

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hemoglobin

1. Definisi Hemoglobin

Hemoglobin (Hb) adalah sekumpulan komponen penyusun sel darah merah yang berfungsi sebagai pengangkut oksigen. Komponen yang terdapat dalam Hb meliputi protein, garam, besi, dan zat warna (Saraswati, 2021). Hemoglobin merupakan protein yang mengandung banyak zat besi. Hemoglobin dapat membentuk oksihemoglobin (HbO₂) karena memiliki kecenderungan untuk mengikat oksigen (O₂). Dengan fungsi ini, oksigen dapat diangkut dari paru-paru ke berbagai jaringan tubuh (Rieny dkk., 2021). Selain berfungsi penting dalam transportasi O₂, hemoglobin juga berperan dalam pengangkutan CO₂ dan mempengaruhi kapasitas penyangga darah sehingga membantu menjaga keseimbangan pH darah (Hamidiyah, 2020).

Kadar Hemoglobin darah dapat digunakan sebagai parameter dalam mendiagnosa anemia gizi. Tingkat keparahan anemia berdasarkan kadar Hb dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Status Anemia Berdasarkan Kadar Hemoglobin

Klasifikasi Anemia	Kadar Hemoglobin
Normal (Tidak Anemia)	≥ 12 g/dL
Anemia Ringan	11 – 11,9 g/dL
Anemia Sedang	8 – 10,9 g/dL
Anemia Berat	< 8 g/dL

2. Proses Pembentukan Hemoglobin

Proses pembentukan hemoglobin dimulai dari produksi protoporfirin di mitokondria. Protoporfirin kemudian bergabung dengan Fe (besi) di dalam mitokondria untuk membentuk heme. Fe yang digunakan dalam pembentukan hemoglobin dapat berasal dari makanan sebagai sumber eksternal atau dari simpanan yang ada dalam tubuh yang disimpan dalam bentuk ferritin. Fe masuk ke dalam mitokondria melalui mekanisme transportasi, di mana Fe berikatan dengan transferin yang akan

dilepaskan kembali setelah Fe masuk. Setelah heme terbentuk, proses sintesis protein di ribosom menghasilkan globin, yaitu protein pembentuk hemoglobin. Globin terdiri dari dua rantai alpha dan dua rantai beta. Selanjutnya, heme bergabung dengan keempat rantai globin untuk membentuk hemoglobin (Hb). Satu molekul hemoglobin tersusun atas satu heme dan empat rantai globin (Zalfa dkk., 2024).

Proses sintesis hemoglobin memerlukan waktu sekitar 7-10 hari hingga mencapai kematangan dan siap diedarkan ke seluruh tubuh bersama sel darah merah. Karena hemoglobin berada di dalam sel darah merah, masa hidupnya sama dengan sel darah merah itu sendiri, yaitu sekitar 120 hari (Guyton & Hall, 2019 dalam Yusrin dkk., 2023).

B. Anemia

1. Definisi Anemia

Anemia merupakan kondisi dimana rendahnya kadar hemoglobin dalam darah di bawah nilai normal. Pada pria, hemoglobin normal adalah 14-18 g/dl sedangkan pada perempuan, hemoglobin normal 12-16 g/dl. Anemia dapat disebabkan oleh kelainan dalam pembentukan sel darah merah dan atau perdarahan sehingga tubuh akan kekurangan oksigen karena penurunan kapasitas angkut oksigen darah. Kadar hemoglobin yang lebih rendah disebabkan oleh kelainan pembentukan sel darah merah sehingga kadar hemoglobin tidak dapat dipertahankan dalam jumlah normal (Riawan, 2023). Penyebab terjadinya anemia dapat berupa faktor gizi dan faktor non gizi yaitu terkait dengan penyakit infeksi.

2. Anemia pada Remaja Putri

Pertumbuhan pesat pada masa remaja memerlukan asupan zat gizi yang lebih banyak. Hal ini disebabkan oleh peningkatan massa tubuh tanpa lemak, massa tulang, dan lemak tubuh yang terjadi selama pubertas, yang berujung pada meningkatnya kebutuhan zat gizi. Kebutuhan gizi harian remaja cenderung paling tinggi dibandingkan dengan masa kehidupan lainnya (Syahrial, 2021). Remaja putri termasuk kelompok yang rentan mengalami anemia, bahkan lebih rentan dibandingkan dengan remaja laki-

laki. Hal ini karena setiap bulan remaja putri akan kehilangan darah melalui haid atau menstruasi sehingga kebutuhan zat besi pada remaja putri tiga kali lebih besar dibandingkan pada laki-laki (Hamidiyah, 2020). Anemia pada remaja putri dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti menstruasi, penyakit infeksi seperti malaria, infeksi cacing, dan infeksi lainnya, serta diet yang tidak tepat yang dapat mengurangi asupan zat gizi yang cukup.

