

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Kadar Hemoglobin pada Remaja

a. Remaja

Masa remaja adalah periode transisi penting dalam kehidupan manusia, menghubungkan fase anak-anak dan dewasa. Remaja merupakan kelompok usia mulai dari 10-18 tahun (Kemenkes, 2024). Pada masa ini, remaja mengalami pertumbuhan yang pesat serta perubahan kematangan fisiologis, yang menyebabkan peningkatan kebutuhan gizi. Perubahan yang terjadi selama masa remaja akan berpengaruh pada kebutuhan gizi, proses absorpsi, serta penggunaan zat gizi (Kusudaryati *et al.*, 2022).

Masalah gizi yang umum dihadapi oleh remaja terutama terjadi pada remaja putri yaitu anemia (Dineti, 2022). Anemia adalah kondisi dimana tubuh mengalami kekurangan sel darah merah, yang dapat mempengaruhi fungsi jaringan tubuh secara keseluruhan. Anemia sering terjadi pada remaja putri karena mengalami menstruasi, yang mengakibatkan kehilangan darah setiap bulannya (Kementrian Kesehatan RI, 2018).

b. Hemoglobin

1) Definisi Hemoglobin

Hemoglobin merupakan suatu protein tetramerik eritrosit yang mengikat molekul bukan protein, yaitu senyawa porfirin besi yang disebut heme (Kosasi *et al.*, 2015). Hemoglobin memiliki dua fungsi utama dalam tubuh manusia: pertama, mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh; kedua, mengangkut karbondioksida dan proton dari jaringan perifer kembali ke organ respirasi. Seseorang dengan kadar hemoglobin rendah disebut dengan istilah anemia. Saat kadar hemoglobin rendah jumlah sel darah merah pun akan rendah (Saraswati, 2021).

2) Pembentukan Hemoglobin

Proses pembentukan hemoglobin berlangsung di dalam sumsum tulang selama fase pematangan sel darah merah, kemudian zat besi dilepaskan dari komponen heme dan sebagian besar diangkut melalui plasma transferrin kembali ke sumsum tulang untuk digunakan dalam produksi sel darah merah baru dengan waktu sekitar 5-9 hari (Yusrin *et al.*, 2023). Sejalan dengan penjelasan Guyton dan Hall (2019) yang menyatakan bahwa sintesis hemoglobin membutuhkan waktu 7-10 hari hingga mencapai tahap matang dan siap diedarkan ke seluruh tubuh melalui sel darah merah. Masa hidup hemoglobin secara

langsung terkait dengan usia sel darah yang membawanya yaitu sekitar 120 hari.

Pada mitokondria zat besi yang dibawa oleh transferrin masuk dan bergabung dengan protoporfirin, setelah zat besi bergabung dengan protoporfirin, transferrin keluar dari mitokondria. Zat besi bergabung dengan protoporfirin menghasilkan molekul heme dan keluar dari mitokondria (Setyowatiningsih *et al.*, 2021). Pada setiap molekul heme yang berikatan dengan rantai polipeptida panjang disebut globin, yang disintesis oleh ribosom, membentuk subunit hemoglobin yang dikenal sebagai rantai hemoglobin. Setiap rantai memiliki berat molekul sekitar 16.000; keempat rantai ini kemudian akan saling berikatan secara longgar untuk membentuk molekul hemoglobin yang utuh (John E. Hall, 2015).

- 3) Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kadar Hemoglobin
 - a) Penyakit Kronik dan Infeksi

Penyakit kronik dan infeksi dapat menyebabkan penurunan nafsu makan, hal ini berdampak pada penurunan asupan zat gizi (Calder, 2015). Penyakit kronik dan infeksi juga mempengaruhi penyerapan zat gizi, penyimpanan, dan penggunaan berbagai zat gizi yang berkontribusi terhadap kurangnya kadar hemoglobin sehingga menyebabkan anemia. Anemia dapat menurunkan daya tahan tubuh

sehingga mudah terkena infeksi. Secara umum diketahui bahwa infeksi merupakan salah satu faktor yang menyebabkan anemia (Nurrahman *et al.*, 2020).

