat besi yang banyak terdapat pada lauk pauk, sayuran, dan buah-buahan. Jika konsumsi asupan pangan sumber zat besi dan *enhancer* zat besi tidak tercukupi, maka risiko anemia dapat meningkat (Putri dan Fauzia 2022). Diet ketat, seperti diet vegetarian, dapat menjadi faktor kekurangan asupan zat besi pada remaja. Remaja yang menjalani diet ketat, termasuk diet vegan atau vegetarian, sebaiknya tetap mengonsumsi makanan kaya zat besi dari sumber non-heme dan memperhatikan konsumsi makanan lain yang membantu penyerapan zat besi, bukan yang menghambatnya (Kim dan Bussel 2020).

B. Defisiensi asam folat dan vitamin B12

Defisiensi asam folat dan vitamin B12 merupakan salah satu penyebab anemia pada remaja dan sering kali berkaitan dengan gizi (Ocak *et al.* 2017). Akses pangan yang kurang memadai dapat menyebabkan defisiensi gizi, termasuk vitamin B12. Pola makan yang terbatas karena pilihan pribadi atau orang tua, atau karena kondisi medis, termasuk remaja dengan masalah perkembangan dan perilaku, dapat menjadi penyebab defisiensi ini. Remaja putri harus didukung dan dididik untuk mengikuti pola makan yang sesuai dengan kebutuhan sehingga memberikan manfaat kesehatan dari pilihan makanan mereka.

Remaja putri membutuhkan asam folat yang lebih tinggi untuk mendukung percepatan pertumbuhan dan peningkatan permintaan metabolisme. Jika asupan asam folat pada remaja tidak adekuat, maka risiko terjadinya anemia akan meningkat. Hal ini disebabkan karena asam folat merupakan salah satu zat gizi yang berperan pada pembentukan sel darah merah dan metabolisme sel. Asam folat secara alami terdapat dalam makanan seperti sayuran berdaun hijau, kacang-kacangan, buah-buahan, dan hati (Baddam *et al.* 2025). Selain itu, kekurangan vitamin B12 merupakan penyebab umum untuk anemia. Vitamin B12 diperlukan untuk dua reaksi transmetilasi penting, salah satunya berkaitan erat dengan folat dalam sintesis DNA dan hematopoiesis. Selain itu, Vitamin B12 juga sangat penting untuk sintesis energi di mitokondria dan untuk eritropoiesis di sumsum tulang (Kim dan Busse 2020).

Kekurangan asam folat dan vitamin B12 dapat menghambat proses sintesis DNA dan folat, sehingga mengakibatkan eritropoiesis berlangsung tidak optimal dan menjadi tidak efektif (Bhardwaj *et al.* 2013). Pada kondisi kekurangan asupan vitamin B12, homosistein tidak dapat dikonversi menjadi metionin, sehingga metiltetrahidrofolat (metil-THF) tidak dapat diubah menjadi tetrahidrofolat (THF). Akibatnya, terjadi penumpukan homosistein dan terganggunya pembentukan basa pirimidin, yang menyebabkan sintesis DNA melambat dan berujung pada terjadinya anemia megaloblastik (Ankar dan Kumar 2024).

C. Menstruasi setiap bulan

Menstruasi merupakan proses fisiologis bulanan pada remaja putri yang ditandai oleh perubahan ritmis bulanan dalam laju sekresi hormon wanita dan perubahan fisik yang sesuai pada ovarium dan organ seksual lainnya (Hall dan Hall 2020). Rata-rata darah yang hilang selama menstruasi adalah 30–40 mL. Siklus menstruasi biasanya terjadi setiap 21–45 hari dan berlangsung ≤ 7 hari, menstruasi setiap bulan menyebabkan peningkatan kebutuhan zat besi remaja putri (Vaira *et al.* 2022). Kebutuhan zat besi meningkat hingga dua kali lipat akibat kehilangan darah yang terjadi selama periode menstruasi, sehingga diperlukan asupan besi tambahan untuk menggantikan zat besi yang hilang (Aswandani *et al.* 2024).

Kejadian anemia pada remaja putri erat kaitannya dengan pola menstruasi, di mana lama menstruasi dan banyaknya darah yang hilang selama siklus menstruasi berperan dalam menentukan risiko terjadinya anemia. Remaja putri yang mengalami siklus menstruasi tidak teratur cenderung mengalami kehilangan darah lebih banyak dibandingkan dengan mereka yang memiliki siklus menstruasi teratur (Nurlaily Utami *et al.* 2015). Jika konsumsi zat besi oleh remaja putri tidak memadai, maka pembentukan hemoglobin dalam darah untuk mengganti kehilangan akan terganggu. Kehilangan zat besi secara berkelanjutan akan menyebabkan menipisnya cadangan besi dalam tubuh, kondisi ini dikenal sebagai *iron depleting state*. Jika defisiensi besi terus berlanjut hingga cadangan besi habis, maka ketersediaan besi untuk proses eritropoiesis menjadi berkurang. Akibatnya, terjadi gangguan dalam pembentukan eritrosit meskipun gejala anemia secara klinis belum tampak (Djunaid dan Hilamuhu 2021). Hal ini selanjutnya dapat menyebabkan terjadinya anemia.

D. Gangguan absorpsi

Gangguan absorpsi gangguan pada saluran pencernaan yang menyebabkan gangguan pencernaan, penyerapan, dan pengangkutan zat gizi penting melalui dinding usus. Anemia defisiensi besi jarang terjadi secara terpisah. Biasanya muncul bersamaan dengan kondisi lain malabsorpsi. Gangguan absorpsi dapat menyebabkan penurunan penyerapan zat besi sehingga jumlah zat besi yang masuk ke dalam

sirkulasi menjadi menurun. Penyerapan zat besi yang tidak optimal akan menyebabkan cadangan besi dalam tubuh berangsur menurun. Apabila keadaan ini berlanjut, maka dapat terjadi defisiensi besi yang pada tahap selanjutnya berkembang menjadi anemia defisiensi besi.

Insiden kasus gangguan absorpsi zat besi primer relatif kecil. Sebagian besar kasus gangguan absorpsi zat besi bersifat sekunder karena proses patologis yang mendasari di saluran pencernaan (Saboor 1969). *Coeliac disease* merupakan salah satu kondisi patologis yang dapat menyebabkan anemia. Pada *Coeliac disease*, respons imun yang tidak tepat terhadap gluten di duodenum dan jejunum proksimal mengganggu penyerapan zat besi. Hal ini selanjutnya dapat menyebabkan terjadinya anemia (Zuvarox *et al.* 2025).

Gangguan absorpsi zat besi juga dapat disebabkan karena faktor genetik. Sindrom *Iron-Refractory Iron Deficiency Anemia* (IRIDA) menyebabkan mutasi pada gen *Transmembrane Serine Protease S6* (TMRPSS6). Mutasi ini menyebabkan tubuh terlalu banyak menyintesis hepsidin, hormon yang menghalangi usus untuk menyerap zat besi.

E. Infeksi cacing

Infeksi cacing mengakibatkan malabsorpsi makro dan mikronutrien yang mengakibatkan malgizi seperti anemia defisiensi besi (Girum dan Wasie 2018). Beberapa cacing yang biasanya menyebabkan penyumbatan penyerapan zat besi adalah cacing tambang, *schistosoma*, *trichuris trichiura*, dan *ascaris lumbricoides*. Cacing tambang menempel pada mukosa usus dan menghisap darah melalui mekanisme penghancuran jaringan serta degradasi hemoglobin, yang pada akhirnya menyebabkan anemia dan malgizi kronis.

Derajat anemia dipengaruhi oleh jumlah cacing, spesies yang menginfeksi, serta status cadangan besi pada inang. *Schistosoma* menimbulkan anemia melalui kehilangan darah, kerusakan jaringan usus, serta destruksi sel darah merah oleh mekanisme imun. Infeksi *Trichuris trichiura* dengan intensitas tinggi juga berkontribusi terhadap anemia defisiensi besi akibat pendarahan usus dan proses inflamasi kronis (Teresa 2019).

F. Hemolitik

Hemolitik merupakan salah satu penyebab terjadinya anemia. Hemolitik adalah kondisi di mana terjadinya penghancuran sel darah merah, peningkatan katabolisme hemoglobin, penurunan kadar hemoglobin, dan peningkatan upaya sumsum tulang untuk meregenerasi produk (Baldwin *et al.*). Anemia hemolitik ditandai dengan disregulasi imun yang menyebabkan pembentukan autoantibodi yang diarahkan terhadap antigen pada permukaan eritrosit. Hal tersebut selanjutnya mengakibatkan kerusakan eritrosit prematur dan anemia (Kim dan Bussel 2020; Adramerina *et al.* 2024). Anemia yang disebabkan oleh hemolitik relatif terjadi selama masa kanak-kanak dan remaja. Anemia hemolitik biasanya didiagnosis sejak usia dini dan terus berlanjut hingga remaja (Corrons dan Krishnevskaya 2021).

G. Gangguan transfer dan reseptor transferin-besi

Gangguan pada pengenalan reseptor transferin dapat menyebabkan defisit besi tingkat seluler. Reseptor transferrin pada penderita tidak terdeteksi yang menandai bahwa aktivitas eritropoiesis sumsum tulang yang sangat rendah. Hal ini menunjukkan penderita mengalami anemia defisiensi besi (Mentari dan Nugraha 2023).

H. Gangguan homeostasis besi terkait regulasi hepsidin

Hepsidin adalah hormon peptida yang bersirkulasi untuk mengatur penyerapan zat besi dan distribusi zat besi ke seluruh tubuh, termasuk dalam plasma. Hepsidin disekresikan, terutama oleh hepatosit ke dalam sirkulasi. Peningkatan hepsidin dapat menghambat penyerapan zat besi usus dan daur ulang zat besi makrofag serta menyebabkan eritropoiesis dan anemia defisiensi besi (Milman 2021; Mentari dan Nugraha 2023).

I. Inflamasi

Inflamasi kronis yang terjadi pada remaja yang menderita penyakit ginjal kronis, gangguan reumatologi, penyakit radang usus (IBD), maupun gagal jantung dapat memicu timbulnya anemia peradangan atau anemia penyakit kronis. Kondisi ini ditandai dengan adanya keterbatasan

eritropoiesis akibat zat besi yang sebenarnya tersedia di dalam tubuh, namun tidak dapat dimanfaatkan secara optimal, sehingga mengurangi ketersediaan zat besi untuk proses pembentukan sel darah merah (Powers dan O'Brien 2019; Kim dan Bussel 2020). Namun, pada pasien dengan kondisi inflamasi, anemia sering kali sulit dikenali karena parameter laboratorium yang biasa digunakan untuk menilai status zat besi dapat memberikan hasil yang kurang akurat dalam keadaan peradangan.

3.5 Dampak Anemia

Anak-anak dan remaja berusia 5–19 tahun merupakan periode perkembangan yang pesat. Pada usia ini akan terjadi perubahan fisik, biologis, dan hormonal yang cepat dan mengarah pada kematangan psikososial, perilaku, dan seksual individu. Pada periode kehidupan ini juga tubuh tidak mampu untuk meningkatkan cadangan zat besi dengan cepat ketika kebutuhan meningkat, sehingga defisiensi zat besi sering terjadi selama periode ini (Chen *et al.* 2022). Berdasarkan *The Global Burden of Disease* (GBD) pada tahun 2019 diperkirakan bahwa 16,83% anak-anak dan remaja berusia 5–19 tahun di seluruh dunia menderita defisiensi zat besi. Prevalensi tertinggi terjadi pada negara-negara berpenghasilan menengah ke bawah yakni sebesar 23,19%. Diikuti oleh negara-negara berpenghasilan rendah sebesar 22,20%. Untuk negara-negara berpenghasilan menengah ke atas sebesar 5,73%, dan negara-negara berpenghasilan tinggi sebesar 4,11% (Murray *et al.* 2020).

Anemia memengaruhi sepertiga populasi dunia dan berkontribusi terhadap peningkatan morbiditas dan mortalitas, penurunan produktivitas kerja, dan gangguan perkembangan neurologis (Chaparro dan Suchdev 2019). Selain itu, anemia juga dikaitkan dengan perkembangan yang memiliki dampak negatif termasuk kematian neonatal dan perinatal, berat badan lahir rendah, kelahiran prematur, dan keterlambatan perkembangan anak (Chaparro dan Suchdev 2019). Dampak negatif anemia terhadap kesehatan dan perkembangan muncul dari dampak penurunan oksigen ke jaringan yang dapat memengaruhi berbagai sistem organ serta dampak terkait penyebab dasar anemia seperti pada anemia defisiensi besi yang menunjukkan bahwa penurunan ketersediaan zat besi telah terbukti berdampak negatif terhadap perkembangan dan fungsi otak bahkan

sebelum anemia terjadi. Selain itu, besi juga dibutuhkan untuk metabolisme neurotransmisi dan neurogenesis yang nantinya akan berdampak pada perilaku, memori, pembelajaran, dan sistem sensorik (Chen *et al.* 2022). Anemia juga akan menyebabkan terjadinya penurunan daya tahan tubuh yang dengan cepat menimbulkan masalah dan mengindikasikan status gizi serta kesehatan yang buruk. Adapun dampak anemia pada remaja dapat menimbulkan berbagai dampak seperti penurunan daya tahan tubuh sehingga mudah terserang penyakit, penurunan aktivitas serta prestasi akibat kurangnya konsentrasi, meningkatkan risiko infeksi, penurunan parameter antropometri, gangguan kognitif, dan bahkan kelainan perilaku (Chen *et al.* 2022; Suprpti *et al.* 2025). Studi menunjukkan bahwa defisiensi besi ringan sekalipun dapat menimbulkan dampak buruk yang cukup besar terhadap perkembangan kognitif individu dan dampak buruk defisiensi besi akan tetap ada bahkan setelah status besi membaik (Lozoff *et al.* 2013; Scott dan Murray-Kolb 2016).

Anemia pada remaja putri dapat memberikan dampak buruk terhadap proses tumbuh kembang, termasuk fungsi organ reproduksi. Kondisi anemia yang dialami sejak remaja berpotensi berlanjut hingga dewasa, saat memasuki masa kehamilan dan persalinan. Pada ibu hamil, anemia dapat meningkatkan risiko terjadinya keguguran, kelahiran prematur, bayi dengan Berat Badan Lahir Rendah (BBLR), serta *stunting*. Masalah ini umumnya dipicu oleh ketidakseimbangan asupan gizi yang menjadi faktor utama timbulnya anemia, khususnya pada remaja putri. Di samping itu, rendahnya pengetahuan mengenai pangan sumber zat besi juga berperan dalam meningkatkan risiko anemia (Lailiyana dan Hindratni F 2024). Adapun anemia juga dapat menyebabkan penurunan fungsi fisik terutama pada lansia. Anemia pada lansia yang tidak tertangani berkaitan dengan kelelahan, osteoporosis, peningkatan risiko komorbiditas, penyakit kardiovaskular, keterbatasan fungsional dan mental, serta kematian. Anemia juga merupakan komplikasi utama penyakit ginjal kronis dan memberikan kontribusi signifikan terhadap mortalitas dan morbiditas, termasuk gangguan fungsi fisik dan kognitif, hingga penurunan kualitas hidup (Wratsangka dan Putri 2020). Adapun dampak anemia lainnya dijabarkan di bawah ini.

A. Dampak fisik dan kapasitas kerja

Anemia, terutama anemia defisiensi besi (*Iron-Deficiency Anemia*, IDA) dapat menurunkan kapasitas transport oksigen tubuh sehingga remaja sering mengalami kelelahan, intoleransi terhadap aktivitas fisik, dispnea saat beraktivitas, dan pusing. Gejala-gejala ini mengurangi kemampuan untuk mengikuti kegiatan sekolah, olahraga, hingga dalam menyelesaikan tugas sehari-hari.

B. Dampak pada perkembangan fisik dan antropometri

Pada periode remaja (*growth spurt*) kebutuhan zat besi meningkat. Sehingga kekurangan besi dapat menghambat pertumbuhan linier, akumulasi massa otot, jumlah darah, massa sel darah merah, kebutuhan zat besi untuk mioglobin dalam otot, dan kebutuhan zat besi tubuh secara keseluruhan selama periode ini (Yeboah *et al.* 2024). Pada populasi dengan IDA tinggi sering ditemukan rerata tinggi badan dan indikator antropometri yang lebih rendah dibanding remaja non-anemia. Studi tinjauan dan uji intervensi menyatakan bahwa perbaikan status besi kadang meningkatkan parameter pertumbuhan, tetapi efeknya bergantung pada usia, durasi defisiensi, dan kondisi gizi lain. Pada usia remaja ini total asupan zat besi juga meningkat dua hingga tiga kali lipat dari asupan harian anak-anak sebesar 0,7–0,9 mg menjadi 1,37–1,88 mg pada remaja laki-laki dan 1,40–3,27 mg pada remaja perempuan. Oleh karena itu, remaja membutuhkan zat besi dua kali lebih banyak daripada anak-anak (Chen *et al.* 2022).