Anemia yang sering terjadi pada remaja putri yaitu anemia gizi besi. Anemia akibat defisiensi besi terjadi ketika tubuh kekurangan kadar zat besi sehingga tidak mampu mensintesis hemoglobin dan mengganggu proses pembentukan sel darah merah (eritropoiesis). Kekurangan zat besi pada remaja dapat menyebabkan gejala seperti pucat, lemah, lelah, dan pusing. Anemia pada remaja putri juga dapat mempengaruhi perkembangan kognitif yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam perkembangan psikomotor dan performa kognitif. Selain itu, anemia dapat menurunkan daya tahan tubuh terhadap infeksi sehingga tubuh rentan terkena penyakit (Syahrial, 2021).

3. Patofisiologi Anemia

Proses terjadinya anemia bervariasi, tergantung dari faktor penyebab utamanya. Salah satu penyebab utama anemia yaitu kurangnya asupan zat gizi. Selain dari asupan, anemia juga dapat terjadi karena kehilangan darah, gangguan penyerapan zat gizi, dan kondisi khusus yang menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan zat gizi. Anemia defisiensi besi menyumbang 50% dari semua anemia. Anemia defisiensi besi terjadi ketika kebutuhan zat besi tubuh melebihi ketersediaannya, sehingga tidak cukup untuk membentuk hemoglobin. Hal ini menyebabkan sel darah merah yang terbentuk memiliki ukuran lebih kecil (mikrositik) dan warna yang lebih pucat (hipokromik) (Halterman & Segel, 2022 dalam Mentari dkk., 2023).

Patofisiologi anemia defisiensi besi berkembang dalam tiga tahapan, yaitu, tahapan pertama dimulai dari berkurangnya kadar zat besi di

sumsum tulang, sehingga kadar feritin serum akan menurun akibat peningkatan penyerapan zat besi oleh mukosa usus. Secara bersamaan, hati akan mensintesis transferin sehingga terjadi peningkatan TIBC (*Total Iron Binding Capacity*) yaitu kemampuan darah untuk mengikat zat besi. Pada tahapan pertama ini belum ada gejala yang muncul, serta kondisi sel darah merah dan distribusinya masih normal. Selanjutnya pada tahapan kedua, terjadi gangguan dalam proses pembentukan sel darah merah (eritropoiesis) karena kekurangan zat besi. Hal ini ditandai dengan rendahnya kadar hemoglobin (Hb) dalam retikulosit. Meskipun begitu, belum tampak gejala klinis yang dapat dideteksi karena eritrosit yang beredar masih normal. Namun, jika kekurangan Hb terus berlanjut, akan terbentuk eritrosit yang lebih kecil ukurannya. Penurunan *serum iron* dan feritin menyebabkan peningkatan TIBC dan transferin, yang berfungsi untuk menangkap zat besi yang tersedia dalam sel-sel besi. Pada tahap ketiga, terjadi penurunan kadar Hb dan hematokrit akibat berkurangnya cadangan dan transportasi zat besi, yang berdampak pada penurunan produksi besi pada sumsum tulang. Pada fase ini, gejala-gejala anemia mulai muncul dan dapat terdeteksi secara klinis (Febriani dkk., 2021).

4. Karakteristik dan Faktor Risiko Anemia pada Remaja Putri

a. Status Gizi

Menurut WHO (*World Health Organization*), status gizi berfungsi sebagai indikator untuk menilai pertumbuhan serta kebutuhan zat gizi pada anak. Status gizi dapat diartikan sebagai kondisi kesehatan yang muncul akibat keseimbangan antara kebutuhan zat gizi tubuh dengan asupan zat gizi yang diterima oleh tubuh. Dengan kata lain, status gizi mencerminkan apakah seseorang mendapatkan cukup zat gizi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan, perkembangan, dan aktivitas sehari-hari. Status gizi dapat diukur dan dinilai melalui berbagai indikator seperti pengukuran antropometri, pemeriksaan klinis, dan uji biokimia (Kanah, 2020).