Salah satu penyakit infeksi yang mempengaruhi kadar hemoglobin yaitu Tuberkulosis. Tuberkulosis dapat menyebabkan anemia melalui peradangan kronis, yang mengganggu metabolisme besi dan produksi sel darah merah. TB juga dapat secara langsung menginfeksi sumsum tulang (Pratiwi, 2018).

b) Jenis Kelamin

Jenis kelamin dapat mempengaruhi pemilihan makanan, hal tersebut disebabkan remaja putri seringkali menjaga penampilan, keinginan untuk tetap kurus sehingga diet dan mengurangi porsi makan. Diet yang tidak seimbang dengan kebutuhan zat gizi tubuh dapat menyebabkan tubuh kekurangan zat besi dan apabila hal ini terjadi secara terus menerus dalam jangka panjang dapat mengakibatkan kadar hemoglobin terus berkurang. Perempuan lebih rentan mengalami penurunan kadar hemoglobin dibandingkan laki-laki, terutama selama menstruasi. Hal ini disebabkan oleh kehilangan darah yang terjadi setiap bulan (Vinny, 2020).

c) Usia

Seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan asupan zat gizi yang signifikan. Penurunan ini berdampak pada turunnya asupan sebagian besar zat gizi termasuk protein dan zat besi (Wakimoto and Block, 2015). Penurunan fisiologis juga biasa terjadi pada seseorang yang sudah lanjut usia. Penurunan fisiologis termasuk penurunan fungsi sumsum tulang belakang yang bertanggung jawab untuk memproduksi sel darah merah (Atik *et al.*, 2022).

d) Menstruasi

Menstruasi merupakan suatu proses fisiologis yang melibatkan pelepasan endometrium yang mengandung pembuluh darah setiap bulannya. Durasi menstruasi biasanya berkisar antara 3 hingga 5 hari, dengan volume darah yang keluar dalam satu siklus rata-rata sekitar 50 ml. Jika volume darah melebihi 80 ml, kondisi tersebut dianggap patologis. Selama masa reproduktif, wanita mengalami kehilangan darah akibat menstruasi, yang menyebabkan kehilangan zat besi sekitar 12,5 hingga 15 mg per bulan, atau sekitar 0,4 hingga 0,5 mg per hari. Kehilangan zat besi ini dapat mengakibatkan penurunan kadar hemoglobin dalam darah dan berpotensi menyebabkan anemia (Cahyani and Sulastri, 2024).

Perubahan hormonal selama siklus menstruasi dapat memengaruhi nafsu makan dan preferensi makanan. Beberapa wanita mengalami peningkatan keinginan untuk mengonsumsi makanan tinggi gula dan karbohidrat, yang dapat memengaruhi asupan zat gizi secara keseluruhan (Jones *et al.*, 2022).

5) Metode Pemeriksaan

Parameter yang digunakan untuk mengetahui seseorang mengalami anemia secara luas adalah dengan pemeriksaan kadar hemoglobin. Salah satu metode pemeriksaan kadar hemoglobin yaitu Metode *point of care testing* (POCT). *Point of Care Testing* (POCT) adalah salah satu metode yang direkomendasikan oleh WHO untuk pemeriksaan kadar hemoglobin (Hb) sebagai skrining kasus anemia. Pemeriksaan ini dilakukan di dekat pasien dengan menggunakan sampel darah kapiler dalam jumlah yang sedikit. Alat POCT dapat digunakan untuk berbagai pemeriksaan, termasuk kadar hemoglobin, gula darah, asam urat, dan kolesterol total. Metode POCT dikenal sebagai pemeriksaan yang sederhana, cepat, dan efisien (Zalfa *et al.*, 2024).

Hemoglobinometer digital merupakan alat yang termasuk dalam kategori *point of care testing* (POCT) yang potensial untuk skrining anemia di fasilitas kesehatan perifer.

Hemoglobinometer digital memiliki sensitivitas dan spesifitas yang tinggi (Yadav *et al.*, 2020). *Easy Touch*® *GCHB* adalah salah satu merek alat pengukur hemoglobin yang tersedia di pasaran. Alat ini termasuk dalam kategori *point of care testing* (POCT) atau alat tes diagnostik cepat yang dapat digunakan di tempat perawatan pasien. Metode yang digunakan oleh alat *Easy Touch*® *GCHB* umumnya adalah metode fotometri, di mana intensitas dan warna cahaya yang terpantul pada reagen di test strip diukur untuk menghasilkan nilai kuantitatif hemoglobin (Tambunan and Maritalia, 2023).