C. Dampak kognitif, perhatian, dan prestasi akademik

Zat besi dan kadar hemoglobin memengaruhi fungsi kognitif pada anak dan remaja. Hal ini karena zat besi banyak berperan dalam proses biologis fundamental di otak, termasuk transportasi oksigen, sintesis DNA, respirasi mitokondria, dan sintesis mielin. Akibatnya proses homeostasis zat besi terganggu yang dapat memicu kerusakan sel melalui produksi radikal hidroksil yang dapat menyebabkan oksidasi dan modifikasi lipid, protein, karbohidrat, dan DNA yang nantinya memicu gangguan kognitif (Lozoff *et al.* 2013). Dampak lain yang diakibatkan oleh IDA yakni meliputi gangguan perhatian, pemrosesan informasi lebih lambat,

memori kerja yang menurun, dan skor tes kognitif atau akademik lebih rendah pada kelompok IDA. Diketahui bahwa IDA dalam kondisi berat dapat menyebabkan remaja rentan terhadap komplikasi seperti disfungsi kognitif, yang mana IDA mengganggu fungsi enzim yang bergantung pada zat besi seperti tirosin dan triptofan hidroksilase, sehingga mengurangi kadar neurotransmitter (serotonin, noradrenalin, dan dopamin) di otak, sehingga memengaruhi perkembangan neurokognitif (Youdim *et al.* 2009). Meta analisis dan review intervensi menunjukkan bahwa suplementasi besi pada remaja anemia sering kali memperbaiki skor tugas kognitif dan beberapa ukuran prestasi sekolah, meskipun besaran efek bervariasi menurut jenis tes dan konteks (misalnya kondisi ekonomi, sekolah, gizi lainnya). Dengan kata lain, perbaikan anemia dapat meningkatkan kapasitas belajar (Yeboah *et al.* 2024).

D. Dampak pada sistem imun dan risiko infeksi

Zat besi berperan penting dalam *immunosurveillance*, karena sifatnya yang mendorong pertumbuhan dan menginduksi diferensiasi sel imun, serta mengganggu jalur efektor imun yang diperantarai sel dan aktivitas sitokin. Zat besi juga diketahui sebagai elemen fundamental bagi perkembangan normal sistem imun, baik fungsi imun bawaan maupun adaptif, yang mana apabila terjadi defisiensi zat besi maka dapat memengaruhi kemampuan untuk menghasilkan respons imun yang adekuat. Diketahui bahwa secara laboratorium dan klinis menunjukkan bahwa defisiensi besi dapat mengurangi kemampuan fagosit, menurunkan respons proliferasi limfosit, dan mengubah sitokin sehingga membuat individu lebih rentan terhadap beberapa infeksi. Pada remaja, efek ini berarti frekuensi atau beratnya infeksi bisa naik, yang selanjutnya memperburuk status gizi (Hassan *et al.* 2016).

E. Dampak pada kehamilan remaja dan risiko neonatal (remaja putri)

Prevalensi anemia secara keseluruhan pada wanita remaja hamil berkisar antara 25% hingga 41,27%, dengan persentase tertinggi di India yakni sebesar 70–76%. Remaja putri yang hamil dan mengalami anemia menghadapi risiko komplikasi yang lebih tinggi dibanding ibu non-anemik, meningkatkan kelahiran prematur, berat badan lahir rendah (BBLR), dan komplikasi maternitas. Studi lain menunjukkan bahwa ibu yang mengalami anemia memiliki risiko tinggi untuk operasi caesar, skor apgar rendah, dan preeklamsia (Mahmood *et al.* 2019). Karena banyak remaja putri yang menstruasi secara regular mengalami kehilangan zat besi, prevalensi anemia pada kelompok ini tinggi dan bila hamil dapat memperburuk hasil perinatal. Oleh karena itu, deteksi dan koreksi anemia pada remaja putri reproduktif prioritas untuk pencegahan komplikasi kehamilan (Uzunov *et al.* 2022).

F. Dampak psikososial, motivasi, dan kualitas hidup

Gejala fisik seperti lemah, letih, lesu dan gangguan akademik yang berulang dapat menurunkan harga diri, motivasi sekolah, dan partisipasi sosial. Beberapa studi observasional mengaitkan anemia dengan pengurangan keterlibatan ekstrakurikuler dan peningkatan keluhan somatik yang memengaruhi interaksi sosial (Yusufu *et al.* 2023).

G. Implikasi jangka panjang dan potensi reversibilitas

Efek jangka pendek seperti kelelahan, penurunan konsentrasi, penurunan performa sekolah dapat diperbaiki dengan meningkatkan konsumsi zat besi. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa defisiensi besi berat atau kronis pada periode perkembangan dapat meninggalkan dampak kognitif yang tidak sepenuhnya *reversible*, terutama bila berlangsung pada usia sensitif perkembangan otak. Oleh karena itu, intervensi dini seperti konsumsi makanan tinggi zat besi, suplementasi sesuai indikasi, penanganan pendarahan menstruasi berat, dan program kesehatan sekolah yang lebih efektif untuk mencegah konsekuensi permanen (Gutema *et al.* 2023).

Author's Personal
Copy By IPB Press



BAB IV

ANEMIA PADA REMAJA

4.1 Prevalensi Anemia pada Remaja

Anemia adalah problem gizi yang belum tuntas sejak berpuluh tahun yang lalu. Di negara-negara maju yang masyarakatnya cukup mengonsumsi pangan hewani, diketahui problem anemia jarang muncul. Oleh karena itu, perbaikan gizi membutuhkan prasyarat penting yakni perbaikan kesejahteraan masyarakat. Anemia akibat kurang gizi mikro zat besi menyebabkan penduduk Indonesia kehilangan 40–80 juta IQ poin. Anemia diderita oleh 613 juta orang di seluruh dunia (Khomsan *et al.* 2023). Berdasarkan data WHO tahun 2021, sekitar 29,9% atau lebih dari setengah miliar wanita usia subur mengalami anemia.

Prevalensi anemia pada remaja di Indonesia masih cukup tinggi. Berdasarkan data Survei Kesehatan Indonesia (2023), prevalensi anemia untuk semua kelompok umur di Indonesia sebesar 16,2%; sementara untuk wanita relatif lebih tinggi sebesar 18% dibandingkan laki-laki 14,4%. Prevalensi anemia di perdesaan sebesar 16,9% lebih tinggi dibandingkan perkotaan yakni 15,6% (Kemenkes 2023). Prevalensi anemia lebih tinggi pada perempuan (18,0%) dibandingkan laki-laki (14,4%). Survei Kesehatan Indonesia tahun 2023 menunjukkan bahwa sebanyak 15,5% remaja putri usia 15–24 tahun di Indonesia mengalami anemia. Akan tetapi, data Riset Kesehatan Dasar tahun 2018 sebelumnya menunjukkan bahwa prevalensi anemia lebih tinggi yaitu 26,8% pada usia 5–14 tahun dan 32% pada usia

15–24 tahun yang artinya 3 dari 10 remaja di Indonesia mengalami anemia. Data terakhir WHO pada tahun 2019, prevalensi anemia di Indonesia adalah 31,2% dan termasuk dalam 10 besar kasus anemia tertinggi di Asia Tenggara (WHO 2020).

Sebagian besar masyarakat di Indonesia yang mengalami anemia terjadi karena kekurangan zat besi sebagai akibat dari asupan sumber pangan hewani (besi *heme*) yang kurang. Sumber pangan hewani (besi *heme*) adalah hati, daging, unggas, dan ikan. Konsumsi ikan, telur, daging, maupun susu yang rendah merupakan cermin daya beli kita (Khomsan *et al.* 2023). Besi *heme* dapat diserap oleh tubuh sebanyak 20–30%. Sumber pangan nabati juga mengandung zat besi (besi *non-heme*) tapi jumlah yang bisa diserap oleh usus lebih sedikit dibanding besi *heme* yaitu 1–10% saja. Sumber pangan nabati (besi *non-heme*) adalah sayuran hijau (bayam, singkong, dan kangkung) dan kacang-kacangan (tempe, tahu, dan kacang merah). Masyarakat di Indonesia lebih banyak yang mengonsumsi sumber pangan nabati dibanding hewani. Berdasarkan hasil Survei Konsumsi Makanan Individu tahun 2014 menunjukkan bahwa 97,7% masyarakat di Indonesia mengonsumsi beras (mengandung 1,8 mg zat besi dalam 100 gram beras).

Kondisi sosio ekonomi yang rendah juga berkontribusi terhadap tingginya prevalensi anemia. Keluarga dengan pendapatan rendah mungkin tidak mampu menyediakan makanan yang kaya zat besi dan gizi lainnya. Selain itu, dalam beberapa budaya, makanan yang kaya zat besi mungkin tidak umum dikonsumsi oleh perempuan yang menyebabkan asupan zat besi yang tidak memadai. Selain itu, tingkat pendidikan dan kesadaran gizi juga memainkan peran penting dalam prevalensi anemia. Remaja putri yang kurang mendapatkan pendidikan tentang pentingnya gizi cenderung memiliki pola makan yang tidak seimbang. Program pendidikan gizi yang efektif di sekolah dapat meningkatkan pengetahuan dan praktik gizi yang baik, yang pada gilirannya dapat mengurangi prevalensi anemia (Hasyim 2018).

4.2 Keterkaitan Konsumsi Inhibitor Zat Besi dengan Anemia

Konsumsi makanan sehari-hari merupakan salah satu faktor yang berkaitan dengan berlangsungnya absorpsi zat besi dalam tubuh. Absorpsi zat besi dalam tubuh dipengaruhi oleh beberapa faktor interaksi antar-zat makanan yang dikonsumsi yaitu makanan sumber zat besi, makanan pemacu (*enhancer*) penyerapan zat besi, dan makanan penghambat (inhibitor) penyerapan zat besi. Faktor inhibitor penyerapan zat besi yang terdapat dalam makanan akan mengikat zat besi sebelum diserap oleh mukosa usus menjadi zat yang tidak dapat larut sehingga akan mengurangi penyerapannya. Berkurangnya penyerapan zat besi, maka jumlah ferritin juga akan berkurang yang berdampak pada menurunnya jumlah zat besi yang akan digunakan untuk sintesa hemoglobin yang rusak. Hal ini merupakan salah satu faktor penyebab rendahnya kadar hemoglobin dalam darah (Beck *et al.* 2014). Faktor inhibitor penyerapan zat besi yang terdapat dalam makanan adalah sebagai berikut:

A. Tanin

Tanin merupakan senyawa kimia yang dapat mencegah zat besi diserap oleh tubuh. Teh merupakan salah satu minuman yang mengandung tanin yang mengikat zat besi dan pada sebagian teh terutama teh hitam senyawa polifenol yang berperan sebagai antioksidan ternyata telah mengalami oksidasi sehingga dapat mengikat zat besi sehingga penyerapan zat besi menjadi berkurang (Marina *et al.* 2015). Mengonsumsi komponen fenolik dalam teh dengan makanan besi dapat menurunkan penyerapan sebanyak 60%, sedangkan mengonsumsi senyawa fenolik dalam kopi setelah makan dapat menurunkan penyerapan sebanyak 40%. Tanin yang terdapat di dalam teh menyebabkan zat besi dapat terikat pada molekul yang tidak dapat dicerna dalam sistem pencernaan. Bila zat besi dalam tubuh kurang, tidak dianjurkan mengonsumsi teh setelah makan. Mengonsumsi teh sejam satu jam setelah makan dapat menghambat daya serap zat besi sebesar 64% (Kemenkes 2020).

B. Asam Fitat

Asam fitat merupakan senyawa yang bila dikonsumsi dalam jumlah yang berlebih dapat menghambat penyerapan mineral penting dalam tubuh, sehingga unsur-unsur tersebut dapat dikeluarkan dari tubuh melalui urine dan feses. Asam fitat dapat mempersulit penyerapan zat besi alami dan zat besi yang diserap dari makanan yang berasal dari biji-bijian dan kacang-kacangan (Zhang *et al.* 2023). Cara kerja fitat adalah mengikat mineral dan protein di dalam tubuh. Zat besi dibutuhkan di sumsum tulang untuk membuat sel darah merah baru, sementara protein merupakan komponen kunci dalam proses ini.

Protein pada kedelai menurunkan absorpsi besi yang bisa jadi disebabkan oleh asam fitat yang tinggi. Asam fitat yang umumnya ditemukan di padi-padian juga merupakan inhibitor utama absorpsi besi. Absorpsi dari beras yang tidak digiling sempurna lebih buruk dibanding absorpsi dari beras yang digiling sempurna, sementara peningkatan bekatul dalam makanan akan menyebabkan supresi yang berkaitan dengan dosis pada bioavailabilitas besi. Daging dan asam askorbat dapat mengatasi efek inhibisi ini (Almatsier 2001).

C. Kalsium

Susu merupakan salah satu sumber protein hewani yang mengandung nilai gizi tinggi dan digemari masyarakat. Di mana protein dalam susu disebut *kasein* dan *whey* diketahui dapat menghambat penyerapan zat besi. Zat gizi lain yang terkandung dalam susu yaitu kalsium juga dapat menghambat penyerapan zat besi heme dan non-heme yang berkaitan dengan transportasi zat besi (Khodijah 2018).

Kandungan kalsium pada susu diketahui dapat mengurangi efektivitas penyerapan zat besi sebesar 50–60%. Kalsium fosfat akan menurunkan penyerapan zat besi sebesar 50% dan garam kalsium akan menurunkan 55% penyerapan zat besi. Efek inhibitor untuk kalsium akan terlihat jika dikonsumsi lebih dari 300 mg perhari. Sekitar 30–50% zat besi akan terserap dari makanan yang mengandung 1,4 mg zat besi heme dan 11,9 mg zat besi non-heme. Semakin banyak asupan kalsium, maka semakin rendah kadar hemoglobin tubuh sehingga meningkatkan risiko anemia.

Berbeda dengan kalsium sitrat dan kalsium karbonat yang sebanyak 300 mg atau 600 mg tidak akan memberikan efek penurunan pada suplementasi besi sulfat yang mengandung 37 mg atau 18 mg zat besi tanpa disertai makanan. Akan tetapi, jika disertai dengan makanan seperti *burger*, ketiga senyawa tersebut akan menghambat penyerapan zat besi (Gaitan *et al.* 2011). Pemberian 100 mg kalsium perhari dalam bentuk kalsium karbonat selama 12 minggu bersama makanan, tidak berdampak pada kadar ferritin serum (Rios-Castillo *et al.* 2014). Dampak kalsium terhadap penyerapan zat besi terlihat jika garam kalsium digunakan secara rutin pada makanan.

4.3 Keterkaitan Konsumsi Ekshibitor Zat Besi dengan Anemia

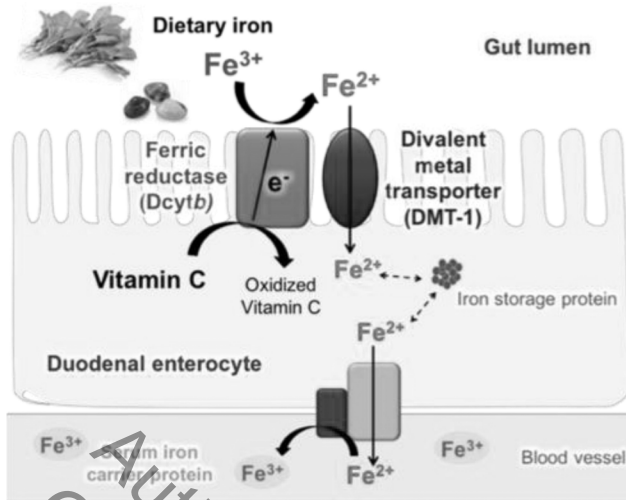
Zat besi adalah mineral esensial yang berperan dalam berbagai fisiologi tubuh, seperti pembentukan eritrosit dan hemoglobin, transportasi oksigen, diferensiasi sel, metabolisme energi, dan imunitas. Salah satu faktor yang mengendalikan homeostasis zat besi adalah penyerapan zat besi di usus. Penyerapan zat besi bergantung pada beberapa faktor, terutama bentuk zat besi. Zat besi dalam bentuk heme ataupun non-heme banyak terdapat dalam makanan (Piskin *et al.* 2022).

Proses penyerapan zat besi mencakup beberapa interaksi dengan zat gizi lainnya. Interaksi yang terjadi dapat berupa efek pemicu (*enhancer*) atau penghambat (*inhibitor*). Interaksi antara makanan *enhancer* zat besi diketahui memengaruhi bioavailabilitas dari zat besi. *Enhancer* zat besi merupakan komponen dalam suatu bahan makanan yang mengandung zat gizi tertentu sehingga mampu membantu meningkatkan proses penyerapan zat besi. Asupan zat besi yang rendah biasanya dipengaruhi oleh kebiasaan makan yang buruk, rendahnya konsumsi makanan *enhancer* zat besi, dan konsumsi tingginya konsumsi makanan *inhibitor* zat besi (Fitripancari *et al.* 2023). Beberapa *enhancer* zat besi adalah sebagai berikut:

A. Asam askorbat

Asam askorbat atau yang dikenal dengan vitamin C dapat membantu meningkatkan penyerapan zat besi yang diperlukan untuk pencegahan anemia (Kaimudin *et al.* 2017). Pemenuhan kebutuhan vitamin C tidak dapat disintesis endogen, sehingga diperoleh melalui konsumsi pangan, terutama kelompok sayuran dan buah-buahan (Krisnanda 2020). Asam askorbat banyak terdapat pada buah-buahan dan sayuran segar, seperti buah jeruk, pepaya, beri, tomat, sayuran berwarna hijau.