Salah satu indikator penilaian status gizi yaitu menggunakan pengukuran antropometri berat badan, tinggi badan, dan indeks massa tubuh (IMT). Berdasarkan PERMENKES RI No. 2 Tahun 2020 tentang Standar Antropometri Anak, rentang usia dikatakan anak adalah usia 0 (nol) bulan sampai dengan 18 (delapan belas) tahun. Pada remaja usia 16-18 tahun, indikator yang digunakan dalam menentukan status gizi yaitu IMT/U (Indeks Massa Tubuh menurut Umur), yang dihitung dengan rumus:

- 1) Jika IMT aktual lebih kecil dibandingkan IMT median, menggunakan rumus:

$$z\text{-score} = \frac{(\text{IMT aktual} - \text{IMT median})}{(\text{IMT median} - \text{IMT tabel} - 1 \text{ SD})}$$

- 2) Jika IMT aktual lebih besar dibandingkan IMT median, menggunakan rumus:

$$z\text{-score} = \frac{(\text{IMT aktual} - \text{IMT median})}{(\text{IMT tabel} + 1 \text{ SD} - \text{IMT median})}$$

Hasil perhitungan z-score IMT/U dikategorikan menjadi beberapa kategori status gizi sebagai berikut:

Tabel 2. Kategori Status Gizi Berdasarkan Indikator IMT/U

Kategori Status Gizi	Ambang Batas (Z-Score)
Gizi Buruk	< -3 SD
Gizi Kurang	-3 SD sd < -2 SD
Gizi Baik (Normal)	-2 SD sd +1 SD
Gizi Lebih	+1 SD sd +2 SD
Obesitas	> +2 SD

Menurut Thompson dalam penelitian Pasalina (2019) menyatakan bahwa status gizi mempunyai korelasi positif dengan konsentrasi hemoglobin, artinya semakin buruk status gizi seseorang maka semakin rendah kadar hemoglobin yang dimiliki orang tersebut. *Underweight* atau status gizi kurang berkaitan dengan defisiensi makronutrien dan mikronutrien yang tidak adekuat. Pada wanita dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) rendah, asupan makronutrien dan mikronutrien biasanya tidak mencukupi. Zat besi merupakan mikronutrien sebagai komponen utama dalam penyusun hemoglobin.

Sedangkan makronutrien utama yang berperan dalam metabolisme besi adalah protein. Defisiensi protein dapat mengganggu transportasi zat besi dan meningkatkan risiko infeksi. Beberapa mikronutrien yang berperan dalam penyerapan dan metabolisme zat besi meliputi asam folat, vitamin C, vitamin B12, vitamin A, seng (zinc), dan tembaga. Kekurangan makronutrien dan mikronutrien ini menyebabkan gangguan penyerapan dan metabolisme zat besi karena jumlah zat besi yang tersedia tidak cukup, sehingga sintesis hemoglobin terganggu (Pasalina, 2019).

Selain itu, *overweight* dan obesitas juga berkaitan dengan anemia, hal ini karena Penimbunan lemak di jaringan adiposa pada kondisi ini dapat menghambat penyerapan zat besi. Jaringan lemak pada obesitas memicu inflamasi kronis yang berkaitan dengan peningkatan sitokin proinflamasi. Sitokin ini merangsang pelepasan hepsidin dari hati dan jaringan adiposa, yang merupakan regulator utama homeostasis zat besi. Kadar hepsidin yang tinggi menghambat fungsi ferroportin, sehingga penyerapan zat besi di enterosit dan pelepasan zat besi dari makrofag retikuloendotelial terganggu, menyebabkan hipoferremia dan gangguan metabolisme zat besi yang berujung pada defisiensi zat besi (Pasalina, 2019).

b. Pola Menstruasi

Remaja putri memiliki risiko anemia yang lebih tinggi dibandingkan remaja putra, karena remaja putri mengalami menstruasi setiap bulan. Pola menstruasi mencakup serangkaian proses yang meliputi siklus menstruasi, lama perdarahan menstruasi, dan banyaknya darah yang hilang selama menstruasi. Siklus menstruasi merupakan waktu sejak hari pertama menstruasi sampai datangnya menstruasi periode berikutnya. Siklus menstruasi pada wanita normalnya berkisar antara 21-35 hari dengan lama menstruasi 3-5 hari atau 7-8 hari. Panjangnya siklus menstruasi ini dipengaruhi oleh

faktor-faktor seperti usia, berat badan, aktivitas fisik, tingkat stres, genetik dan asupan gizi (Suhariyati dkk., 2020).

Siklus menstruasi yang tidak teratur dapat menjadi salah satu faktor penyebab anemia. Kehilangan darah yang berlebihan saat menstruasi dapat menyebabkan anemia. Menstruasi yang berlangsung lebih dari 8 hari dan siklus menstruasi yang lebih pendek, yaitu kurang dari 28 hari, dapat meningkatkan kehilangan zat besi dalam jumlah yang lebih besar (Kirana, 2021). Banyaknya darah yang dikeluarkan oleh tubuh mempengaruhi kejadian anemia, karena wanita memiliki cadangan zat besi yang terbatas dan penyerapan zat besi yang rendah dalam tubuh, sehingga tidak dapat menggantikan zat besi yang hilang selama menstruasi.