c. Anemia

1) Definisi Anemia

Anemia adalah kondisi di mana terjadi penurunan jumlah sel darah merah (eritrosit) dalam sirkulasi darah atau massa hemoglobin, sehingga tidak mampu memenuhi fungsinya sebagai pengangkut oksigen ke seluruh jaringan. Menurut WHO (2011), anemia didefinisikan sebagai keadaan di mana kadar hemoglobin (Hb) dalam darah berada di bawah tingkat normal. Secara laboratorik, anemia ditandai dengan penurunan kadar hemoglobin, jumlah eritrosit, dan hematokrit (Chasanah *et al.*, 2019)

2) Jenis- Jenis Anemia

- a) Anemia defisiensi besi yaitu kekurangan asupan besi pada saat makan atau kehilangan darah secara lambat atau kronis. Zat besi adalah komponen esensial hemoglobin yang menutupi sebagian besar sel darah merah
- b) Anemia megaloblastik. Anemia yang terjadi karena kelainan proses pembentukan DNA sel darah merah yang disebabkan kekurangan (defisiensi) vitamin B12 dan asam folat
- c) Anemia hipoplastik. Anemia yang terjadi karena kelainan sumsum tulang yang kurang mampu membuat sel-sel darah baru
- d) Anemia aplastik. Penderita mengalami pansitopenia, yaitu keadaan dimana terjadi kekurangan jumlah sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit. Anemia aplastik sering diakibatkan oleh radiasi dan paparan bahan kimia. Akan tetapi, kebanyakan pasien penyebabnya adalah idiopatik, yang berarti penyebabnya tidak diketahui. Anemia aplastik dapat juga terkait dengan infeksi virus dan dengan penyakit lain (Putra et al., 2024).

3) Gejala Anemia

Gejala yang umum dialami oleh penderita anemia meliputi 5 L (Lesu, Letih, Lemah, Lelah, Lalai), serta disertai dengan sakit kepala/pusing, penglihatan kabur, mudah mengantuk, cepat lelah, dan kesulitan dalam berkonsentrasi. Secara klinis, penderita anemia dapat dikenali melalui tanda "pucat" pada wajah, kelopak mata, bibir, kulit, kuku, dan telapak tangan (Kementrian Kesehatan RI, 2018).

4) Dampak Anemia

Menurut (Kementrian Kesehatan RI, 2018) anemia dapat menimbulkan berbagai dampak negatif pada remaja dan wanita usia subur (WUS), antara lain:

- a) Mengurangi daya tahan tubuh, sehingga penderita anemia lebih rentan terhadap infeksi.
- b) Mengurangi kebugaran dan kemampuan berpikir karena pasokan oksigen yang tidak mencukupi untuk sel otot dan sel otak.
- c) Mengakibatkan penurunan prestasi belajar dan produktivitas kerja atau kinerja.

Dampak anemia pada remaja dan wanita usia subur (WUS) dapat berlanjut hingga mereka menjadi ibu hamil, yang dapat mengakibatkan beberapa masalah serius (Kementrian Kesehatan RI, 2018), antara lain:

- a) Meningkatkan risiko PJT: Anemia dapat menyebabkan pertumbuhan janin terhambat, kelahiran prematur, berat badan lahir rendah (BBLR), serta gangguan tumbuh kembang anak seperti stunting dan masalah neurokognitif.
- b) Pendarahan sebelum dan saat melahirkan: Ibu hamil yang mengalami anemia berisiko tinggi mengalami perdarahan sebelum dan selama proses persalinan, yang dapat mengancam keselamatan baik ibu maupun bayi.
- c) Bayi lahir dengan cadangan zat besi rendah: Bayi yang lahir dari ibu yang mengalami anemia cenderung memiliki cadangan zat besi (Fe) yang rendah, sehingga mereka berisiko menderita anemia pada usia dini.
- d) Meningkatnya risiko kesakitan dan kematian neonatal: Anemia pada ibu hamil dapat meningkatkan risiko kesakitan dan kematian neonatal, serta komplikasi serius lainnya bagi bayi yang baru lahir.

2. Asupan Protein

a. Definisi Protein

Protein adalah makromolekul polipeptida yang terdiri dari sejumlah L-asam amino yang terhubung melalui ikatan peptida. Setiap molekul protein terdiri dari asam amino dengan urutan tertentu dan bersifat turunan. Asam amino terdiri dari unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen, di mana nitrogen menjadi

unsur utama yang menyumbang sekitar 16% dari berat protein. Selain itu, molekul protein juga dapat mengandung fosfor, belerang, dan beberapa jenis protein bahkan mengandung unsur logam seperti tembaga dan besi (Probosari, 2019).

b. Jenis-Jenis Asam Amino

Protein terdiri dari 20 asam amino. Setiap asam amino memiliki gugus α -karboksil, gugus α -amino primer, dan rantai samping yang disebut gugus R. Tidak seperti asam amino lainnya, prolin memiliki gugus amino sekunder. Rantai samping bervariasi dari satu asam amino ke asam amino lainnya. Secara nutrisi, asam amino dibagi menjadi 3 kelompok asam amino esensial, non-esensial, dan semi-esensial (Lopez and Mohiuddin, 2024).