Vitamin C berperan penting dalam penyerapan zat besi bergantung pada keberadaan vitamin tersebut di dalam saluran cerna bersamaan dengan makanan. Penyerapan zat besi yang optimal kemungkinan memerlukan asupan vitamin C lebih dari 100 mg per hari (Bender 2002). Vitamin C terbukti mampu meningkatkan penyerapan ion besi (Fe^{3+}) maupun ion besi (Fe^{2+}) (Gambar 1). Efek ini diperoleh melalui sifat reduktif asam askorbat yang menjaga kelarutan zat besi pada berbagai tingkat pH, sehingga memudahkan penyerapannya melalui transporter zat besi di usus halus (Sabatier *et al.* 2020; Skolmowska dan Głabska 2022). Asam askorbat membantu absorpsi zat besi dengan membuat kelat dengan zat besi dengan besi ferri pada pH asam lambung yang tetap larut pada pH basa duodenum, bagian pertama dari usus halus (Hurrell dan Egli 2010). Asam askorbat juga menyumbang elektron yang berfungsi untuk menangkap radikal bebas dan mengurangi oksidasi zat besi menjadi Fe^{2+} (Piskin *et al.* 2022; Skolmowska dan Głabska 2022).



Gambar 1. Penyerapan zat besi makanan pada enterosit duodenum manusia

Absorpsi zat besi dari makanan diatur oleh *duodenal cytochrome b* (Dcytb), protein membran integral yang mereduksi ion besi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} dengan bantuan donor elektron dari asam askorbat (vitamin C), sehingga zat besi dapat diserap oleh divalent metal transporter-1 (DMT-1). Asam askorbat sangat penting untuk memfasilitasi transfer elektron ke heme dan mempercepat reduksi Fe^{3+} . Berdasarkan strukturnya, Fe^{3+} secara kooperatif dapat mengikat vitamin C, sehingga pengikatan Fe^{3+} ke Dcytb distabilkan oleh keberadaan vitamin C. Selanjutnya, Fe^{3+} larut dalam kondisi asam di lambung, namun akan membentuk endapan ketika pH meningkat di duodenum, kecuali bila terikat oleh khelator. Vitamin C berperan sebagai khelator yang menjaga kelarutan Fe^{3+} sekaligus mendukung pengikatannya pada Dcytb. Selain itu, vitamin C juga berfungsi sebagai mediator transfer elektron dari heme di sisi lumen usus ke Fe^{3+} , sehingga mereduksinya menjadi Fe^{2+} yang kemudian dapat diserap ke dalam enterosit duodenum melalui DMT-1 (Ganaseen *et al.* 2018).

Vitamin C diduga berperan dalam membantu mobilisasi zat besi dari tempat penyimpanan di dalam tubuh ketika dikonsumsi bersamaan atau terpisah dari pangan kaya zat besi, sehingga dapat meningkatkan status

zat besi (Cook dan Monsen 1977; Cook dan Reddy 2001; Skolmowska dan Głabska 2022). Selain itu, vitamin C juga mampu meningkatkan proporsi eritrosit dengan kadar hemoglobin normal (Seibert *et al.* 2017).

B. Zat besi heme

Zat besi heme seperti daging, unggas, dan ikan dapat meningkatkan penyerapan zat besi non-heme. Pangan hewani yang kaya akan protein kontraktin aktin dan miosin dapat mendorong penyerapan zat besi. Protein yang terkandung dalam makanan akan diuraikan menjadi peptida dengan kandungan asam amino sistein relatif tinggi. Senyawa ini diduga berperan sebagai ligan yang membantu proses penyerapan zat besi. Selain itu, asam amino lain seperti histidin juga memiliki kemampuan mengikat zat besi sehingga meningkatkan penyerapannya. Daging sendiri diperkirakan turut berkontribusi dalam peningkatan penyerapan zat besi melalui stimulasi sekresi usus (Gropper *et al.* 2009).

Sebanyak 75 unit asam askorbat atau zat besi heme (satu unit setara dengan 1,3 g daging/ikan/unggas mentah, atau 1 g daging/ikan/unggas matang, atau 1 mg asam askorbat) mampu mengoptimalkan penyerapan zat besi ketika dikonsumsi bersama sumber zat besi. Penyerapan dapat meningkat sekitar 8–20% (Gropper *et al.* 2009).

C. Asam organik lainnya

Asam organik, terutama sitrat, malat, laktat dan tartrat, dapat meningkatkan bioavailabilitas zat besi non-heme (Crichton 2001). Jenis asam organik tersebut banyak terdapat pada buah dan sayur. Asam organik memiliki efek sinergis dengan asam askorbat dalam meningkatkan kelarutan besi. Simulasi pencernaan *in vitro* memperlihatkan bahwa kelarutan besi terjadi pada pH rendah dan menurun pada pH lebih tinggi. Selain itu, kelarutan besi juga dipengaruhi oleh jenis protein makanan.

Asam organik dapat meningkatkan penyerapan zat besi, terutama pada makanan yang mengandung inhibitor. Pengaruh asam organik terhadap penyerapan besi sangat bergantung pada jenis asam, rasio molar asam terhadap besi, sumber zat besi, serta matriks makanan (Teucher *et al.* 2004).



BAB V

PENCEGAHAN ANEMIA PADA REMAJA

5.1 Pedoman Gizi Seimbang

Pedoman Gizi Seimbang (PGS) yang dikembangkan oleh Kementerian Kesehatan RI merupakan panduan utama dalam pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat, termasuk remaja. PGS menekankan prinsip konsumsi pangan yang beragam, bergizi, seimbang, dan aman (Kemenkes 2014). Diversifikasi pangan menjadi kunci agar remaja tidak hanya mengonsumsi makanan tinggi energi, tetapi juga memperoleh cukup zat gizi mikro seperti zat besi, asam folat, vitamin B12, dan vitamin C. Keseimbangan antara sumber pangan nabati dan hewani juga penting untuk meningkatkan ketersediaan zat besi yang lebih mudah diserap tubuh.

Dalam praktik sehari-hari, PGS dapat diwujudkan dengan mengonsumsi makanan pokok yang bervariasi, lauk pauk bergizi tinggi, sayuran, serta buah-buahan segar. Remaja sangat dianjurkan untuk memperbanyak konsumsi sumber zat besi heme seperti daging merah, hati ayam, ikan, dan telur, karena jenis ini lebih mudah diserap dibandingkan zat besi non-heme yang banyak terdapat pada sayuran (Kemenkes 2018). Kehadiran vitamin C dari buah-buahan seperti jeruk, jambu, dan pepaya juga berperan penting sebagai *enhancer* yang meningkatkan penyerapan zat besi.

Selain fokus pada pemilihan bahan makanan, PGS juga mengajarkan pentingnya mengurangi konsumsi makanan tinggi gula, garam, dan lemak. Banyak remaja saat ini cenderung memilih makanan cepat saji yang praktis, namun miskin zat gizi mikro. Bila kebiasaan ini berlanjut, maka risiko anemia semakin tinggi karena asupan zat besi tidak mencukupi. Dengan penerapan PGS yang konsisten, remaja diharapkan mampu membangun kebiasaan makan sehat sejak dini, yang tidak hanya mencegah anemia tetapi juga melindungi dari masalah gizi lainnya.

Anemia yang dialami oleh Wanita Usia Subur (WUS) dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, baik terhadap kesehatan maupun performa kerja sehari-hari (Setyorini *et al.* 2019). Kondisi ini sering kali menyebabkan kelelahan, menurunnya daya konsentrasi, serta berkurangnya kapasitas kerja fisik maupun mental. Jika berlangsung dalam jangka panjang, anemia pada WUS tidak hanya memengaruhi produktivitas individu, tetapi juga dapat berdampak pada kualitas hidup dan kontribusi mereka dalam kegiatan sosial maupun ekonomi. Oleh karena itu, penerapan PGS pada remaja putri memiliki peran strategis dalam membangun fondasi kesehatan jangka panjang yang mendukung peningkatan kualitas sumber daya manusia Indonesia.

5.2 Suplementasi untuk Anemia

Meskipun perbaikan pola makan merupakan langkah yang sangat penting dalam pencegahan dan penanggulangan anemia pada remaja, suplementasi zat besi tetap dibutuhkan karena pola konsumsi sehari-hari remaja sering kali belum mampu memenuhi kebutuhan gizi harian yang optimal. Suplementasi zat besi yang paling umum dilakukan di Indonesia adalah melalui program Tablet Tambah Darah (TTD) yang berisi zat besi dan asam folat. Program ini juga dikenal secara internasional dengan istilah *Weekly Iron and Folic Acid (WIFA) supplementation program*, yaitu pemberian suplemen zat besi dan asam folat secara mingguan untuk remaja putri (Prasetya *et al.* 2022). Sasaran utama program ini adalah remaja putri karena kelompok ini mengalami kehilangan darah secara rutin setiap bulan melalui menstruasi sehingga kebutuhan zat besi mereka lebih

tinggi dibandingkan dengan remaja laki-laki. Dengan adanya intervensi ini, diharapkan kebutuhan zat besi harian dapat tercukupi sehingga risiko anemia pada remaja putri dapat ditekan secara signifikan.

Di Indonesia, intervensi suplementasi zat besi menjadi salah satu bentuk upaya spesifik yang paling banyak dilakukan, terutama pada remaja putri dan ibu hamil sebagai kelompok prioritas (Kemenkes 2018). Hal ini tidak terlepas dari peran penting remaja sebagai generasi penerus bangsa yang akan menentukan kualitas, integritas, serta daya saing suatu negara di masa depan (Bahuri 2020). Dari sisi ekonomi, investasi dalam suplementasi zat besi juga dinilai signifikan. Menurut estimasi Mangalik *et al.* (2016) yang dikutip dalam Martianto *et al.* (2023), biaya penanggulangan anemia defisiensi besi pada remaja melalui program suplementasi diperkirakan mencapai sekitar 4,79 miliar rupiah per tahun. Estimasi ini menegaskan bahwa pencegahan anemia melalui suplementasi tidak hanya penting dari aspek kesehatan, tetapi juga memiliki implikasi besar terhadap pembangunan sumber daya manusia dan efisiensi ekonomi.

Penelitian menunjukkan bahwa konsumsi TTD secara teratur mampu meningkatkan kadar hemoglobin dalam darah sekaligus menurunkan prevalensi anemia di kalangan remaja (Dewi dan Mahmudiono 2021). Namun demikian, tantangan terbesar dalam implementasi program ini adalah rendahnya tingkat kepatuhan remaja putri dalam mengonsumsinya. Efektivitas suplementasi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan tablet, melainkan juga oleh kesediaan dan konsistensi remaja dalam mengonsumsinya. Banyak remaja putri yang enggan meminum TTD karena adanya efek samping ringan seperti mual, rasa tidak nyaman di lambung, sembelit, atau perubahan warna feses.

Data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 menunjukkan bahwa alasan utama remaja tidak meminum atau tidak menghabiskan TTD sangat bervariasi. Faktor yang paling dominan adalah lupa (29,2%), diikuti oleh rasa dan bau yang tidak enak (28,7%), serta persepsi bahwa TTD menimbulkan efek samping seperti mual, sembelit, atau perubahan warna feses (8,2%). Alasan lainnya meliputi anggapan bahwa TTD sama dengan obat (3,3%), keterlambatan waktu konsumsi (3,1%), rasa bosan (4,1%), hingga keyakinan bahwa TTD tidak diperlukan atau tidak bermanfaat

(7,6%) (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2023). Jika dilihat berdasarkan karakteristik, tingkat pendidikan dan lokasi tempat tinggal juga berpengaruh terhadap kepatuhan. Remaja di perdesaan, misalnya, lebih banyak melaporkan lupa (29,1%) dan rasa tidak enak (32,0%) sebagai alasan utama, dibandingkan dengan remaja di perkotaan yang cenderung menilai TTD tidak diperlukan (18,0%). Hal ini mengindikasikan adanya perbedaan pola penerimaan program antarwilayah yang harus diperhatikan dalam strategi intervensi yang lebih efektif.

Selain kepatuhan remaja, aspek pendistribusian juga menjadi hambatan penting dalam keberhasilan program TTD. Pendistribusian TTD umumnya dilakukan oleh puskesmas kepada sekolah-sekolah di wilayah kerjanya. Namun, proses yang panjang pada tiap tahap sering kali menyebabkan keterlambatan perencanaan kebutuhan, memperpanjang waktu, hingga menimbulkan ketidaksesuaian jadwal distribusi (Yudina dan Fayasari 2020). Kondisi ini berdampak pada pemberian TTD yang tidak tepat waktu, baik karena didistribusikan secara bersamaan, tidak diberikan sekaligus, maupun hanya dibagikan kepada remaja putri yang sudah mengalami menstruasi (Yudina dan Fayasari 2020; Adam *et al.* 2022). Fenomena serupa juga ditemukan di beberapa wilayah lain, di mana jadwal distribusi tidak sesuai rencana karena pemberian dilakukan bersamaan (Jayadi *et al.* 2021). Menurut Kemenkes (2020), seharusnya TTD diberikan satu tablet per minggu kepada remaja putri usia 12–18 tahun melalui institusi pendidikan, khususnya UKS/M (Usaha Kesehatan Sekolah/Madrasah 2023).

Dari sisi edukasi dan informasi, program TTD juga menghadapi keterbatasan. Sarana komunikasi seperti poster, leaflet, atau brosur tentang anemia dan pentingnya konsumsi TTD masih minim, sehingga banyak remaja putri belum memahami manfaat TTD secara komprehensif dan cenderung menganggapnya tidak penting (Kemenkes 2018; Jayadi *et al.* 2021). Oleh karena itu, kerja sama antara sekolah dan puskesmas perlu diperkuat agar pendistribusian, pengawasan, serta penyampaian informasi dapat terlaksana dengan lebih efektif. Selain itu, sosialisasi yang intensif serta penyediaan media edukasi yang menarik dan mudah dipahami juga diperlukan untuk meningkatkan pengetahuan dan kesadaran remaja putri terhadap pentingnya konsumsi TTD secara rutin.

Kenyataan tersebut menegaskan bahwa keberhasilan program TTD tidak hanya bergantung pada distribusi suplemen, tetapi juga pada pemahaman, persepsi, dan preferensi remaja terhadap manfaat suplementasi. Oleh karena itu, edukasi gizi yang intensif perlu dilakukan agar remaja memahami manfaat jangka panjang TTD dalam meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup mereka. Upaya perbaikan formulasi untuk mengurangi rasa dan bau yang kurang disukai juga diperlukan, di samping dukungan berkelanjutan dari guru, tenaga kesehatan, dan orang tua. Edukasi terkait cara konsumsi yang benar, seperti mengonsumsi TTD setelah makan untuk mengurangi efek samping, menjadi bagian penting dalam meningkatkan kepatuhan. Pesan atau metode dalam mengomunikasikan anemia serta suplementasi zat besi dan asam folat harus relevan dengan perspektif lokal serta praktis untuk diterapkan oleh masyarakat setempat (Seminar *et al.* 2020).

Program TTD di Indonesia telah dilaksanakan melalui sekolah, posyandu remaja, dan fasilitas layanan kesehatan dasar, sehingga memungkinkan distribusi yang lebih luas dan merata kepada kelompok sasaran. Program ini tidak hanya bertujuan meningkatkan kadar hemoglobin, tetapi juga membentuk kebiasaan positif dalam menjaga kecukupan gizi sejak usia remaja. Dengan demikian, TTD bukan hanya upaya jangka pendek dalam menurunkan prevalensi anemia, melainkan juga investasi jangka panjang dalam membangun generasi yang sehat, produktif, dan berdaya saing tinggi.

Selain TTD, bentuk suplementasi lain dapat dipertimbangkan, seperti kapsul zat besi tunggal atau multivitamin yang mengandung kombinasi zat besi dengan vitamin C untuk membantu penyerapan lebih optimal. Namun, intervensi ini membutuhkan pemantauan ketat agar tidak terjadi konsumsi berlebihan yang dapat menimbulkan efek samping serius, seperti keracunan zat besi. Oleh karena itu, setiap program suplementasi harus dilakukan dengan pengawasan tenaga kesehatan yang kompeten serta standar distribusi yang jelas. Dengan pengawasan yang baik dan dukungan lintas sektor, suplementasi zat besi tetap menjadi strategi yang efektif, efisien, dan berkelanjutan dalam menurunkan prevalensi anemia pada remaja di Indonesia.

5.3 Fortifikasi Pangan

Strategi berbasis pangan, termasuk fortifikasi dan biofortifikasi berfokus pada peningkatan keterjangkauan pangan yang kaya mikronutrien, khususnya bagi mereka yang berisiko tinggi mengalami anemia (WHO 2006). Berdasarkan rekomendasi dari *World Health Organization* (WHO) terdapat empat pendekatan yang bertujuan untuk mengurangi defisiensi mikronutrien yakni diversifikasi pangan, suplementasi, fortifikasi, dan edukasi. Fortifikasi pangan merupakan strategi yang dianggap paling efektif, ekonomis, dan mampu menjangkau masyarakat luas. Fortifikasi pangan adalah proses penambahan zat gizi mikro ke dalam pangan olahan. Salah satu contohnya adalah penambahan zat besi ke dalam pangan olahan. Senyawa besi yang dipilih untuk fortifikasi pangan biasanya merupakan senyawa yang paling banyak tersedia di alam seperti *Ferric Sodium Ethylenediaminetetraacetic Acid* (NaFeEDTA), besi sulfat, besi fumarat, dan bubuk besi elemental. Adapun bahan pangan yang digunakan untuk fortifikasi adalah bahan pangan pokok yang sering dikonsumsi masyarakat seperti tepung terigu, tepung jagung, beras, produk susu, garam, dan gula (Karomah *et al.* 2024). Diketahui bahwa program fortifikasi pangan skala besar dapat berpengaruh positif terhadap gizi dan manfaat fungsional (Keats *et al.* 2019). Dilaporkan pula bahwa fortifikasi menggunakan beberapa bubuk mikronutrien efektif untuk mengurangi anemia dan meningkatkan simpanan zat besi pada anak di bawah usia 2 tahun dan anak usia 2 hingga 12 tahun (De-Regil *et al.* 2017).