c. Riwayat Penyakit Infeksi

Penyakit infeksi, terutama infeksi kronis dan infeksi parasit, telah diidentifikasi sebagai salah satu faktor yang berkontribusi terhadap kejadian anemia. Infeksi, baik akut maupun kronis, dapat menyebabkan peningkatan kadar leukosit (sel darah putih) dalam darah sebagai respons tubuh terhadap inflamasi. Salah satu contoh adalah infeksi malaria, di mana parasit *Plasmodium* menyerang dan menghancurkan sel darah merah, sehingga menyebabkan anemia berat melalui proses lisis eritrosit yang terinfeksi. Demikian pula, infeksi bakteri seperti demam tifoid (tipes) dapat menyebabkan komplikasi anemia berat akibat penghancuran eritrosit yang terinfeksi. Selain itu, infeksi cacing usus juga berperan penting dalam terjadinya anemia, karena cacing dapat mengganggu penyerapan zat besi dan menyebabkan kehilangan darah kronis (Takin dkk., 2023).

d. Asupan Zat Gizi yang Tidak Adekuat

Penyebab anemia defisiensi zat besi salah satunya adalah faktor asupan zat gizi, khususnya zat besi yang tidak mencukupi kebutuhan tubuh. Kekurangan zat besi menyebabkan tubuh tidak mampu memproduksi hemoglobin dalam jumlah yang cukup untuk

membentuk sel darah merah baru. Selain zat besi, kekurangan asam folat, vitamin B12, dan protein juga dapat menyebabkan anemia karena semua zat gizi tersebut berperan dalam sintesis hemoglobin dan produksi eritrosit (Helmyati dkk., 2024). Pada masa remaja, kebutuhan zat besi meningkat seiring pertumbuhan, sehingga asupan yang tidak adekuat akan meningkatkan risiko anemia. Selain itu, pola makan yang buruk dan penyerapan zat besi yang tidak optimal juga memperparah kondisi ini.

e. Kurangnya Kepatuhan Konsumsi Tablet Tambah Darah

Salah satu upaya untuk mencegah anemia pada remaja putri yaitu dengan rutin mengonsumsi Tablet Tambah Darah (TTD). TTD berfungsi menggantikan zat besi yang hilang akibat menstruasi sekaligus mencukupi kebutuhan zat besi yang belum terpenuhi dari makanan yang dikonsumsi sehari-hari. Pemerintah telah menetapkan program kesehatan yang bertujuan untuk menanggulangi masalah anemia yaitu Program pemberian Tablet Tambah Darah secara gratis kepada remaja putri. Program ini diatur dalam PERMENKES RI No. 88 Tahun 2014 yang menetapkan standar pemberian TTD bagi wanita usia subur dan ibu hamil. Selain itu, Surat Edaran Kementerian Kesehatan RI No. HK.03.03/V/0595/2016 juga mengatur pelaksanaan pemberian tablet tambah darah pada remaja putri dan wanita usia subur. Dengan dukungan program ini, diharapkan angka kejadian anemia pada remaja putri dapat berkurang secara signifikan.

Berdasarkan Depkes RI (2005) Tablet zat besi adalah tablet tambah darah yang berisi zat besi folat yang berbentuk tablet. Tiap tablet mengandung 200 mg sulfat ferrous (yang setara dengan 60 mg besi elemental) dan 0.25 mg asam folat (Sunarti, 2020). Remaja putri dianjurkan mengonsumsi tablet zat besi dengan dosis pencegahan yaitu 1 tablet per hari selama 10 hari saat menstruasi dan 1 tablet per minggu saat tidak menstruasi (Agustia dkk., 2024). Konsumsi TTD ini merupakan cara yang efektif dalam mengatasi anemia, ketika

dikonsumsi rutin dapat meningkatkan kadar hemoglobin (Hb) pada remaja putri.

C. Asupan Zat Gizi

Berdasarkan jumlah yang dibutuhkan oleh tubuh, zat gizi terbagi menjadi dua golongan yaitu zat gizi makro yang terdiri dari karbohidrat, protein, dan lemak, serta zat gizi mikro yaitu vitamin dan mineral.

1. Zat Gizi Makro

Zat gizi makro adalah kelompok zat gizi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah besar untuk menyediakan energi dan mendukung pertumbuhan serta fungsi fisiologis tubuh. Zat gizi makro terdiri atas karbohidrat, protein, dan lemak, yang masing-masing memiliki peran penting dalam metabolisme tubuh dan pembentukan komponen darah, termasuk sel darah merah.

a. Karbohidrat

1) Pengertian Karbohidrat

Karbohidrat adalah senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O). Karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi tubuh dan dibagi menjadi tiga bentuk utama yaitu monosakarida, disakarida, dan polisakarida (Almatsier, 2004).