1) Asam Amino Esensial

Asam amino esensial adalah asam amino yang tidak dapat disintesis oleh tubuh manusia atau mamalia lainnya sehingga harus diperoleh dari sumber makanan. Terdapat 9 jenis asam amino esensial yang terdapat pada protein yaitu histidin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan dan valin. Pada protein hewani terkandung semua asam amino esensial dalam jumlah yang cukup untuk kebutuhan tubuh. Sedangkan pada protein nabati kandungan asam amino esensial umumnya tidak lengkap atau jumlahnya tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan tubuh, terutama asam amino lisin dan

metionin. Kekurangan ini disebabkan oleh perbedaan komposisi protein pada jaringan tumbuhan yang lebih berfungsi untuk pertumbuhan dan perlindungan tanaman, bukan untuk sintesis protein tubuh manusia (Young, V. R., & Pellett, 2017).

2) Asam Amino Non-Esensial

Asam aminon non-esensial adalah asam amino yang dapat disintesis sendiri oleh tubuh manusia dari bahan baku lain (seperti asam amino lain, glukosa, atau asam lemak). Contoh asam amino non-esensial diantaranya alanin, asparagin, aspartat, glutamat dan serin

3) Asam Amino Semi-Esensial

Asam amino semi-esensial merupakan asam amino yang sebenarnya bisa dibuat tubuh, tetapi pada kondisi tertentu (misalnya masa pertumbuhan, penyakit, stres metabolik, atau pada bayi) produksinya tidak mencukupi, sehingga harus didapatkan dari makanan. Berikut asam amino semi-esensial (Gropper. S.S and Smith, 2020).

- a) Arginin, dibutuhkan lebih banyak saat masa pertumbuhan atau penyembuhan luka
- b) Histidin, esensial bagi bayi, sebagian dewasa juga membutuhkannya dari makanan
- c) Sistein, bisa dibuat dari metionin, tapi jika metionin rendah, sistein jadi semi-esensial

- d) Tirosin, bisa dibuat dari fenilalanin, tapi jika fenilalanin rendah, tirosin jadi semi-esensial
- e) Glutamin, dibutuhkan lebih banyak pada stres berat atau penyakit serius
- f) Prolin, penting pada pertumbuhan jaringan ikat dan penyembuhan luka
- g) Glisin., pada bayi prematur, kebutuhan melebihi kapasitas sintesis.

c. Fungsi dan Peran Protein

Protein merupakan zat utama pembentuk sel-sel tubuh dan digunakan sebagai sumber energi ketika karbohidrat dan lemak di dalam tubuh berkurang, selain itu berfungsi membantu pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan, dan juga mengatur proses metabolisme berupa enzim dan hormon untuk melindungi tubuh dari zat beracun atau berbahaya (Thamrin and Masnilawati, 2021).

Protein berbentuk transferrin berperan penting dalam mengangkut zat besi ke seluruh tubuh. Kurangnya asupan protein akan menyebabkan penghambatan transportasi zat besi, yang mengakibatkan kekurangan zat besi dan berpengaruh terhadap kadar hemoglobin. Protein transferrin memiliki peran sentral dalam metabolisme zat besi dalam tubuh. Transferrin bertanggung jawab untuk mengangkut besi dalam sirkulasi ke berbagai daerah yang

membutuhkannya, seperti dari usus ke sumsum tulang untuk membentuk hemoglobin baru (Thamrin and Masnilawati, 2021).

d. Metabolisme Protein

Metabolisme protein adalah serangkaian proses biokimia yang mencakup sintesis (anabolisme) dan pemecahan (katabolisme) protein dalam tubuh. Protein terdiri dari 20 jenis asam amino yang saling berikatan, dan merupakan komponen penting dalam struktur dan fungsi sel. Pada proses pencernaan, protein diuraikan menjadi asam amino melalui kerja enzim yang dihasilkan oleh organ pencernaan seperti lambung dan pankreas. Proses ini terdiri dari beberapa tahap, dimana protein yang dikonsumsi diuraikan menjadi peptida dan selanjutnya menjadi asam amino. Asam amino tersebut kemudian diserap oleh usus halus dan masuk ke dalam aliran darah untuk dimanfaatkan oleh sel-sel tubuh (Fairuz *et al.*, 2022).