Fortifikasi zat besi melibatkan penambahan zat besi ke dalam berbagai pangan untuk meningkatkan nilai gizi pangan dan berpotensi meningkatkan asupan zat besi masyarakat, terutama untuk masyarakat yang dihidup di negara berkembang yang berpenghasilan rendah (WHO 2011). Meskipun fortifikasi merupakan teknik yang mudah, hemat biaya, dan efektif, namun fortifikasi pangan dengan zat besi merupakan hal yang menantang. Hal ini dapat dikaitkan dengan sifat zat besi yang sangat reaktif dan oksidatif yang bergantung pada suhu maupun udara (Kumari dan Chauhan 2022). Adapun senyawa besi yang biasanya digunakan untuk fortifikasi pangan adalah garam anorganik, yang secara umum dikategorikan menjadi larut dalam air dan tidak larut dalam air, yang mana senyawa besi dengan kelarutan air yang tinggi mempunyai bioavailabilitas

yang paling tinggi. Adapun suplementasi zat besi melalui tablet, sirup, atau transfusi darah hanya diindikasikan untuk anemia yang sangat berat (WHO 2016).

A. Fortifikasi Beras

Food to Food Fortification (FtFF) melibatkan penggunaan pangan nabati atau hewani yang kaya mikronutrien dan digunakan untuk memfortifikasi pangan lain. FtFF ini berpotensi meningkatkan bioavailabilitas pangan dengan menambahkan atau mengganti bahan pangan, memasok gizi tambahan yang terdapat dalam *fortifier* berbasis pangan sehingga membantu diversifikasi pangan (Kruger *et al.* 2020). FtFF ini juga dapat membuka peluang bagi pemanfaatan tanaman pangan yang kurang dimanfaatkan sebagai *fortifier* berbasis pangan yang dapat meningkatkan kadar mikronutrien secara signifikan yakni berkisar antara 1% hingga 50%. *Fortifier* berbasis pangan juga harus kaya akan gizi yang diinginkan, mampu meningkatkan bioavailabilitas mikronutrien, aman, berbasis pangan murah, dan mudah diperoleh oleh masyarakat (Chadare *et al.* 2019). Adapun karakteristik komposisi zat besi yang biasa digunakan untuk fortifikasi berdasarkan kelarutan, bioavailabilitas, dan biaya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik komposisi zat besi yang biasa digunakan untuk fortifikasi: kelarutan, bioavailabilitas, dan biaya

Komposisi	Kandungan Zat Gizi (%)	RBV	Biaya Relatif (per mg zat besi)
Larut dalam air			
Besi sulfat 7H ₂ O	20	100	1,0
Besi sulfat kering	33	100	1,0
Besi bisglycinate	20	>100	17,6
NaFeEDTA	13	>100	16,7
Sulit larut dalam air, larut dalam asam encer			
Besi fumarate	33	100	2,2
Tidak larut dalam air			
Besi pyrophosphate	25	21–74	4,7

Sumber: (R. Hurrell 2002; Swain *et al.* 2003; WHO 2006)

Tak hanya itu, jumlah kadar zat besi yang perlu dipertimbangkan untuk ditambahkan ke tepung jagung atau tepung jagung yang diperkaya dan tepung terigu juga harus disesuaikan dengan kebutuhan gizi masyarakat, tingkat defisiensi besi di populasi target, serta mempertimbangkan bioavailabilitas dari senyawa besi yang digunakan. Penambahan zat besi dalam fortifikasi pangan tidak bisa dilakukan secara sembarangan, karena dosis yang terlalu rendah tidak akan memberikan dampak signifikan terhadap penurunan prevalensi anemia, sementara dosis yang terlalu tinggi dapat menimbulkan risiko toksisitas dan menurunkan kualitas sensoris produk, seperti perubahan warna, rasa, maupun aroma (Rebellato *et al.* 2018). Oleh karena itu, pemilihan jenis senyawa besi yang stabil, mudah diserap, dan tidak mudah bereaksi dengan komponen lain dalam tepung menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan program fortifikasi. Selain itu, standar fortifikasi yang telah ditetapkan oleh Lembaga Kesehatan Internasional maupun Nasional seperti WHO dan SNI perlu dijadikan acuan dalam menentukan kadar optimal zat besi yang ditambahkan, agar manfaat kesehatan tercapai tanpa mengurangi mutu dan daya terima produk di masyarakat (Kruger *et al.* 2020). Adapun tingkat zat besi yang perlu dipertimbangkan untuk ditambahkan ke tepung jagung dan tepung terigu yang diperkaya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat zat besi yang perlu dipertimbangkan untuk ditambahkan ke tepung jagung dan tepung terigu yang diperkaya

Makanan	Ekstraksi tepung	Komposisi zat besi	Konsentrasi gizi yang akan ditambahkan berdasarkan perkiraan ketersediaan/konsumsi (mg gizi/kg tepung)			
			<75 g/hari	75–149 g/hari	150–300 g/hari	>300 g/hari
Tepung maizena dan tepung jagung	Rendah	NaFeEDTA	40	40	20	-
		Besi sulfat	60	60	30	
		Besi fumarate	60	60	30	
	Tinggi	NaFeEDTA	40	40	40	-
		Besi sulfat	60	60	60	
		Besi fumarate	60	60	60	
Tepung terigu	Rendah	NaFeEDTA	40	40	20	15
		Besi sulfat	60	60	30	20
		Besi fumarate	60	60	30	20
	Tinggi	NaFeEDTA	40	40	20	15

Sumber: (WHO 2009; WHO 2018)

Salah satu jenis *fortifier* yang paling umum digunakan adalah fero sulfat terutama pada berbagai macam tepung. Hal ini karena fero sulfat memiliki harga yang murah. Penggunaan senyawa besi yang larut dalam air digunakan untuk fortifikasi tepung sereal, produk makanan kering seperti pasta dan susu bubuk, serta makanan bayi berbahan dasar susu bubuk. Adapun bentuk lain dari senyawa besi adalah bentuk enkapsulasi yang dilapisi untuk mencegah interaksi antara besi dan komponen makanan, serta untuk mengurangi atau bahkan menghindari perubahan organoleptik pada makanan yang difortifikasi. Sinergi negatif yang terjadi antara senyawa besi dan makronutrien makanan menyebabkan reaksi oksidatif yang mengakibatkan perubahan sensoris, khususnya rasa yang tidak enak. Selain itu, interaksi antara besi dan komponen makanan minor seperti unsur fenolik dalam teh dan kopi mengakibatkan modifikasi warna pada makanan (Henare *et al.* 2019). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) beras fortifikasi harus bebas dari bahan berbahaya dan memenuhi persyaratan batas maksimal cemaran dan residu pestisida untuk komoditas beras sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan. Adapun persyaratan mutu beras fortifikasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Persyaratan mutu beras fortifikasi

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Warna		Normal
1.2	Tekstur		Normal
1.3	Bau		Normal
2	Kadar air	Fraksi massa. %	Maks. 14
3	Tingkat homogenitas diukur sebagai koefisien variasi/KV (coefficient of variation/CV)	%	Maks. 15

Sumber: (Badan Standardisasi Nasional 2025)

Selain itu, beras fortifikasi harus memenuhi persyaratan kandungan zat gizi. Kadar kernel beras fortifikan sekurang-kurangnya 1% dalam beras fortifikasi. Adapun persyaratan kandungan zat gizi beras fortifikasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Persyaratan kandungan zat gizi beras fortifikasi

No	Parameter	Satuan (per 100 g beras fortifikasi)	Persyaratan
1	Vitamin B1	mg	Min. 0,25
2	Asam folat	mg	0,25 s.d. 0,38
3	Vitamin B12	µg	1,0 s.d. 1,5
4	Zat besi	mg	3,50 s.d. 5,25
5	Seng	mg	3,0 s.d. 4,5

Sumber: (Badan Standardisasi Nasional 2025)

Metode pencampuran pada beras fortifikasi adalah teknik untuk menambahkan vitamin, mineral, dan zat gizi mikro lain ke dalam beras agar kualitas gizinya meningkat. Ada dua metode yang umumnya digunakan berdasarkan Badan Standardisasi Nasional 2025 yakni antara lain:

1. Metode pencampuran *batch (batch blending)* dilakukan dengan mencampurkan kernel beras fortifikan dengan beras sosoh menggunakan mesin yang dilengkapi dua *hopper*. *Hopper* pertama berfungsi menampung kernel beras fortifikan, sedangkan *hopper* kedua berisi beras sosoh. Keduanya dihubungkan dengan sistem pengatur dosis yang mengendalikan laju aliran untuk mencapai tingkat homogenitas pencampuran sesuai standar, sebelum masuk ke dalam *blender/mixer*. Proses pencampuran berlangsung otomatis dan dikendalikan melalui *Programmable Logic Controller (PLC)*. Dalam penerapannya, metode *batch* membutuhkan *blender*, sistem dosis otomatis, *control pneumatic*, PLC, serta komponen pendukung lainnya. Setelah pencampuran selesai dalam waktu yang telah ditetapkan, beras fortifikasi kemudian ditimbang dan dikemas.
2. Metode pencampuran kontinu (*continuous blending*) dilakukan menggunakan *grader* berbentuk silinder berukuran besar yang berfungsi sebagai *blender*. Sistem ini terhubung dengan unit dosis yang mengatur jumlah kernel beras fortifikan sesuai kebutuhan sebelum masuk ke dalam *grader*. *Grader* silinder, katup, dan silo bekerja secara terintegrasi dengan sistem dosis untuk mencampurkan kernel beras fortifikan dan beras sosoh sehingga diperoleh pencampuran yang homogen sesuai ketentuan.

Beras fortifikasi dengan rasio pencampuran 1% menggunakan kernel beras fortifikan yang mengandung 100% zat gizi sesuai ketentuan umum pada SNI 9314. Sementara itu, pada rasio pencampuran 2% digunakan kernel beras fortifikan dengan kandungan zat gizi sebesar 50% dari standar yang ditetapkan dalam SNI 9314, dengan contoh perhitungan ditunjukkan pada Tabel 7. Nilai akhir kandungan gizi dalam 100 g beras fortifikasi harus memenuhi persyaratan sesuai dengan Tabel 7 dalam standar ini.

Tabel 7. Contoh kandungan zat gizi kernel beras fortifikan dengan rasio pencampuran 1% dan 2%

No	Parameter	Satuan	Kandungan Zat Gizi		
			Kernel beras fortifikan untuk rasio pencampuran 1% (per 1 kg)	Kernel beras fortifikan untuk rasio pencampuran 2% (per 1 kg)	Beras fortifikasi (per 100 g)
1	Vitamin B1	mg	Min. 250	Min. 125	Min. 0,25
2	Asam folat	mg	250 s.d. 375	125,0 s.d. 187,5	0,25 s.d. 0,38
3	Vitamin B12	mg	1.000 s.d. 1.500	500 s.d. 750	1,0 s.d. 1,5
4	Zat besi	mg	3.500 s.d. 5.250	1.750 s.d. 2.625	3,50 s.d. 5,25
5	Seng	mg	3.000 s.d. 4.500	1.500 s.d. 2.250	3,0 s.d 4,5

Sumber: (Badan Standardisasi Nasional 2025)

Seiring dengan perkembangannya, baru-baru ini para ilmuwan telah mengembangkan strategi berbasis pangan yang lebih baru yang disebut *Food to Food Fortification* (FtFF). Strategi ini melibatkan fortifikasi bahan pangan pokok dengan *fortifier* berbasis pangan yang ekonomis dan tersedia secara lokal bagi populasi sasaran. Terkait *fortifier* berbasis pangan kaya zat besi, menggunakan bahan pangan yang kurang dimanfaatkan seperti biji wijen (Vishwakarma *et al.* 2022). Fortifikasi beras dengan zat besi merupakan strategi penting untuk mengatasi defisiensi mikronutrien, khususnya anemia. Senyawa besi yang paling umum digunakan adalah besi sulfat karena ketersediaannya hayati tinggi dan biaya yang relatif murah. Namun, sifatnya yang larut air dapat menimbulkan perubahan sensoris, seperti perubahan warna (biru muda atau cokelat) pada pangan yang mengandung senyawa fenolik, rasa logam pada produk cair, serta risiko ketengikan pada tepung sereal yang disimpan dalam kondisi panas dan lembap (Geny *et al.* 2023)

Secara teknis, fortifikasi beras lebih kompleks dibandingkan fortifikasi tepung gandum atau jagung. Prosesnya melibatkan pembuatan beras yang dilapisi zat besi yang kemudian dicampur dengan beras giling. Berdasarkan regulasi, kadar fortifikasi zat besi pada beras ditetapkan sebesar 6–9 mg per 100 g beras giling (Mannar MGV dan Hurrell RF 2018; WFP (*World Food Programme*) 2022). Adapun proses fortifikasi beras dapat dilakukan melalui tiga metode utama yakni antara lain (Hurrell 2021):

Coating (pelapisan) dilakukan dengan menyemprotkan larutan pekat yang mengandung vitamin dan mineral ke permukaan butir beras. Campuran ini mampu menempel pada berbagai jenis beras dan dilengkapi lapisan tahan bilas sehingga gizi tidak mudah hilang saat beras dicuci. Prosesnya melibatkan pelapisan butir beras menggunakan lilin cair yang diperkaya mikronutrien, kemudian dikeringkan sebelum dicampurkan kembali dengan beras biasa.

Extrusion (ekstrusi) merupakan teknik pencampuran vitamin dan mineral dengan tepung beras, air, bahan pengikat, serta pengemulsi untuk membentuk adonan. Adonan tersebut kemudian dicetak dan dikeringkan hingga menyerupai bentuk, ukuran, dan warna beras asli. Ekstrusi dapat dilakukan pada suhu dingin, hangat, maupun panas. Pada suhu hangat dan panas, pati sebagian atau seluruhnya tergelatinisasi sehingga butir lebih padat, bening, dan menyerupai beras biasa. Sementara itu, ekstrusi dingin membutuhkan tambahan bahan pengikat. Komposisi pencampuran disesuaikan dengan kadar gizi yang ditargetkan. Dibandingkan metode *coating*, teknik ekstrusi memungkinkan distribusi mikronutrien lebih merata serta lebih tahan terhadap kehilangan gizi selama pencucian, perendaman, maupun perebusan dengan air berlebih.

Dusting (penaburan) dilakukan dengan menambahkan bubuk vitamin dan mineral langsung pada beras mentah. Namun, metode ini belum digunakan secara luas karena sebagian besar gizi akan hilang saat beras dibilas atau ketika air rebusan dibuang.

B. Tepung Terigu

Program fortifikasi tepung terigu nasional diperkenalkan di Amerika Serikat dan Eropa pada tahun 1940-an sebagai salah satu upaya untuk mengatasi defisiensi Fe dan vitamin B tertentu. Akan tetapi, terdapat

kekhawatiran yang dipertimbangkan untuk fortifikasi tepung dengan Fe yakni buruknya penyerapan senyawa Fe ketika ditambahkan ke tepung gandum utuh dan tingginya asam fitat yang terdapat dalam tepung yang dapat menghambat penyerapan Fe. Sehingga salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu melindungi Fe dari asam fitat dengan cara dilapisi NaFeEDTA. Menurut WHO, NaFeEDTA telah didukung menjadi satu-satunya fortifikan Fe yang cocok digunakan dalam tepung ekstraksi tinggi (Muthayya *et al.* 2012). Fortifikasi tepung terigu olahan industri jika dirancang dan diimplementasikan dengan tepat dapat menjadi strategi yang efisien, sederhana, dan murah untuk memasok vitamin dan mineral ke dalam pola makan sebagian besar masyarakat. Fortifikasi tepung terigu telah dipraktikkan selama bertahun-tahun di beberapa negara, yang mana tepung tersebut digunakan dalam pembuatan berbagai jenis roti dan hidangan. Berdasarkan data *Food Fortification Initiative* 2021 terdapat undang-undang tentang fortifikasi terigu saja atau dalam kombinasi dengan biji-bijian lain. Tabel 8 menunjukkan kadar dan bentuk kimia senyawa mikronutrien yang paling umum termasuk dalam standar fortifikasi tepung terigu di seluruh dunia.