2) Metabolisme Karbohidrat

Secara umum, metabolisme karbohidrat berperan dalam menyediakan glukosa sebagai sumber energi utama bagi aktivitas sel dalam tubuh makhluk hidup. Glukosa diedarkan ke seluruh tubuh melalui aliran darah. Sebagian glukosa yang tidak langsung digunakan untuk menghasilkan energi akan disimpan dalam bentuk glikogen di hati dan otot. Organ-organ seperti otak, sel darah merah, serta otot rangka yang aktif bergerak sangat mengandalkan pasokan glukosa untuk memenuhi kebutuhannya. Ketersediaan glukosa yang cukup mendukung kestabilan fungsi sel, sedangkan kekurangan glukosa dapat mengakibatkan kekosongan energi yang berdampak pada terganggunya aktivitas sel (Henggu & Nurdiansyah, 2021).

3) Kecukupan Karbohidrat

Angka kecukupan karbohidrat yang dianjurkan untuk remaja putri berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019 yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Angka Kecukupan Karbohidrat

Kelompok Umur	BB (kg)	TB (cm)	Kecukupan Karbohidrat (g)
16-18 tahun	52	159	300

Sumber: AKG berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019

4) Hubungan Asupan Karbohidrat dengan Kejadian Anemia

Beberapa jaringan seperti sistem saraf dan eritrosit hanya dapat menggunakan karbohidrat sebagai sumber energi. Hal ini dikarenakan eritrosit atau sel darah merah tidak memiliki mitokondria, sehingga tidak dapat menggunakan lemak atau protein sebagai sumber energi. Energi yang diperlukan untuk menjalankan fungsinya diperoleh dari jalur glikolisis anaerob yaitu pemecahan glukosa tanpa menggunakan oksigen. Sel darah merah memerlukan glukosa untuk membantu sintesis senyawa bisphosphogliserat yang berperan penting untuk proses pelepasan oksigen dari hemoglobin (Firani, 2017). Selain itu, karbohidrat memegang peranan penting karena merupakan sumber energi utama. Konsumsi karbohidrat yang mencukupi akan mencegah penggunaan protein untuk energi (Almatsier, 2004), sehingga asupan protein dapat dimaksimalkan dalam pembentukan hemoglobin.

b. Protein

1) Pengertian Protein

Protein merupakan zat gizi yang terdiri atas rantai-rantai panjang asam amino yang terikat satu sama lain dalam ikatan peptida. Molekul protein lebih kompleks daripada karbohidrat dan lemak karena keanekaragaman unit-unit asam amino yang membentuknya (Almatsier, 2004). Protein merupakan komponen utama dalam tubuh yang berperan sebagai reseptor pensinyalan sel, enzim, hormon, saluran ion, oksigen, pengangkut CO₂ pada hemoglobin, pembentuk otot, pengikat jaringan, dan masih banyak fungsi lainnya (Henggu & Nurdiansyah, 2021).

2) **Metabolisme Protein**

Secara metabolik protein dapat berfungsi sebagai sumber energi dalam bentuk glukosa dan trigliserida. Metabolisme protein dimulai dengan pemecahan molekul besar berbentuk peptida menjadi satuan terkecil berupa asam amino melalui proses enzimatik yang melibatkan enzim protease. Asam amino tersebut kemudian dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi dalam pembentukan ATP yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan sel (Henggu & Nurdiansyah, 2021).

3) **Kecukupan Protein**

Angka kecukupan protein yang dianjurkan untuk remaja putri berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019 yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. Angka Kecukupan Protein

Kelompok Umur	BB (kg)	TB (cm)	Kecukupan Protein (g)
16-18 tahun	52	159	65

Sumber: AKG berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019

4) **Hubungan Asupan Protein dengan Kejadian Anemia**

Selain karbohidrat dan lemak, tubuh juga dapat memanfaatkan protein untuk menghasilkan energi apabila karbohidrat dan lemak dalam tubuh tidak cukup untuk menghasilkan energi. Ketidakseimbangan zat gizi ini dapat menyebabkan anemia, khususnya pada remaja putri. Hal ini terjadi karena pemecahan protein tidak lagi ditujukan untuk pembentukan sel darah merah melainkan untuk memenuhi kebutuhan energi. Protein merupakan zat gizi yang berperan penting dalam membantu proses transportasi zat besi dalam tubuh. Di dalam protein terdapat zat pengangkut yaitu transferin dan ferritin yang membantu penyerapan zat besi di usus halus. Transferin mengandung besi ferros yang berfungsi mentranspor zat besi dari usus ke sumsum tulang untuk pembentukan hemoglobin, yaitu komponen utama sel darah merah yang berfungsi mengikat oksigen. Defisiensi protein dapat menghambat proses transportasi zat besi, sehingga menyebabkan anemia defisiensi besi (Hamidiyah, 2020).