Tabel 8. Kandungan dan bentuk kimia mikronutrien yang termasuk dalam standar fortifikasi gandum

Mikronutrien	Rentang level yang digunakan dalam standar (mg/kg)	Tingkat yang paling umum digunakan dalam peraturan perundang-undangan (mg/kg)	Jumlah negara dengan undang-undang atau standar	Undang-undang atau standar bentuk senyawa kimia yang paling umum digunakan (jumlah negara)
Zat besi	15–120	30–60	78	Besi sulfat (64)
				Besi fumarate (63)
				Tidak spesifik (17)
				Besi elemental (11)
Zat besi	15–120	30–60	78	NaFeEDTA (10)
				Besi elektrolit (7)
				Zat besi tereduksi (5)
				Besi pirofosfat
				Besi karbonil
				Besi sitrat
				Besi sakarat
				Besi glukonat
				Besi oksida

Sumber: (World Health Organization 2022)

Kadar fortifikasi tepung terigu dengan zat besi yang disarankan telah ditinjau oleh para ahli dari studi efikasi dan efektivitas yang telah dipublikasikan dengan berbagai makanan yang difortifikasi zat besi. Diketahui bahwa jumlah harian senyawa zat besi tertentu termasuk NaFeEDTA, fero sulfat, fero fumarat, dan zat besi elektrolit telah terbukti meningkatkan status zat besi pada populasi. Pemilihan jenis dan jumlah vitamin dan mineral yang akan ditambahkan ke tepung, baik sebagai *voluntary* standar maupun *mandatory requirement* didasarkan pada kebijakan pemerintah di suatu negara, sehingga pemilihan senyawa serta jumlahnya harus dilihat dalam konteks situasi masing-masing negara. Berdasarkan data dari *Food Balance Sheet of FAO and World Bank-supported Household Income and Expenditure Surveys* (HIES) terdapat empat rentang konsumsi rata-rata tepung terigu yang dipertimbangkan dalam merancang program fortifikasi tepung yakni >300 g/hari, 150–300 g/hari, 75–150 g/hari, dan <75 g/hari. Adapun rata-rata tingkat zat besi yang dipertimbangkan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rata-rata tingkat zat besi yang perlu dipertimbangkan ke tepung terigu yang diperkaya berdasarkan tingkat ekstraksi, senyawa fortifikasi, dan perkiraan ketersediaan tepung per kapita

Zat Gizi	Tingkat ekstraksi tepung	Bentuk kimia dari senyawa	Jumlah zat gizi yang ditambahkan (mg/kg tepung terigu) berdasarkan perkiraan konsumsi tepung terigu rata-rata per kapita			
			<75 g/hari	75–149 g/hari	150–300 g/hari	>300 g/hari
Zat besi	Rendah	NaFeEDTA	40	40	20	15
		Besi sulfat	40	40	30	20
		Besi fumarat	60	60	30	20
		Besi elektrolit	NR	NR	60	40
	Tinggi	NaFeEDTA	40	40	20	15

Keterangan:

NR: *Not recommended*

Seluruh proses fortifikasi dan rantai pasok di suatu negara merupakan jaringan luas yang melibatkan publik dan swasta serta menghubungkan antara petani, pengumpul, pedagang, penggilingan, pengecer, dan pengolah pangan dengan konsumen akhir. Pemangku kepentingan lainnya meliputi perusahaan pengangkut, perusahaan yang memasok benih,

agrokimia, dan peralatan pertanian serta lembaga negara lainnya yang mengendalikan aliran dalam rantai ini sesuai dengan kebijakan pemerintah masing-masing. Program fortifikasi harus mencakup program jaminan mutu dan pengendalian mutu yang tepat di pabrik, serta pemantauan regulasi dan kesehatan masyarakat terhadap kandungan gizi makanan yang difortifikasi dan penilaian dampak gizi dan kesehatan dari strategi fortifikasi. Terdapat juga peraturan negara atau komunitas tertentu yang perlu dievaluasi dan keputusan yang harus diambil. Misalnya, dari sudut pandang pengendalian mutu, penggilingan sebaiknya dipusatkan di beberapa pabrik, meskipun hal ini tidak berlaku di beberapa negara. Adapun konsentrasi dan bentuk senyawa kimia yang digunakan untuk fortifikasi tepung terigu dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Konsentrasi dan bentuk senyawa kimia yang digunakan untuk fortifikasi tepung terigu

Mikronutrient	Bentuk senyawa kimia	Dosis
Zat besi	NaFeEDTA	40–80 mg Fe/kg
	Besi sulfat	
	Mikroenkapsulasi besi sulfat	
	Besi fumarate	
	Besi reduksi	
	Besi elektrolit	
	NaFeEDTA	Tidak dilaporkan
	NaFeEDTA	Tidak dilaporkan
	Besi sulfat	
	NaFeEDTA	Penambahan asupan zat besi >10 mg/orang
	Besi sulfat	
	Besi fumarate	
	Besi elektrolit	
	Besi pirofosfat	
	Hydrogen-besi reduksi	
	Heme	
	Besi orthofosfat	
	Asam amino kelat	
	Besi glukonat	
	Besi ammonium sitrat	

Tepung yang diperkaya zat besi biasanya dibuat dengan mencampurkan premix mikronutrien dengan tepung giling hingga diperoleh campuran yang homogen, yang mana premix tersebut umumnya mengandung senyawa besi dalam bentuk tertentu seperti besi sulfat, besi fumarate, atau NaFeEDTA yang dipilih berdasarkan tingkat bioavailabilitas dan kestabilannya. Proses fortifikasi dilakukan dengan menggunakan alat pencampur khusus (*mixer* atau *blender*) industri yang mampu menjamin distribusi zat besi merata pada setiap partikel tepung, sehingga tidak terjadi segregasi selama penyimpanan maupun transportasi. Pada tahap ini, penting untuk mengontrol kelembapan dan suhu ruang pencampuran agar zat besi tidak mudah teroksidasi atau bereaksi dengan komponen lain yang dapat memengaruhi kualitas tepung. Setelah proses pencampuran selesai, tepung yang sudah difortifikasi akan melalui tahap pengemasan kedap udara untuk mencegah oksidasi dan menjaga stabilitas zat besi hingga produk siap dikonsumsi. Dengan proses fortifikasi yang tepat, kandungan zat besi dalam tepung terigu dapat memenuhi standar gizi yang ditetapkan tanpa mengubah sifat fisik maupun sensoris produk, sehingga tetap diterima konsumen (Rebellato *et al.* 2018; Hurrell 2022).

5.4 Pengobatan Penyakit Penyerta

Anemia merupakan kondisi yang sering kali diakibatkan oleh penyakit yang mendasarinya. Penyebab utama anemia yakni anemia akibat penyakit kronis (33,1%), anemia yang tidak dapat dijelaskan (28,4%), dan anemia defisiensi (22,5%) termasuk defisiensi zat besi yang berkisar 13% dari semua kasus, dan 8,9% anemia akibat pengobatan kanker (anemia akibat kemoterapi atau radioterapi) (Michalak *et al.* 2018). Adapun faktor lain yang menyebabkan anemia yakni termasuk obat-obatan, kekurangan gizi, kondisi peradangan kronis, disfungsi ginjal, gangguan sumsum tulang, dan gangguan bawaan pada sel darah merah atau hemoglobin. Berdasarkan tingkat keparahannya, anemia diklasifikasikan menjadi empat yakni anemia ringan 10–12 g/dl pada wanita dan 10–13 g/dl pada pria, anemia sedang 8–9,9 g/dl, anemia berat 6,5–7,9 g/dl, dan anemia sangat berat di bawah 6,5 g/dl (Michalak *et al.* 2018). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa anemia cukup umum terjadi pada orang dewasa, dan dapat berdampak buruk pada kesehatan secara keseluruhan. Terkait

dengan riwayat dan komorbiditas, terdapat persentase pasien dengan hipertensi, hipotiroidisme, penyakit ginjal kronis, gagal jantung, dan penyakit arteri koroner yang secara statistik lebih tinggi pada kelompok anemia dibandingkan dengan kelompok non-anemia. Hal ini menunjukkan bahwa pasien anemia memiliki rata-rata jumlah penyakit komorbiditas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasien non-anemia (Gandhi *et al.* 2017).

Anemia sering kali merupakan komorbiditas dari penyakit kronik seperti penyakit ginjal, infeksi, atau penyakit kardiovaskular, yang mana pengobatan penyakit penyerta sangat memengaruhi terapi anemia. Misalnya pada penyakit ginjal kronik (*Chronic Kidney Disease*), insufisiensi produksi eritropoietin oleh ginjal menyebabkan anemia hipoproliferatif. Terapi standar mencakup suplementasi zat besi dan penggunaan *Erythropoiesis-Stimulating Agents* (ESA) untuk meningkatkan produksi sel darah merah. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa pemberian besi intravenus lebih cepat dan efektif dibanding besi oral untuk koreksi defisiensi besi pada anemia CKD, dan ESA secara signifikan bisa menaikkan kadar hemoglobin pada pasien tersebut (Mohtar *et al.* 2022).

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa selain ESA dan suplemen besi, terdapat terapi baru yakni inhibitor HIF-PH (*Hypoxia-Inducible Factor/Prolyl Hydroxylase Inhibitors*) yang mampu memperbaiki respons eritropoiesis dan penggunaan zat besi secara fisiologis. Terapi ini dapat menginduksi ekspresi gen EPO endogen serta memperbaiki transport dan absorpsi besi, menawarkan jalur alternatif terutama untuk pasien yang hiporespons terhadap ESA biasa (Kuragano 2024). Dalam konteks anemia yang terkait kanker atau kemoterapi, pengobatan tambahan yang menggabungkan ESA dan suplementasi besi secara oral terbukti lebih efektif dibanding suplementasi besi saja. Metaanalisis terbaru terhadap pasien dengan *chemotherapy-induced* anemia menunjukkan bahwa kombinasi ESA dan besi menghasilkan peningkatan hemoglobin, hematokrit, dan jumlah sel darah merah lebih besar dibanding jika hanya diberikan besi (Tan *et al.* 2022). Namun demikian, penggunaan ESA pada pasien kanker harus dilakukan dengan kehati-hatian karena terdapat risiko efek samping seperti tromboemboli dan komplikasi kardiovaskular (Rao *et al.* 2021).

Penatalaksanaan anemia pada pasien PGK dan inflamasi perlu mempertimbangkan penyebab inflamasi sistemik dan eksaserbasi anemia PGK. Pada pasien PGK, inflamasi dapat menyebabkan respons yang buruk terhadap terapi zat besi (terutama zat besi oral), dan kemungkinan besar karena berkurangnya penyerapan zat besi di usus. Adapun pengobatan untuk anemia akibat kanker dapat dilakukan dengan suplementasi zat besi, terapi *Erythropoiesis Stimulating Agents* (ESA), dan transfusi sel darah merah. Namun, transfusi sel darah merah dalam jangka panjang dapat menyebabkan terjadinya komplikasi seperti infeksi, hemosiderosis, dan cedera kekebalan (Raichoudhury dan Spinowitz 2021). Berdasarkan *The European Society of Medical Oncology guidelines* merekomendasikan ESA pada pasien yang menjalani kemoterapi dan mengalami anemia simtomatik (hemoglobin <10 g/dl) serta terapi zat besi intravena pada pasien yang mengalami anemia (hemoglobin <11 g/dl) dan defisiensi zat besi absolut (ferritin serum <100 ng/ml). Sementara itu, untuk pasien dengan hemoglobin $<7-8$ g/dl dan atau gejala anemia berat sebaiknya menerima transfusi sel darah merah. Namun, untuk terapi zat besi intravena dan/atau ESA tidak direkomendasikan pada pasien yang tidak menjalani kemoterapi (Raichoudhury dan Spinowitz 2021). *The American Society of Clinical Oncology and American Society of Hematology guidelines* juga merekomendasikan penggunaan ESA pada pasien anemia yang menjalani kemoterapi (Raichoudhury dan Spinowitz 2021).

Pengobatan penyakit penyerta pada anemia sangat bergantung pada jenis dan penyebab anemia serta penyakit yang mendasarinya. Terapi yang digunakan harus disesuaikan untuk mengatasi anemia sekaligus penyakit penyerta yang menyebabkan atau memperberat kondisi tersebut. Berikut beberapa pendekatan pengobatan yang umum digunakan.

A. Pengobatan anemia defisiensi besi dan penyakit penyerta

Pada anemia yang disebabkan oleh kekurangan zat besi, pengobatan utamanya adalah dengan suplementasi zat besi melalui makanan atau suplemen. Ferrous sulfat, fumarate, dan glukonat dianggap sebagai jenis-jenis zat besi yang paling sering digunakan karena memiliki bioavailabilitas yang baik dan bisa diberikan satu tablet per hari (Wahyuni 2024). Jika

anemia disebabkan oleh pendarahan seperti pendarahan menstruasi berat atau pendarahan saluran cerna, maka pengobatan diarahkan untuk mengatasi sumber pendarahan tersebut. Terapi penyakit penyerta yang menyebabkan kehilangan darah ini sangat penting dalam memperbaiki anemia secara menyeluruh (Camaschella 2015). Selain itu, terapi tidak hanya diarahkan pada koreksi defisiensi besi, tetapi juga pada penanganan faktor penyebab seperti pendarahan menstruasi berat atau kanker kolorektal yang menjadi sumber kehilangan darah kronis.

Diketahui bahwa tanpa penanganan penyebab utama, suplementasi besi saja sering tidak cukup untuk mengoreksi anemia secara berkelanjutan. Lebih jauh, panduan klinis menekankan bahwa keberhasilan terapi dipengaruhi oleh strategi komprehensif yang melibatkan pemberian zat besi, pemantauan status hematologi, serta intervensi terhadap penyakit penyerta yang mendasarinya (Lopez *et al.* 2016).

Metode lain yang dapat digunakan adalah pemberian zat besi intravena. Zat besi intravena adalah rute pemberian untuk koreksi hemoglobin yang cepat, minim efek samping, dan profil keamanan yang lebih baik. Zat besi intravena harus dipertimbangkan pada pasien yang mengalami malabsorpsi saluran cerna, *Inflammatory Bowel Disease* (IBD), *Chronic Kidney Disease* (CKD) sedang hingga berat, dan *End Stage Renal Disease* (ESRD), serta intoleransi pengobatan zat besi oral. Keuntungan pemberian besi intravena adalah bypass proses absorpsi saluran pencernaan sehingga menghindari agresi mukosa lebih lanjut dan peradangan serta menghasilkan lebih sedikit efek samping (Wahyuni 2024).

B. Pengobatan anemia karena penyakit kronis

Anemia yang terkait dengan penyakit kronis seperti gangguan ginjal, infeksi kronis, atau penyakit autoimun diobati dengan pengelolaan penyakit penyerta terlebih dahulu. Anemia jenis ini umumnya tidak merespons optimal terhadap suplementasi besi saja karena keterlibatan mekanisme inflamasi termasuk peningkatan kadar hepcidin yang menghambat absorpsi dan mobilisasi besi. Strategi terapi mencakup kombinasi penanganan penyakit penyerta dengan pemberian perangsang ESA dan transfusi darah (Olgac dan Kurtcuoglu 2016). Selain itu, terapi

tambahan seperti transfusi darah untuk anemia berat dan suntik hormon eritropoietin untuk merangsang produksi sel darah merah oleh sumsum tulang. Di beberapa kasus, terapi target seperti anti-hepcidin atau suplemen asam lemak omega-3 juga sedang dalam tahap pengembangan (Ganz dan Nemeth 2012).

C. Pengobatan anemia aplastik dan hemolitik

Pengobatan anemia aplastik dan hemolitik memiliki pendekatan yang berbeda sesuai dengan mekanisme dasarnya. Pada anemia aplastik, gangguan utama adalah kegagalan sumsum tulang dalam memproduksi sel darah, sehingga terapi berfokus pada pemberian transfusi darah untuk memperbaiki gejala sementara, penggunaan obat immunosupresif seperti antithymocyte globulin (ATG) dan siklosporin untuk menekan respons autoimun yang merusak sel punca hematopoietic, serta transplantasi sumsum tulang sebagai terapi kuratif jika sumsum tulang gagal memproduksi sel darah merah secara cukup. Sementara itu, pada anemia hemolitik, pengobatan diarahkan untuk mengurangi penghancuran sel darah merah yang berlebihan, misalnya dengan kortikosteroid sebagai terapi lini pertama, diikuti immunosupresan lain seperti rituximab pada kasus refrakter. Pada kondisi tertentu, splenektomi juga dilakukan untuk mengurangi hemolisis karena limpa menjadi tempat utama destruksi eritrosit. Selain itu, terapi pendukung berupa transfusi darah dan suplementasi asam folat diberikan untuk membantu mempertahankan produksi eritrosit baru. Pengobatan fokus pada pemberian obat yang menekan sistem imun serta pengangkatan limpa jika diperlukan untuk mengurangi penghancuran sel darah merah (Young 2018; Shah *et al.* 2019).

D. Terapi pendukung

Terapi pendukung pada anemia harus bersifat komprehensif dan berfokus pada pemulihan precursor hematopoiesis, memperbaiki penyerapan nutrisi, mengurangi kehilangan darah berkelanjutan, meminimalkan efek samping terapi, serta pemantauan laboratorium yang ketat. Secara praktis terapi ini mencakup intervensi gizi dan edukasi pasien, menganjurkan konsumsi makanan tinggi zat, vitamin B12, dan asam folat untuk membantu proses pembentukan sel darah merah. Suplementasi besi oral sebagai lini pertama dengan garam Fe (III) seperti ferrous sulfat, fumarat, glukonat dengan pilihan dosis yang disesuaikan dengan toleransi dan urgensi. Secara keseluruhan, terapi pendukung efektif bila diperhitungkan sesuai kebutuhan klinis, toleransi pasien, dan situasi khusus seperti kehamilan atau penyakit ginjal kronis yang mungkin memerlukan pendekatan berbeda termasuk ESA, serta pemantauan terstruktur untuk memastikan pemulihan hematologis dan keamanan jangka panjang. Penyesuaian pola hidup sehat dan pengawasan medis secara rutin juga sangat dianjurkan agar terapi berjalan optimal (Boneberger *et al.* 2011; Tolkien *et al.* 2015).