c. Lemak

1) Pengertian Lemak

Lemak memiliki sifat yaitu tidak larut dalam air, namun dapat larut dalam pelarut nonpolar seperti klorofoam dan eter. Lemak merupakan makronutrien yang berperan sebagai cadangan energi yang disimpan dalam jaringan adiposa. Selain itu, lemak memiliki peran yaitu membantu penyerapan vitamin A, D, E, K (vitamin yang larut lemak), sebagai isolator suhu tubuh di jaringan subkutan dan organ tertentu, sebagai isolator listrik yang memungkinkan penyebaran cepat gelombang pada sistem saraf, kombinasi lemak dan protein (lipoprotein) berperan sebagai sarana pengangkutan lemak dalam darah, dan sebagai sumber pembentukan hormon-hormon tertentu salah satunya yaitu hormon reproduksi (Firani dkk., 2021).

2) Metabolisme Lemak

Di dalam makanan, Triasilgliserol (TG) merupakan lemak yang utama. Selain itu, di dalam makanan juga mengandung jenis lemak fosfolipid, kolesterol, dan kolesterol ester (kolesterol yang diesterifikasi menjadi asam lemak). Pencernaan lemak dalam usus diperankan oleh enzim-enzim pencernaan dari pankreas. TG dicerna oleh enzim lipase pankreas dengan menghidrolisis atau memecah TG menjadi asam lemak dan monoasilgliserol. Karena sifat lemak adalah tidak larut dalam air, maka lemak akan mengalami emulsifikasi (tersuspensi dalam partikel-partikel kecil di lingkungan berair membentuk misel akibat aksi garam empedu yang disekresi oleh kandung empedu. Lemak yang diemulsi ini memiliki luas permukaan yang meningkat dibandingkan dengan lemak yang tidak diemulsi, sehingga dapat lebih efisien dicerna oleh enzim pencernaan dari pankreas.

Selanjutnya, dalam proses pencernaan TG, sel epitel usus mensintesis ulang TG dari asam lemak dan monoasilgliserol, lalu TG tersebut dikemas dengan protein, apolipoprotein B-48, fosfolipid, dan ester kolesterol membentuk partikel lipoprotein terlarut yang disebut

kilomikron "baru lahir" (*nascent chylomicron*). Kilomikron yang belum matang ini disekresikan ke dalam aliran getah bening (limfe) dan masuk ke sirkulasi darah untuk mendistribusikan lemak makanan ke berbagai jaringan tubuh. Setelah berada dalam aliran darah, kilomikron berinteraksi dengan HDL (*High Density Lipoprotein*) dan menerima dua jenis apoprotein, yaitu apoprotein CII (apoCII) dan apoprotein E (apoE), sehingga terbentuklah kilomikron matang yang siap menjalankan fungsinya (Firani dkk., 2021).

3) Kecukupan Lemak

Angka kecukupan lemak yang dianjurkan untuk remaja putri berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019 yaitu sebagai berikut:

Tabel 5. Angka Kecukupan Lemak

Kelompok Umur	BB (kg)	TB (cm)	Kecukupan Lemak (g)
16-18 tahun	52	159	70

Sumber: AKG berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019

4) Hubungan Asupan Lemak dengan Kejadian Anemia

Lemak tidak menyebabkan anemia secara langsung. Tubuh manusia juga dapat menghasilkan energi dari metabolisme lemak yaitu gliserol melalui jalur reaksi glukoneogenesis. Glukoneogenesis merupakan upaya tubuh untuk mencukupi kebutuhan energi karena karbohidrat dalam tubuh tidak cukup untuk menghasilkan energi yang diperlukan oleh tubuh. Selain sebagai cadangan sumber energi, lemak juga berperan dalam membantu penyerapan zat besi. Salah satu mikronutrien yang dapat membantu penyerapan zat besi dan membantu proses pembentukan hemoglobin yaitu vitamin A. Vitamin A merupakan salah satu vitamin yang larut dalam lemak yang diabsorpsi tubuh bersama dengan lipida yang lain (Khofifah dkk., 2023). Apabila konsumsi lemak kurang, maka dapat menyebabkan kurangnya absorpsi vitamin A yang dapat berpengaruh pada penyerapan zat besi yang kurang optimal.

2. Zat Gizi Mikro

Zat gizi mikro adalah zat gizi yang diperlukan tubuh dalam jumlah kecil, namun memiliki peran vital dalam berbagai proses biologis, termasuk produksi hemoglobin dan fungsi sistem kekebalan. Zat gizi mikro meliputi vitamin dan mineral, di antaranya zat besi dan vitamin C yang memiliki hubungan erat dengan pencegahan anemia.

a. Zat Besi

1) Pengertian Zat Besi

Zat besi merupakan mikronutrien yang berperan penting dalam proses pembentukan sel darah yaitu sebagai komponen penyusun hemoglobin (eritrosit) dan sebagai komponen penyusun mioglobin yaitu protein pembawa oksigen ke dalam otot. Selain itu, zat besi juga berfungsi sebagai sistem pertahanan tubuh (Febriani dkk., 2021). Zat besi merupakan salah satu komponen penting yang diperlukan dalam proses pembentukan heme yang kemudian akan berikatan dengan rantai globin yang dihasilkan oleh asam amino, untuk membentuk hemoglobin yang berperan dalam proses pembentukan eritrosit (Firani, 2018).

2) Metabolisme Zat Besi

Metabolisme zat besi terjadi dalam tiga tahap yaitu fase luminal, fase mukosal, dan fase korporeal (Mentari dkk., 2023).

a) Fase Luminal

Pada tahap ini, zat besi masuk ke dalam lumen usus dalam dua bentuk yaitu besi heme dan besi non-heme. Besi heme yang umumnya berasal dari protein hewani, memiliki tingkat absorpsi dan bioavailabilitas yang lebih tinggi dibandingkan besi non-heme, yang lebih banyak ditemukan dalam protein nabati dan memiliki tingkat absorpsi serta bioavailabilitas yang lebih rendah. Zat besi dalam makanan kemudian diproses di usus halus yaitu duodenum.

b) Fase Mukosal

Ketika zat besi (Fe) masuk dalam lumen usus, fe masih dalam bentuk ferri (Fe^{3+}). Untuk dapat masuk ke dalam sel usus, ferri harus melalui transporter DMT1 (*Divalent Metal Transporter 1*), yaitu protein yang mengangkut zat besi ke dalam sel. DMT1 merupakan transporter utama yang berperan dalam penyerapan zat besi dari usus dan pengangkutannya ke dalam endosom sel usus. Ketika masuk sel usus, ferri harus diubah menjadi ferro (Fe^{2+}) oleh enzim DCYTB (*Duodenal Cytochrome b*) agar dapat diserap dengan baik. Setelah zat besi diserap, ada dua kemungkinan yang terjadi, yaitu zat besi disimpan dalam sel usus dalam bentuk ferritin atau diabsorpsi menuju pembuluh kapiler.

Tubuh memiliki mekanisme untuk mengontrol absorpsi zat besi. Jika kadar zat besi dalam tubuh sudah cukup, sel usus akan mengurangi penyerapan zat besi dan ferritin yang berlebihan akan dikeluarkan melalui feses. Pengaturan pengeluaran ferritin dari sel usus ke lumen usus diatur oleh hormon Hepsidin. Sementara itu, zat besi yang akan diabsorpsi menuju pembuluh darah, akan dikeluarkan dari sel usus melalui transporter ferroportin. Ferroportin merupakan protein yang berfungsi untuk mengeksport zat besi ke dalam darah. Ketika zat besi keluar dari sel usus, akan diubah kembali dalam bentuk ferri oleh enzim Fe Oxidase, yang mengoksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Ferri yang telah masuk ke dalam pembuluh darah akan berikatan dengan protein apo-transferin untuk membentuk transferin.

c) Fase Korporeal

Setelah transferin terbentuk, transferin membawa zat besi dalam bentuk darah menuju sumsum tulang, tempat dimana proses pembentukan eritrosit dan hemoglobin terjadi.

3) Kecukupan Zat Besi

Angka kecukupan zat besi yang dianjurkan untuk remaja putri berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019 yaitu sebagai berikut:

Tabel 6. Angka Kecukupan Zat Besi

Kelompok Umur	BB (kg)	TB (cm)	Kecukupan Zat Besi (mg)
16-18 tahun	52	159	15

Sumber: AKG berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019

4) Bahan Makanan Sumber Zat Besi Heme dan Non Heme

Dalam memenuhi kebutuhan zat besi, tidak hanya dilihat dari jumlah yang terdapat dalam makanan, namun juga diperhatikan faktor yang dapat meningkatkan penyerapan zat besi tersebut. Sebanyak 20% zat besi heme dan 5% zat besi non heme yang ada dalam makanan yang dapat diabsorpsi tubuh (Khoirunisa & Wirjatmadi, 2023).