Author's Personal
Copy By IPB Press



DAFTAR PUSTAKA

- Adramerina A, Teli A, Vousvouki M, Emmanouilidou-Fotoulaki E, Adamidou D, Pontikoglou C, Stiakaki E, Economou M. 2024. Autoimmune hemolytic anemia in children and adolescents: A 22-year single-center experience. *Journal of Blood Disorders*. 11(1).
- Adriani M, Wirjatmadi B. 2014. *Peranan Gizi dalam Siklus Kehidupan*. Jakarta (ID): Prenada Media Group.
- Almatsier S. 2001. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.
- Almatsier S. 2011. *Gizi Seimbang dalam Daur Kehidupan*. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.
- Althunibat OY, Saghir SAM, Aladaileh SH, & Rawadieh A. 2023. The impact of weight loss diet programs on anemia, nutrient deficiencies, and organ dysfunction markers among university female students: A cross-sectional study. *Electronic Journal of General Medicine*. 20(1):em436. doi:10.29333/ejgm/12675.
- Ankar A & Kumar A. 2024. Vitamin B12 Deficiency. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441923/>.
- Arum P, Werdhiharini AE, & Perwiraningrum DA. 2018. Pemeriksaan dan penilaian status gizi sebagai upaya peningkatan derajat kesehatan dan pencegahan sindroma metabolik pada remaja. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*. 108–111.

- Aswandani A, Danianto A, & Cholidah R. 2024. Relationship between menstrual cycle and anemia in adolescent girl at MA Nurul Islam Mataram. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(4): 589–595.doi:10.29303/jbt.v24i4.7709.
- Astuti Y & Kusumawardhani AM. 2023. Efektivitas antara metode *peer group* dan think, pair, share terhadap pengetahuan dan perilaku pencegahan anemia remaja. *Jurnal Kesehatan Komunitas*. 9(2): 221–230. doi:10.25311/keskom.Vol9.Iss2.1417.
- Attia AAA, Amer MAEM, Hassan M, & Din SFG. 2019. Low serum folic acid can be a potential independent risk factor for erectile dysfunction: a prospective case-control study. *Int Urol Nephrol*. 51(2): 223–229. doi:10.1007/s11255-018-2055-y.
- Badan Standardisasi Nasional. 2025. Beras Fortifikasi. *Rancangan Standar Nasional Indonesia 3.*, siap terbit.
- Baddam S, Khan KM, & Jialal J. 2025. Folic Acid Deficiency. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535377/>.
- Bahuri F. 2020. Harapan dan Masa Depan Bangsa di Pundak Remaja Zaman Now. *kumparan.com.*, siap terbit. [diakses 2023 Mar 3]. <https://kumparan.com/firli-bahuri/harapan-dan-masa-depan-bangsa-di-pundak-remaja-zaman-now-1tzjlu1gGN#:~:text=Remaja adalah generasi penerus bangsa yang sangat memengaruhi,akarnya%2C Beri aku 10 pemuda akan kuguncangkan dunia>.
- Baldwin C, Pandey J, Olarewaju O. Hemolytic Anemia. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558904/>.
- [BAPPENAS] Kementerian PPN/Bappenas. 2019. *Kajian Sektor Kesehatan Pembangunan Gizi di Indonesia*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- Beck KL, Conlon CA, Kruger R, & Coad J. 2014. Dietary determinants of and possible solutions to iron deficiency for young women living in industrialized countries: A review. *Nutrients*. 6(9): 3747–3776.
- Bender DA. 2002. *Introduction To Nutrition And Metabolism*. New York: Taylor & Francis.

- Bhardwaj A, Kumar D, Raina SK, Bansal P, Bhushan S, & Chander V. 2013. Rapid assessment for coexistence of vitamin B12 and iron deficiency anemia among adolescent males and females in Northern Himalayan State of India. *Anemia*. 2013: 1–5. doi:10.1155/2013/959605.
- Boneberger A, Weiss EH, Calvo M, Torres L, Wagner J, Kabesch M, & Radon K. 2011. Environmental factors in infancy and ulcerative colitis in the Central South of Chile: A case–control study. *J Crohns Colitis*. 5(5): 392–396. doi:10.1016/j.crohns.2011.03.005.
- Bozkurt B & Mann DL. 2014. Update: Shortness of breath. *Circulation*. 129(15). doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.006129.
- Brandow AM. 2018. Pallor and Anemia. Di dalam: Nelson Pediatric Symptom-Based Diagnosis. *Elsevier*. hlm. 661-681.e2.
- BPOM RI. 2018. Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 22 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pemberian Sertifikat Produksi Pangan Industri Rumah Tangga. *Badan Pengawas Obat dan Makanan*., siap terbit.
- Camaschella C. 2015. Iron-deficiency anemia. *New England Journal of Medicine*. 372(19): 1832–1843. doi:10.1056/NEJMra1401038.
- Chasanah SU, Basuki PP, & Dewi IM. 2019. Anemia penyebab, strategi pencegahan dan penanggulangannya bagi remaja. *Angewandte Chemie International Edition*. 6(11): 951–952.
- Chadare FJ, Idohou R, Nago E, Affonfere M, Agossadou J, Fassinou TK, Kénou C, Honfo S, Azokpota P, Linnemann AR, *et al*. 2019. Conventional and food-to-food fortification: An appraisal of past practices and lessons learned. *Food Sci Nutr*. 7(9): 2781–2795. doi:10.1002/fsn3.1133.
- Chaparro CM & Suchdev PS. 2019. Anemia epidemiology, pathophysiology, and etiology in low- and middle-income countries. *Ann N Y Acad Sci*. 1450(1): 15–31. doi:10.1111/nyas.14092.
- Chen Z, Yang H, Wang D, Sudfeld CR, Zhao A, Xin Y, Chen JC, Fawzi WW, Xing Y, & Li Z. 2022. Effect of oral iron supplementation on cognitive function among children and adolescents in low- and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 14(24): 5332. doi:10.3390/nu14245332.

- Cook J & Monsen E. 1977. Vitamin C, the common cold, and iron absorption. *Am J Clin Nutr.* 30(2): 235–241. doi:10.1093/ajcn/30.2.235.
- Cook JD & Reddy MB. 2001. Effect of ascorbic acid intake on nonheme-iron absorption from a complete diet. *Am J Clin Nutr.* 73(1): 93–98. doi:10.1093/ajcn/73.1.93.
- Corrons JLV & Krishnevskaya E. 2021. Rare anemias in adolescents. *Acta Biomed.* 92(1): 1–11. doi:10.23750/ABM.V92I1.11345. [diunduh 2025 Sep 14]. Tersedia pada: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33682847/>
- Crichton R. 2001. *Inorganic Biochemistry of Iron Metabolism*. England: John Wiley & Sons.
- Cruz-Sáez S, Pascual A, Salaberria K, Etxebarria I, & Echeburúa E. 2013. Risky eating behaviors and beliefs among adolescent girls. *Journal of Health Psychology.* 20(2): 154–163. doi:10.1177/1359105313500683.
- Danty FR, Syah MNH, & Sari AE. 2019. Hubungan indeks gizi seimbang dengan status gizi pada remaja putri di SMK Kota Bekasi. *Jurnal Kesehatan Indonesia.* 10(1): 43–54.
- Das JK, Salam RA, Kumar R, & Bhutta ZA. 2013. Micronutrient fortification of food and its impact on woman and child health: a systematic review. *Syst Rev.* 2(1): 67. doi:10.1186/2046-4053-2-67.
- De-Regil LM, Jefferds MED, & Peña-Rosas JP. 2017. Point-of-use fortification of foods with micronutrient powders containing iron in children of preschool and school-age. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2017(11). doi:10.1002/14651858.CD009666.pub2.
- Dewi NU & Mahmudiono T. 2021. Effectiveness of food fortification in improving nutritional status of mothers and children in Indonesia. *Int J Environ Res Public Health.* 18(4). doi:10.3390/ijerph18042133.
- Devalia V, Hamilton MS, & Molloy AM. 2014. Guidelines for the diagnosis and treatment of cobalamin and folate disorders. *Br J Haematol.* 166(4): 496–513. doi:10.1111/bjh.12959.

- Diniyati H, Kusnandar K, & Handayani S. 2025. The effect of peer grup education and e-booklet on protein and iron intake of adolescent girls. *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*. 35(1): 68–77. doi:10.34011/jmp2k.v35i1.2273.
- Djunaid U & Hilamuhu F. 2021. Studi literatur: Hubungan pola menstruasi dan tingkat konsumsi zat besi dengan kejadian anemia pada remaja putri literature. *Jurnal Komunitas Kesehatan Masyarakat (JKKM)*. 3. [diunduh 2025 Sep 14]
- Domenica Cappellini M, & Motta I. 2015. Anemia in clinical practice—definition and classification: Does hemoglobin change with aging? *semin hematol*. 52(4): 261–269. doi:10.1053/j.seminhematol.2015.07.006.
- Dreizen S, Spirakis CN, & Stone RE. 1967. A comparison of skeletal growth and maturation in undernourished and well-nourished girls before and after menarche. *J Pediatr*. 70(2): 256–263. doi:10.1016/S0022-3476(67)80420-7.
- Elendu C, Amaechi DC, Alakwe-Ojimba CE, Elendu TC, Elendu RC, Ayabazu CP, Aina TO, Aborisade O, & Adenikinju JS. 2023. Understanding sickle cell disease: Causes, symptoms, and treatment options. *Medicine*. 102(38):e35237. doi:10.1097/MD.00000000000035237.
- Field MS, Mithra P, Estevez D, & Peña-Rosas JP. 2020 Jul 17. Wheat flour fortification with iron for reducing anaemia and improving iron status in populations. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, siap terbit.
- Fitripancari AD, Arini FA, Imrar IF, & Maryusman T. 2023. The relationship between iron and vitamin c intake, risk beverage consumption frequency, and dietary behavior with anemia adolescent girls in Depok City. *Amerta Nutrition*. 7(2SP): 100–106. doi:10.20473/amnt.v7i2SP.2023.100-106.
- Fitrianiar I, Anita, & Yusnaini. 2025. The effectiveness of educational media in preventing anemia among adolescent girls. *Science Midwifery*. 13(2): 444–453.

- Gandhi SJ, Hagans I, Nathan K, Hunter K, & Roy S. 2017. Prevalence, comorbidity, and investigation of anemia in the primary care office. *J Clin Med Res*. 9(12): 970–980. doi:10.14740/jocmr3221w.
- Ganasen M, Togashi H, Takeda H, Asakura H, Tosha T, Yamashita K, Hirata K, Nariai Y, Urano T, Yuan X, *et al*. 2018. Structural basis for promotion of duodenal iron absorption by enteric ferric reductase with ascorbate. *Commun Biol*. 1(1): 120. doi:10.1038/s42003-018-0121-8.
- Ganz T & Nemeth E. 2012. Iron metabolism: Interactions with normal and disordered erythropoiesis. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2(5): a011668–a011668. doi:10.1101/cshperspect.a011668.
- Gaitán D, Flores S, Saavedra P, Miranda C, Olivares M, Arredondo M, *et al*. 2011. Calcium does not inhibit the absorption of 5 milligrams of nonheme or heme iron at doses less than 800 milligrams in nonpregnant women. *J Nutr*. 141(9): 1652–1656.
- Geny A, Petitjean M, Van Wymelbeke-Delannoy V, & Sulmont-Rossé C. 2023. Impact of food-based fortification on nutritional outcomes and acceptability in older adults: systematic literature review. *Front Nutr*. 10. doi:10.3389/fnut.2023.1232502.
- Gera T, Sachdev HS, & Boy E. 2012. Effect of iron-fortified foods on hematologic and biological outcomes: systematic review of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*. 96(2): 309–324. doi:10.3945/ajcn.111.031500.
- Gedefaw L, Tesfaye M, Yemane T, Adisu W, & Asres Y. 2015. Anemia and iron deficiency among school adolescents: Burden, severity, and determinant factors in Southwest Ethiopia. *Adolesc Health Med Ther*. 189. doi:10.2147/AHMT.S94865.
- Gergal Gopalkrishna Rao SR, Bugazia S, Dhandapani TPM, Tara A, Garg I, Patel JN, Yeon J, Memon MS, Muralidharan A, & Khan S. 2021. Efficacy and Cardiovascular Adverse Effects of Erythropoiesis Stimulating Agents in the Treatment of Cancer-Related Anemia: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Cureus*, siap terbit.

- Zourmand G, Taheri M, Ezdini ES, & Irandoust K. 2025. The role of genetic and hormonal factors in shaping exercise responses and performance in children: a comprehensive review. *Cell Mol Biol*. 71(5): 66–77. doi:10.14715/cmb/2025.71.5.10.
- Girum T & Wasie A. 2018. The effect of deworming school children on anemia prevalence: A systematic review and meta-analysis. *Open Nurs J*. 12(1): 155–161. doi:10.2174/1874434601812010155.
- Gropper SS, Smith JL, & Groff JL. 2009. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. Ed ke-5. Belmont: Wadsworth.
- Gurri FD. 2018. *Adolescent Growth Spurt*. Di dalam: *The International Encyclopedia of Biological Anthropology*. Wiley. hlm. 1–2.
- Gutema BT, Sorrie MB, Megersa ND, Yesera GE, Yeshitila YG, Pauwels NS, De Henauw S, & Abbeduto S. 2023. Effects of iron supplementation on cognitive development in school-age children: Systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 18(6):e0287703. doi:10.1371/journal.pone.0287703.
- Hasyim DI. 2018. Pengetahuan, sosial ekonomi, pola makan, pola haid, status gizi, dan aktivitas fisik dengan kejadian anemia pada remaja putri. *Jurnal Kebidanan dan Keperawatan Aisyiyah*. 14(1): 6–14. doi: doi.org/10.31101/jkk.544.
- Hall JE & Hall ME. 2020. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. Philadelphia: Elsevier.
- Hassan TH, Badr MA, Karam NA, Zkaria M, El Saadany HF, Abdel Rahman DM, Shahbah DA, Al Morshedy SM, Fathy M, Esh AMH, *et al*. 2016. Impact of iron deficiency anemia on the function of the immune system in children. *Medicine*. 95(47): e5395. doi:10.1097/MD.0000000000005395.
- Haya M, Baliwati YF, **Khomsan A**, & Briawan D. 2025. Nourishing diversity: Exploring the relationship between food variety and anemia status among women workers. *Nutr Clín Diet Hosp*. 45(1): 260–268.

- Henare SJ, Nur Singh N, Ellis AM, Moughan PJ, Thompson AK, Walczyk T. 2019. Iron bioavailability of a casein-based iron fortificant compared with that of ferrous sulfate in whole milk: a randomized trial with a crossover design in adult women. *Am J Clin Nutr.* 110(6): 1362–1369. doi:10.1093/ajcn/nqz237.
- Herwandar FR, Soviyati E. 2020. Perbandingan kadar hemoglobin pada remaja premenarche dan postmenarche di Desa Ragawacana Kecamatan Kramatmulya Kabupaten Kuningan tahun 2018. *Jurnal Ilmu Kesehatan Bhakti Husada: Health Sciences Journal.* 11(1): 71–82.
- Horton S. 2006. The economics of food fortification. *J Nutr.* 136(4): 1068–1071. doi:10.1093/jn/136.4.1068.
- Hurrell R. 2002. How to ensure adequate iron absorption from iron-fortified food. *Nutr Rev.* 60(7): S7–S15. doi:10.1301/002966402320285137.
- Hurrell R & Egli I. 2010. Iron bioavailability and dietary reference values. *Am J Clin Nutr.* 91(5): 1461S–1467S. doi:10.3945/ajcn.2010.28674F.
- Hurrell RF. 2021. Iron fortification practices and implications for iron addition to salt. *J Nutr.* 151: 3S–14S. doi:10.1093/jn/nxaa175.
- Hurrell RF. 2022. Ensuring the efficacious iron fortification of foods: A tale of two barriers. *Nutrients.* 14(8): 1609. doi:10.3390/nu14081609.
- Hurlock EB. 1980. *Psikologi Perkembangan: Suatu Pendekatan Sepanjang Rentang Kehidupan.* Jakarta: Erlangga.
- Indar, Adam A, & Chaerunnimah. 2022. Pelaksanaan program pemberian tablet tambah darah remaja putri Di Kabupaten Toraja Utara. *Media Gizi Pangan.* 29(1): 16–23. <https://journal.poltekkes-mks.ac.id/ojs2/index.php/mediagizi/article/view/2857>.
- Januarti L & Yulianto S. 2024. Pemberdayaan remaja peer group terhadap perilaku remaja dalam suplementasi tablet Fe upaya pencegahan stunting. *Bali Health Published Journal.* 6(1): 26–41. doi:10.47859/bhpj.v6i1.474.

- Jayadi YI, Palangkei ASIA, & Warahmah JF. 2021. Evaluasi pemberian tablet tambah darah untuk remaja putri wilayah puskesmas Binamu Kota. *Heal Tadulako J (Jurnal Kesehatan Tadulako)*. 7(3): 168–175. doi:10.22487/htj.v7i3.455.
- Julaecha J. 2020. Upaya pencegahan anemia pada remaja putri. *Jurnal Abdimas Kesehatan*. 2(2): 109–112.
- Kaimudin NI, Lestari H, & Afa JR. 2017. Skrining dan determinan kejadian anemia pada remaja putri SMA Negeri 3 Kendari tahun 2017. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat Unsyiah*. 2(6): 185793.
- Karomah U, Dewi NMPK, & Putri LP. 2024. Effectiveness of food fortification to anemia in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Amerta Nutrition*. 8(3): 466–477.
- [KEMENKES] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2014. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2014 tentang Pedoman Gizi Seimbang.
- [KEMENKES] 2015. *Situasi Kesehatan Reproduksi Remaja*. Jakarta (ID): Infodatin Kemenkes.
- [KEMENKES] 2018. *Pedoman Pencegahan dan Penanggulangan Anemia Pada Remaja Putri dan Wanita Usia Subur (WUS)*. Jakarta.
- [KEMENKES] Kementerian Kesehatan RI. 2015. *Pedoman Pencegahan dan Penanggulangan Anemia Pada Ibu Hamil*. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [KEMENKES] 2018. *Kenali Masalah Gizi yang Ancam Remaja Indonesia*. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [KEMENKES] 2019. *Laporan Nasional RISKESDAS 2018. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*. Jakarta.
- [KEMENKES] 2020. *Pedoman pemberian Tablet Tambah Darah (TTD) bagi Remaja Putri pada Masa Pandemi COVID-19*. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [KEMENKES] 2020. *Buku Saku Pencegahan Anemia pada Ibu Hamil dan Remaja Putri*. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

- [KEMENKES] 2020. *Pedoman Pemberian Tablet Tambah Darah (TTD) Bagi Ibu Hamil*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- [KEMENKES] 2023. *Survei Kesehatan Indonesia (SKI) dalam Angka 2023*. Jakarta.
- [KEMENKES] 2023. *Buku Saku Pencegahan Anemia Pada Ibu Hamil dan Remaja Putri*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Keats EC, Neufeld LM, Garrett GS, Mbuya MNN, & Bhutta ZA. 2019. Improved micronutrient status and health outcomes in low- and middle-income countries following large-scale fortification: evidence from a systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr*. 109(6): 1696–1708. doi:10.1093/ajcn/nqz023.
- Khodijah. 2018. Hubungan Antara Konsumsi Pangan Enhancer dan Inhibitor Fe, dan Aktivitas Fisik dengan Kadar Hemoglobin dan Prestasi Akademik Pada Mahasiswa Gizi Masyarakat IPB. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Khomsan A. 2012. *Ekologi Masalah Gizi, Pangan, dan Kemiskinan*. Bandung (ID): Alfabeta.
- Khomsan A, Firdausi A, Dewi P, Oklita D, Khuzaimah U, & Desiana F. 2023. *Gizi Seimbang*. Bogor (ID): IPB Press.
- Khomsan A, Firdausi A, Dewi P, & Akbar AA. 2023. *Intervensi Stunting*. Bogor (ID): IPB Press.
- Khomsan A, Riyadi H, & Prasetya G. 2025. Anaemia: Female youth's knowledge and supplementation program management. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)*. 14(1): 257–265.
- Kim TO & Bussel JB. 2020. *Autoimmune Hemolytic Anemia in Adolescent Females*. Di dalam: *Hematology in the Adolescent Female*. Cham: Springer International Publishing. hlm. 237–252.
- Kraemer K & van Zutphen KG. 2019. Translational and implementation research to bridge evidence and implementation. *Ann Nutr Metab*. 75(2): 144–148. doi:10.1159/000503675.

- Krisnanda R. 2020. Vitamin C Membantu dalam absorpsi zat besi pada anemia defisiensi besi. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*. 2(3).
- Kruger J, Taylor JRN, Ferruzzi MG, & Debelo H. 2020. What is food-to-food fortification? A working definition and framework for evaluation of efficiency and implementation of best practices. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 19(6): 3618–3658. doi:10.1111/1541-4337.12624.
- Kumari A & Chauhan AK. 2022. Iron nanoparticles as a promising compound for food fortification in iron deficiency anemia: A review. *J Food Sci Technol*. 59(9): 3319–3335. doi:10.1007/s13197-021-05184-4.
- Kumar A, Sharma E, Marley A, Samaan MA, & Brookes MJ. 2022. Iron deficiency anaemia: Pathophysiology, assessment, practical management. *BMJ Open Gastroenterol*. 9(1):e000759. doi:10.1136/bmjgast-2021-000759.
- Kuh D, Muthuri SG, Moore A, Cole TJ, Adams JE, Cooper C, Hardy R, & Ward KA. 2016 Jul 10. Pubertal timing and bone phenotype in early old age: findings from a British birth cohort study. *Int J Epidemiol*. dyw131.doi:10.1093/ije/dyw131.
- Kuragano T. 2024. Treatment of anemia associated with chronic kidney disease: Plea for considering physiological erythropoiesis. *Int J Mol Sci*. 25(13): 7322. doi:10.3390/ijms25137322.
- Lailiyana & Hindratni F. 2024. Edukasi dampak anemia terhadap kesehatan reproduksi remaja putri Di SMAN 2 Pekanbaru. *Jurnal Ebima*. 5(1): 14–18.
- Lal A, Wong T, Keel S, Pagano M, Chung J, Kamdar A, Rao L, Ikeda A, Puthenveetil G, Shah S, *et al*. 2021. The transfusion management of beta thalassemia in the United States. *Transfusion*. 61(10): 3027–3039. doi:10.1111/trf.16640.
- Lassi Z, Moin A, & Bhutta Z. 2017. *Nutrition in Middle Childhood and Adolescence*. Di dalam: *Disease Control Priorities, Third Edition (Volume 8): Child and Adolescent Health and Development*. The World Bank. hlm. 133–146.

- Li H, Moosavian SP, Ghanbari N, Mirlohi SH, & Rahimlou M. 2025. Association of dietary diversity and odds of anemia in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMC Nutr.* 11(1): 83. doi:10.1186/s40795-025-01069-3.
- Lopez A, Cacoub P, Macdougall IC, & Peyrin-Biroulet L. 2016. Iron deficiency anaemia. *The Lancet.* 387(10021): 907–916. doi:10.1016/S0140-6736(15)60865-0.
- López-Carril S, González-Serrano MH, Ribeiro T, & Jiménez-Jiménez P. 2024. TikTok for learning through movement, dramatization, and music: Insights for higher education applications in sport sciences. *J Hosp Leis Sport Tour Educ.* 35:100501. doi:10.1016/j.jhlste.2024.100501.
- Lozoff B, Smith J, Kaciroti N, Clark K, Guevara S, & Jimenez E. 2013. Functional significance of early-life iron deficiency: Outcomes at 25 years. *The Journal of Pediatrics.* 163(5): 1260–1266.
- Lutfiasari D, Martini S, & Widati S. 2023. The effectiveness of *peer group* on adolescent anemia prevention behavior: A systematic review. *J Public Health Afr.* 14(2): 5. doi:10.4081/jphia.2023.2542.
- Mahmood T, Rehman AU, Tserenpil G, Siddiqui F, Ahmed M, Siraj F, & Kumar B. 2019. *The Association between Iron-deficiency Anemia and Adverse Pregnancy Outcomes: A Retrospective Report from Pakistan.* *Cureus.*, siap terbit.
- Mannar MG & Hurrell RF. 2018. *Food Fortification in a Globalized World.* Mannar M, Hurrell RF, editor. India: Andre Gerhard Wolff.
- Mangalik G, Martianto D, Sukandar D, Masyarakat DG, & Manusia FE. 2016. Estimasi potensi kerugian ekonomi dan biaya penanggulangan akibat anemia di Indonesia (*Estimation of economic loss and cost of intervention due to anemia in Indonesia*). *J Gizi Pangan.* 11(3): 237–246.
- Marina, Indriasari R, Jafar N. 2015. Konsumsi tanin dan fitat sebagai determinan penyebab anemia pada remaja putri di SMA Negeri 10 Makassar. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia.* 50–58. doi: 10.30597/mkmi.v11i1.516.

- Maringka KMY, Lestarini IA. 2024. Aplastic anemia: A literature review. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(4): 624–631. doi:10.29303/jbt.v24i4.7695.
- Martianto D, Wulansari A, Mangalik G, Renyoet BS, Kartika R, Machfud EFK. 2023. *Estimasi Kerugian Ekonomi Akibat Stunting, Anemia, dan Obesitas*. Bogor: Penerbit IPB Press.
- Mardalena I. 2017. *Dasar-Dasar Ilmu Gizi dalam Keperawatan*. Yogyakarta (ID): Pustaka Baru Press.
- Mastorci F, Lazzeri MFL, Vassalle C, & Pingitore A. 2024. The transition from childhood to adolescence: Between health and vulnerability. *children*. 11(8): 989. doi:10.3390/children11080989.
- Mentari D & Nugraha G. 2023. *Mengenal Anemia: Patofisiologi, Klasifikasi, dan Diagnosis*. Jakarta: BRIN.
- Milman NT. 2021. Managing Genetic Hemochromatosis: An overview of dietary measures, which may reduce intestinal iron absorption in persons with iron overload. *Gastroenterology Res*. 14(2): 66–80. doi:10.14740/gr1366.
- Min K, Wang J, Liao W, Astell-burt T, Feng X, Cai S, *et al*. 2021. Dietary patterns and their associations with overweight/obesity among preschool children in Dongcheng District of Beijing: A cross sectional study. *BMC Public Health*. 21(1): 223. doi: 10.1186/s12889-021-10240-x.
- Michalak SS, Rupa-Matysek J, & Gil L. 2018. Comorbidities, repeated hospitalizations, and age ≥ 80 years as indicators of anemia development in the older population. *Ann Hematol*. 97(8): 1337–1347. doi:10.1007/s00277-018-3321-x.
- Mohtar NJ, Sugeng CEC, & Umboh ORH. 2022. Penatalaksanaan anemia pada penyakit ginjal kronik. *e-CliniC*. 11(1): 51–58. doi:10.35790/ecl.v11i1.44313.
- Mokolensang O, Manampiring A, & Fatimawali. 2016. Hubungan pola makan dan obesitas pada remaja di Kota Bitung. *Jurnal E-Biomedik*. 4(1): 128-135.

- Murray CJL, Aravkin AY, Zheng P, Abbafati C, Abbas KM, Abbasi-Kangevari M, Abd-Allah F, Abdelalim A, Abdollahi M, Abdollahpour I, *et al.* 2020. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 396(10258): 1223–1249. doi:10.1016/S0140-6736(20)30752-2.
- Muthayya S, Thankachan P, Hirve S, Amalrajan V, Thomas T, Lubree H, Agarwal D, Srinivasan K, Hurrell RF, Yajnik CS, *et al.* 2012. Iron fortification of whole wheat flour reduces iron deficiency and iron deficiency anemia and increases body iron stores in Indian school-aged children. *J Nutr*. 142(11): 1997–2003. doi:10.3945/jn.111.155135.
- Nehar KN, Bakal RL, Hatwar PR, Gawai AY, & Diwnale SS. 2024. Iron deficiency anemia: Etiology, pathophysiology, diagnosis, and treatment approaches. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 14(11): 185–199. doi:10.22270/jddt.v14i11.6899.
- Noradina, Sayekti WN, Meliyana E, Wati DR, Simanjuntak BY, & Milwati S. 2025. *Book Chapter of Anemia*. Volume ke-1. Jakarta: Nuansa Fajar Cemerlang.
- Norris SA, Frongillo EA, Black MM, Dong Y, Fall C, Lampl M, Liese AD, Naguib M, Prentice A, Rochat T, *et al.* 2022. Nutrition in adolescent growth and development. *The Lancet*. 399(10320): 172–184. doi:10.1016/S0140-6736(21)01590-7.
- Nurlaily UB & Mardiyarningsih E. 2015. Hubungan pola makan dan pola menstruasi dengan kejadian anemia remaja putri. *Soedirman Journal of Nursing*. 10(2): 67–75. doi:10.20884/1.JKS.2015.10.2.604.
- Ocak S, Kilicaslan O, Yildiz Yildirmak Z, & Urganci N. 2017. Adolescents and anemia. *Sisli Etfal Hastanesi Tip Bulteni/The Medical Bulletin of Sisli Hospital*. 309–17. doi:10.5350/SEMB.20170927094446.
- Olgac U & Kurtcuoglu V. 2016. The bohr effect is not a likely promoter of renal preglomerular oxygen shunting. *Front Physiol*. 7. doi:10.3389/fphys.2016.00482.

- Olson R, Gavin-Smith B, Ferraboschi C, & Kraemer K. 2021. Food fortification: The advantages, disadvantages and lessons from sight and life programs. *Nutrients*. 13(4). doi:10.3390/nu13041118.
- Patel RR & Sachdeva PD. 2021. A Systematic review of anemia among adolescents girls. *National Journal of Medical Research*. 11(03): 109–113.
- Peraturan Pemerintah RI. 2004. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan. *Peratur Pemerintah RI.*, siap terbit.
- Permatasari T, Briawan D, Madanijah S. 2018. Efektivitas program suplementasi zat besi pada remaja putri di Kota Bogor. *Jurnal MKMI*. 14(1): 1–8.
- Piskin E, Cianciosi D, Gulec S, Tomas M, & Capanoglu E. 2022. Iron Absorption: factors, limitations, and improvement methods. *ACS Omega*. 7(24): 20441–20456. doi:10.1021/acsomega.2c01833.
- Powers JM & O'Brien SH. 2019. How I approach iron deficiency with and without anemia. *Pediatr Blood Cancer*. 66(3). doi: 10.1002/pbc.27544.
- Prasetya G, **Khomsan A**, Riyadi H, & Anwar F. 2022. Study characteristics of school adolescent girls on iron folic acid supplementation program as the prevention of anemia in adolescent. *Amerta Nutr*. 6(1SP):1–7. doi:10.20473/amnt.v6i1SP.2022.1-7.
- Pratiwi EE & Sofiana L. 2019. Kecacingan sebagai faktor risiko kejadian anemia pada anak. *J Kesehat Masy Indones*. 14(2):1. doi:10.26714/jkmi.14.2.2019.1-6.
- Praditasari JA & Sumarmik S. 2018. Asupan lemak, aktivitas fisik, dan kegemukan pada remaja putri di SMP Bina Insani Surabaya. *Media Gizi Indonesia*. 13(2): 117.
- Prakash S, Yadav K. 2015. Maternal anemia in pregnancy: An overview. *International Journal of Pharmacy and Phamateutical Research Human*. 4(3): 164–179.

- Putri TF & Fauzia FR. 2022. Hubungan konsumsi sumber zat besi dengan kejadian anemia pada remaja putri SMP dan SMA di Wilayah Bantul. *Jurnal Ilmu Keperawatan dan Kebidanan*. 13(2): 400–411. doi: 10.26751/jikk.v13i2.1540.
- Rahayu HK, Alriessyane NH, Wijaya DP, Cahyaningrum H, Kurniawan ET, Salsabila, *et al.* 2023. *Gizi dan Kesehatan Remaja*. Banyumas (ID): CV. ZT Corpora.
- Rahayu A, Yulidasari F, Octaviana Putri A, & Anggraini L. 2019. *Metode Orkes-Ku (Raport Kesehatanku) Dalam Mengidentifikasi Potensi Kejadian Anemia Gizi Pada Remaja Putri*. Yogyakarta: CV Mine.
- Rahmat I. 2022. Pengaruh pendidikan ibu dengan status gizi siswa di SMK Bina Sehat Nusantara Kabupaten Bone tahun 2022. *Jurnal Suara Kesehatan*. 8(1): 1–6.
- Raichoudhury R & Spinowitz BS. 2021. Treatment of anemia in difficult-to-manage patients with chronic kidney disease. *Kidney Int Suppl* (2011). 11(1): 26–34. doi:10.1016/j.kisu.2020.12.006.
- Rebellato AP, Klein B, Wagner R, & Azevedo Lima Pallone J. 2018. Fortification of whole wheat flour with different iron compounds: effect on quality parameters and stability. *J Food Sci Technol*. 55(9): 3575–3583. doi:10.1007/s13197-018-3283-y.
- Richard G. 2021. Adolescence: Developmental milestones. *Journal of Medical and Health Sciences*. 10(4).
- Ríos-Castillo I, Olivares M, Brito A, Romáña DL, & Pizarro F. 2014. One-month of calcium supplementation does not affect iron bioavailability: a randomized controlled trial. *Nutrition*. 30(1): 44–48.
- Rogol AD, Clark PA, & Roemmich JN. 2000. Growth and pubertal development in children and adolescents: effects of diet and physical activity. *Am J Clin Nutr*. 72(2): 521S–528S. doi:10.1093/ajcn/72.2.521S.
- Rogol AD, Roemmich JN, & Clark PA. 2002. Growth at puberty. *Journal of Adolescent Health*. 31(6): 192–200. doi:10.1016/S1054-139X(02)00485-8.