Zat besi heme merupakan zat besi yang ditemukan dalam hemoglobin dan mioglobin pada daging hewan seperti daging sapi, unggas, dan ikan. Zat besi heme dapat diserap oleh tubuh dua hingga tiga kali lebih efektif dibandingkan dengan zat besi non-heme, karena terserap langsung melalui membran usus (Arianto & Syarifah, 2024). Sementara itu, zat besi non-heme merupakan zat besi yang penyerapannya lebih rendah dan memerlukan bantuan zat lain seperti vitamin C untuk meningkatkan penyerapannya. Zat besi non-heme umumnya berasal dari bahan pangan nabati, meskipun beberapa produk hewani juga ada yang mengandung zat besi non-heme seperti telur dan produk susu. Menggabungkan zat besi heme dan zat besi non-heme dapat meningkatkan penyerapan zat besi non-heme. Hal ini karena, daging merah, unggas, dan ikan mengandung senyawa yang terdiri dari asam amino yang mengikat zat besi dan mendukung penyerapannya. Susu, keju, dan telur tidak mengandung faktor ini dan tidak dapat mendukung penyerapan zat besi (Soleha dkk., 2020).

Berikut merupakan bahan makanan sumber zat besi heme dan non-heme:

Tabel 7. Bahan Makanan Sumber Zat Besi Heme dan Non Heme

Bahan Makanan	Kandungan Fe (mg) per 100 g
Heme	
Daging sapi	2,9
Daging ayam	1,5
Daging itik/bebek	1,8
Hati ayam	10,0
Hati sapi	6,5
Ikan segar	3,0
Ikan kering	1,6
Udang	8,0
Non-Heme	
Telur	4,9
Produk susu	2,7
Tahu	4,1
Tempe	4,0
Jamur	1,7
Kacang tanah	5,7
Kacang hijau	2,5
Kacang kedelai	6,9
Kangkung	2,3
Bayam	3,5
Sawi	2,9
Daun singkong	3,9
Brokoli	1,7

Sumber: Fasrini (2021)

5) Hubungan Asupan Zat Besi dengan Kejadian Anemia

Peran zat besi sangat penting dalam pembentukan hemoglobin dan eritrosit. Keberadaan zat besi di dalam tubuh serta pemenuhan kecukupan zat besi sangat berpengaruh pada patogenesis dari anemia defisiensi besi.

b. Vitamin C

1) Pengertian Vitamin C

Vitamin C atau dikenal sebagai asam askorbat, adalah antioksidan yang larut dalam air. Vitamin C berperan penting dalam mendukung sistem imun tubuh, baik imunitas bawaan maupun adaptif. Selain itu, vitamin C berfungsi sebagai antioksidan yang mampu menyumbangkan elektron, sehingga membantu melindungi biomolekul penting yang rusak akibat oksidan yang dihasilkan oleh proses metabolisme, paparan racun dan polutan.

2) **Metabolisme Vitamin C**

Vitamin C diserap di saluran cerna melalui transporter SVCT (*Sodium Vitamin C Co-Transporter*), terutama SVCT1 untuk penyerapan di usus dan ginjal, serta SVCT2 untuk distribusi ke jaringan. Setelah masuk ke dalam tubuh, vitamin C dapat mengalami oksidasi menjadi dehidroaskorbat, yang kemudian direduksi kembali menjadi bentuk aktif askorbat di dalam mitokondria dengan bantuan enzim dan glutathione. Setelah diserap, vitamin C akan ditransportasikan ke semua jaringan tubuh, dan kadar tertinggi ditemukan di kelenjar adrenal, hipofisis, dan retina (Hasan dkk., 2021).

3) **Kecukupan Vitamin C**

Angka kecukupan vitamin C yang dianjurkan untuk remaja putri berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019 yaitu sebagai berikut:

Tabel 8. Angka Kecukupan Vitamin C

Kelompok Umur	BB (kg)	TB (cm)	Kecukupan Vitamin C (mg)
16-18 tahun	52	159	75

Sumber: AKG berdasarkan PMK No. 28 Tahun 2019

4) **Hubungan Asupan Vitamin C dengan Kejadian Anemia**

Vitamin C tidak secara langsung menyebabkan anemia. Salah satu peran vitamin C dalam tubuh adalah meningkatkan penyerapan zat besi. Vitamin C bekerja dengan mereduksi besi feri menjadi bentuk fero di usus halus, sehingga lebih mudah diserap (Winarni dkk., 2020). Selain itu, vitamin C mencegah pembentukan hemosiderin, yaitu senyawa yang sulit dimobilisasi untuk melepaskan zat besi ketika tubuh membutuhkannya. Konsumsi zat besi non-heme bersama vitamin C dapat meningkatkan penyerapannya hingga empat kali lipat (Almatsier, 2004). Vitamin C juga berperan dalam memperbaiki status hematologi melalui mekanisme lain, seperti mengurangi pengaruh inhibitor pada bahan pangan nabati, misalnya tanin dalam teh (Ayupir, 2021). Selain itu, sebagai antioksidan, vitamin C melindungi sel darah merah dari kerusakan akibat radikal bebas (Thamrin dkk., 2021).