- Ruiz WDG & Yabut HJ. 2024. Autonomy and identity: the role of two developmental tasks on adolescent's wellbeing. *Front Psychol.* 15. doi:10.3389/fpsyg.2024.1309690.
- Rusdi FY, Helmizar H, & Rahmy HA. 2021. Pengaruh edukasi gizi menggunakan instagram terhadap perubahan perilaku gizi seimbang untuk pencegahan anemia pada remaja putri di SMAN 2 Padang. *Journal of Nutrition College.* 10(1): 31–38. doi:10.14710/jnc.v10i1.29271.
- Sabatier M, Rytz A, Husny J, Dubascoux S, Nicolas M, Dave A, Singh H, Bodis M, & Glahn RP. 2020. Impact of ascorbic acid on the in vitro iron bioavailability of a casein-based iron fortificant. *Nutrients.* 12(9): 2776. doi: 10.3390/nu12092776.
- Saboor M. 1969. Disorders associated with malabsorption of iron; a critical review. *Pak J Med Sci.* 31(6). doi: 10.12669/pjms.316.8125.
- Sadighi J, Nedjat S, & Rostami R. 2019. Systematic review and meta-analysis of the effect of iron-fortified flour on iron status of populations worldwide. *Public Health Nutr.* 22(18): 3465–3484. doi:10.1017/S1368980019002179.
- Sari P, Hilmanto D, Herawati DMD, & Dhamayanti M. 2022. *Buku Saku Anemia Defisiensi Besi pada Remaja Putri*. Bandung: PT. Nasya Expanding Management.
- Sasidharan P. 2017. B12 deficiency in India. *Archives of Medicine and Health Sciences.* 5(2): 261. doi: 10.4103/amhs.amhs_121_17.
- Seibert E, Richter A, Kuhlmann MK, Wang S, Levin NW, Kotanko P, & Handelman GJ. 2017. Plasma vitamin C levels in ESRD patients and occurrence of hypochromic erythrocytes. *Hemodialysis International.* 21(2): 250–255. doi: 10.1111/hdi.12467.
- Septiana KS, Adnani QES, & Susiarno H. 2025a. Influence of nutrition education media on anaemia and its effect on improving anaemia knowledge among adolescent girls. *Malahayati International Journal of Nursing and Health Science.* 7(12): 1481–1494. doi:10.33024/minh.v7i12.656.

- Septiana KS, Adnani QES, Susiarno H, Tarawan V, Arya I, & Anwar R. 2025b. The Influence of anemia education media on increasing self-awareness and compliance in consuming iron supplements in adolescent girls: A systematic review. *Int J Womens Health*. 17: 2277–2289. doi:10.2147/IJWH.S532950.
- Shallis RM, Ahmad R, & Zeidan AM. 2018. Aplastic anemia: Etiology, molecular pathogenesis, and emerging concepts. *Eur J Haematol*. 101(6): 711–720. doi: 10.1111/ejh.13153.
- Sibagariang E, Gining T, & Sibagariang A. 2022. *Kesehatan Reproduksi Tenaga Kerja*. Jakarta (ID): Trans Info Media.
- Skolmowska D & Głabaska D. 2022. Effectiveness of dietary intervention with iron and vitamin c administered separately in improving iron status in young women. *Int J Environ Res Public Health*. 19(19): 11877. doi: 10.3390/ijerph191911877.
- Scott SP & Murray-Kolb LE. 2016. Iron status is associated with performance on executive functioning tasks in nonanemic young women. *J Nutr*. 146(1): 30–37. doi:10.3945/jn.115.223586.
- [SEAMEO RECFON] Southeast Asian Ministers of Education Organization Regional Centre for Food and Nutrition. 2019. *Gizi dan Kesehatan Remaja*. Jakarta (ID): SEAMEO RECFON.
- Seminar AU, Briawan D, **Khomsan A**, Dewi M, Ekayanti I, Mardewi, Raut MK, Zakaria A, & Roche ML. 2020. Awareness about Anaemia and Weekly Iron-Folic Acid Supplementation (WIFAS) among school-going adolescent girls and parents in East Java and East Nusa Tenggara, Indonesia. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 66 Supplement: S111–S117. doi:10.3177/jnsv.66.S111.
- Setyorini E, Anwar F, Riyadi H, & **Khomsan A**. 2019. Faktor risiko anemia pada wanita pemetik teh. *Media Kesehat Masy Indones*. 15(3): 292. doi:10.30597/mkmi.v15i3.7008.
- Shah FT, Sayani F, Trompeter S, Drasar E, & Piga A. 2019. Challenges of blood transfusions in β -thalassemia. *Blood Rev*. 37:100588. doi:10.1016/j.blre.2019.100588.

- Smith TS & Coleman E. 2021. *Growth and Development Durineg Adolescence. Di dalam: Primary Care Pediatrics for the Nurse Practitioner*. New York, NY: Springer Publishing Company.
- Soans JS, Noronha JA, Mundkur SC, Nayak BS, Garg M, Jathanna RD, & Mathias EG. 2025. Mapping evidence on the impact of junk food on anaemia among adolescent and adult population: a scoping review. *BMC Nutr*. 11(1): 96. doi:10.1186/s40795-025-01079-1.
- Sofia D & Supratiknyo. 2018. Peningkatan perilaku penatalaksanaan anemia remaja putri melalui *peer group sharing*. *Oksitosin, Kebidanan*. 5(2): 113–118.
- Spohrer R, Larson M, Maurine C, Laillou A, Capanzana M, & Garrett GS. 2013. The growing importance of staple foods and condiments used as ingredients in the food industry and implications for large-scale food fortification programs in Southeast Asia. *Food Nutr Bull*. 34(2) Suppl: 50–61. doi:10.1177/15648265130342s107.
- Spottiswoode N, Duffy PE, & Drakesmith H. 2014. Iron, anemia and hepcidin in malaria. *Front Pharmacol*. 5 MAY May:1–11. doi:10.3389/fphar.2014.00125.
- Suprapti E, Hadju V, Ibrahim E, Indriasari R, Erika KA, & Balqis B. 2025. Anemia: etiology, pathophysiology, impact, and prevention: A review. *Iran J Public Health*., siap terbit.
- Sundd P, Gladwin MT, & Novelli EM. 2019. Pathophysiology of sickle cell disease. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*. 14(1): 263–292. doi: 10.1146/annurev-pathmechdis-012418-012838.
- Swain JH, Newman SM, & Hunt JR. 2003. Bioavailability of elemental iron powders to rats is less than bakery-grade ferrous sulfate and predicted by iron solubility and particle surface area. *J Nutr*. 133(11): 3546–3552. doi:10.1093/jn/133.11.3546.
- Syahrial. 2022. *Remaja Sehat Bebas Anemia. Ed ke-1*. Padang: LPPM Universitas Andalas.
- Tan J, Du S, Zang X, Ding K, Ginzburg Y, & Chen H. 2022. The addition of oral iron improves chemotherapy-induced anemia in patients receiving erythropoiesis-stimulating agents. *Int J Cancer*. 151(9): 1555–1564. doi:10.1002/ijc.34142.

- Taskesen M, Okur Nilufer, Katar S, Okur Nurettin, & Soker M. 2009. Nutritional megaloblastic anemia during childhood: Demographical, clinical and laboratory features of 134 patients from southeastern part of Turkey. *E Spen Eur E J Clin Nutr Metab*. 4(3): e152–e154. doi: 10.1016/j.eclnm.2009.03.002.
- Telisa I & Eliza. 2020. Asupan zat gizi makro, asupan zat besi, kadar hemoglobin dan risiko kurang energi kronis pada remaja putri. *Jurnal AcTion: Aceh Nutrition Journal*. 5(1): 80–86.
- Teresa H. 2019. A review on major causes of anemia and its prevention mechanism. *Int J Cell Sci Mol Biol*. 6(1): 11–15. doi: 10.19080/IJCSMB.2019.06.555686.
- Teucher, Olivares, Cori. 2004. Enhancers of iron absorption: Ascorbic acid and other organic acids. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 74(6): 403–419. doi: 10.1024/0300-9831.74.6.403.
- Tolkien Z, Stecher L, Mander AP, Pereira DIA, & Powell JJ. 2015. Ferrous sulfate supplementation causes significant gastrointestinal side-effects in adults: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 10(2):e0117383. doi: 10.1371/journal.pone.0117383.
- Torrez M, Chabot-Richards D, Babu D, Lockhart E, & Foucar K. 2022. How to investigate acquired megaloblastic anemia. *Int J Lab Hematol*. 44(2): 236–247. doi: 10.1111/ijlh.13789.
- Usaha Kesehatan Sekolah/Madrasah. 2023. Pendidikan Gizi. *uks.kemdikbud.go.id*, siap terbit. [diakses 2025 Mei 28]. <https://uks.kemdikbud.go.id/program/pendidikan-gizi>.
- Utami ACN & Raharjo ST. 2021. Pola asuh orang tua dan kenakalan remaja. *Focus: Jurnal Pekerjaan Sosial*. 4(1): 1–15.
- Utami A, Margawati A, Pramono D, & Wulandari DR. 2022. Prevalence of anemia and correlation with knowledge, nutritional status, dietary habits among adolescent girls at Islamic boarding school. *Jurnal Gizi Indonesia (The Indonesian Journal of Nutrition)*. 10(2): 114–121. doi:10.14710/jgi.10.2.114-121.

- Uzunov AV, Cîrstoiu MM, Secară DC, Crîngu-Ionescu A, Matei A, Mehedințu C, & Varlas VN. 2022. Mode of delivery and neonatal outcome in adolescent pregnancy (13–16 years old) associated with anemia. *Medicina (B Aires)*. 58(12): 1796. doi:10.3390/medicina58121796.
- Vaira R, Merlin Karinda, & Muflihah. 2022. Factors related of anemia in adolescence girl. *Science Midwifery*. 10(4): 2490–2495. doi: 10.35335/midwifery.v10i4.696.
- Vishwakarma S, Genu Dalbhat C, Mandliya S, & Niwas Mishra H. 2022. Investigation of natural food fortificants for improving various properties of fortified foods: A review. *Food Research International*. 156:111186. doi:10.1016/j.foodres.2022.111186.
- Wahyuni S. 2024. Defisiensi besi dan anemia defisiensi besi : Updated literature review. *GALENICAL: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Mahasiswa Malikussaleh*. 3(3): 1–13.
- Wahyuningsih U, Khomsan A, & Ekawidyan KR. 2014. Asupan zat gizi, status gizi, dan status anemia pada remaja laki-laki pengguna narkoba di Lembaga Pemasyarakatan Anak Pria Tangerang. *Jurnal Gizi dan Pangan*. 9(1): 23–28.
- Warner MJ & Kamran MT. 2023. Iron deficiency anemia. *StatPearls*. 31–31. doi: 10.1016/B978-032303506-4.10019-7.
- Weckmann G, Kiel S, Chenot J-F, & Angelow A. 2023. Association of anemia with clinical symptoms commonly attributed to anemia—analysis of two population-based cohorts. *J Clin Med*. 12(3): 921. doi: 10.3390/jcm12030921.
- [WFP] World Food Programme. 2022. WFP Study on Iron Rice Fortification Capacities, Supply Chain, and Campaign Initiatives in The Philippines. *Nutrition Foundation of The Philippines, Inc.*, siap terbit.
- [WHO] World Health Organization. 2006. Guidelines on food fortification with micronutrients. In Chapter 5: Iron, Vitamin A and Iodine.
- [WHO]. 2009. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005 Geneva: WHO Global Database on Vitamin A Deficiency.

- [WHO]. 2011. Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity.
- [WHO]. 2016. Global Health Observatory data repository: anemia in children <5 years by region.
- [WHO]. 2018. eLENA: e-library of evidence for nutrition actions.
- [WHO]. 2022. Guideline: Fortification Of Wheat Flour With Vitamins And Minerals As A Public Health Strategy.
- [WHO]. 2020. *Anaemia*. Geneva (SZ): WHO Press.
- Widiya S, Salmiah M. 2024. Tiktok as a media to increase students' interest in learning english: a study at school in Mandailing Natal at XI grade senior high school. *IDEAS: Journal on English Language Teaching and Learning, Linguistics and Literature*. 12(2): 907–920. doi:10.24256/ideas.v12i2.5172.
- Yeboah FA, Bioh J, Amoani B, Effah A, Senu E, Mensah OSO, Agyei A, Kwarteng S, Agomuo SKS, Opoku S, *et al*. 2024. Iron deficiency anemia and its association with cognitive function among adolescents in the Ashanti Region - Ghana. *BMC Public Health*. 24(1): 3209. doi:10.1186/s12889-024-20640-4.
- Youdim MBH, Gerlach M, & Riederer P. 2009. *Iron Deficiency and Excess in the Brain: Implications for Cognitive Impairment and Neurodegeneration*. Di dalam: *Iron Deficiency and Overload*. Totowa, NJ: Humana Press. hlm 95–123.
- Young NS. 2018. Aplastic anemia. *New England Journal of Medicine*. 379(17): 1643–1656. doi:10.1056/NEJMr1413485.
- Yudina MK & Fayasari A. 2020. Evaluation of iron tablet supplementation program of female adolescent in East Jakarta. *J Ilm Kesehatan*. 2(3): 147–158. doi:10.36590/jika.v2i3.56.
- Yusufu I, Cliffer IR, Yussuf MH, Anthony C, Mapendo F, Abdulla S, Masanja M, Tinkasimile A, Ali AS, Mwanyika-Sando M, *et al*. 2023. Factors associated with anemia among school-going adolescents aged 10–17 years in Zanzibar, Tanzania: a cross sectional study. *BMC Public Health*. 23(1): 1814. doi:10.1186/s12889-023-16611-w.

- Yusinth AN & Adriyanto. 2018. Hubungan antara perilaku makan dan citra tubuh dengan status gizi remaja putri usia 15–18 tahun. *Amerta Nutrition*. 2(2): 147–154.
- Zhang Z, Liu C, Wu S, & Ma T. 2023. The non-nutritional factor types, mechanisms of action and passivation methods in food processing of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A systematic review. *Foods*. 12(19): 3697. doi: 10.3390/foods12193697.
- Zuvarox T, Goosenberg E, & Belletieri C. 2025. Malabsorption Syndromes. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553106/>.
- Zulfajriani Z, Nurfatimah N, Entoh C, Longgupa LW, Sitorus SBM, Siregar NY, & Ramadhan K. 2023. Enhancing adolescent girls' knowledge about anemia through instagram: A pre-experimental study. *Jurnal Bidan Cerdas*. 5(2): 74–83. doi:10.33860/jbc.v5i2.2422.

Author's Personal
Copy By IPB Press



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Prof. Dr. Ir. Ali Khomsan MS.

Insititusi : Departemen Gizi Masyarakat, FEMA IPB,
Bogor

Email : khomsanali@apps.ipb.ac.id



Nama : Puspita Dewi, S.Gz, M.Gz.

Insititusi : Jurusan Gizi, FIKK UNM, Makassar

Email : puspitadewi@unm.ac.id



Nama : Faza Yasira Rusdi, S.Gz, M.Gz.

Insititusi : Departemen Gizi, FKM Universitas
Andalas, Padang

Email : fazayasira@ph.unand.ac.id



Nama : Laksmi Nur Fajriani, S.S.T.P, M.Gz.
Insititusi : Program Studi Gizi,
Universitas Bumigora, Mataram
Email : laksmifajriani07@gmail.com



Nama : Dzakiyyatul Fikrah 'Arifah, S.Gz, M.Gz.
Insititusi : Program Magister Gizi, SPs, IPB, Bogor
Email : dzakiyyatul.fikrah@gmail.com

Author's Personal
Copy By IPB Press

Anemia pada REMAJA



Kehilangan potensi kecerdasan dapat terjadi akibat defisiensi gizi mikro. Misalnya, anemia karena kekurangan zat besi membuat penduduk Indonesia kehilangan sekitar 40–80 juta poin IQ. Pada remaja perempuan, puncak pertumbuhan tinggi badan menjadi penanda awal pubertas. Menstruasi pertama umumnya terjadi beberapa bulan setelah itu, dengan kisaran usia normal 10–16 tahun. Menstruasi yang datang lebih awal sering kali berkaitan dengan cadangan lemak subkutan yang lebih tinggi. Menurut teori, siklus menstruasi baru dapat terjadi bila tubuh memiliki minimal 17% lemak dari berat badan, sedangkan untuk mempertahankan siklus menstruasi yang teratur dibutuhkan sekitar 22%. Hal ini diperkuat oleh hasil studi epidemiologis yang menemukan bahwa perempuan dengan cadangan lemak rendah—seperti penderita anoreksia nervosa—sering mengalami *amenorrhea* atau keterlambatan menstruasi. Meski demikian, menstruasi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti perkembangan kerangka, aktivitas fisik, dan stres yang dapat mengganggu metabolisme tubuh. Secara global, sekitar dua miliar orang mengalami kekurangan gizi mikro, dan 613 juta di antaranya menderita anemia. Di Indonesia, masih banyak wanita hamil dan remaja putri mengalami anemia. Anemia akibat defisiensi besi juga dapat meningkatkan risiko kekurangan *zinc*, yang selanjutnya menghambat pertumbuhan tinggi badan dan memicu *stunting*.



PT Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251-8355 158 E-mail: ipbpress@apps.ipb.ac.id



Penerbit IPB Press



Gizi

ISBN : 978-623-111-818-9



9 786231 111818