Asam amino yang tersedia dalam tubuh digunakan untuk sintesis protein baru. Proses ini berlangsung di ribosom dan terdiri dari dua tahap utama yaitu transkripsi dan translasi. Pada tahap transkripsi, informasi genetik dari DNA dipindahkan ke mRNA. Kemudian, pada tahap translasi, ribosom membaca mRNA untuk membentuk rantai polipeptida yang akan dilipat menjadi protein fungsional (Fairuz *et al.*, 2022).

Metabolisme protein memainkan peran sangat penting dalam pembentukan sel darah merah. Protein merupakan salah satu zat gizi

esensial, berfungsi sebagai zat pembangun dan pengatur berbagai proses dalam tubuh. Kekurangan asupan protein dapat menghambat transportasi zat besi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan defisiensi besi (Salsabil and Nadhiroh, 2023).

e. Sumber dan Kebutuhan Protein

Sumber protein pada makanan dibagi menjadi bahan makanan hewani dan bahan makanan nabati. Protein hewani yang bersumber dari hewan, seperti daging, ikan, ayam, telur, susu, dan lain-lain. Sumber protein nabati bersumber dari tumbuh-tumbuhan, seperti kacang kedelai yang merupakan sumber protein nabati dengan mutu atau nilai tertinggi (Anissa and Dewi, 2021). Angka kecukupan protein wanita menurut Kemenkes RI tahun 2019 pada usia 13-18 tahun yaitu 65 g/hari (Kemenkes, 2019).

3. Asupan Zat Besi

a. Definisi Zat Besi

Zat besi (Fe) termasuk zat gizi mikro yang mempunyai peran penting bagi tubuh terutama dalam proses pembentukan hemoglobin (Hb). Zat besi juga berfungsi sebagai kofaktor untuk beberapa jenis enzim. Biasanya, manusia membutuhkan sekitar 20-25 mg zat besi setiap hari untuk memproduksi sel darah merah. Jumlah zat besi yang diserap tubuh adalah 1 mg, setara dengan 10-20 mg zat besi yang ditemukan dalam makanan. Zat besi merupakan mineral yang

dibutuhkan dalam jumlah kurang dari 100 mg/hari. Zat besi digolongkan sebagai mineral mikro (Muchtar and Effendy, 2023)

Tubuh manusia dewasa mengandung 3-5 gram zat besi. Zat besi merupakan zat gizi yang berperan dalam pembentukan hemoglobin, maka kekurangan zat besi dapat menyebabkan terjadinya anemia defisiensi besi yang ditandai dengan rendahnya kadar hemoglobin (Muchtar and Effendy, 2023). Fanti Septia Nabilla (2022) menyatakan kekurangan asupan zat besi dapat disebabkan karena rendahnya kandungan zat besi dari makanan yang dikonsumsi dan dalam waktu yang berkepanjangan menyebabkan kekurangan simpanan zat besi dalam tubuh yang berdampak pada proses pembentukan hemoglobin.

b. Fungsi dan Peran Zat Besi

Zat besi mempunyai beberapa peran penting dalam tubuh, yaitu sebagai pengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh, sebagai pengangkut elektron di dalam sel, dan juga sebagai bagian dari enzim di dalam jaringan tubuh (Thamrin and Masnilawati, 2021).

c. Metabolisme Zat Besi

Sumber zat besi untuk metabolisme berasal dari makanan dan proses penghancuran eritrosit (daur ulang) di retikuloendotelial oleh makrofag. Zat besi dari makanan umumnya hadir dalam bentuk ion ferri yang perlu direduksi menjadi ion ferro sebelum dapat

diserap. Proses penyerapan ini dipermudah oleh kondisi asam, seperti asam hidroklorida yang dihasilkan oleh sel parietal lambung, vitamin C, serta beberapa zat seperti fruktosa dan asam amino (Kurniati, 2020)

Setelah zat besi dalam bentuk ion ferro diserap oleh sel mukosa usus halus, di dalam sel tersebut ia akan teroksidasi kembali menjadi bentuk ion ferri, sebagian kecil dari ion ferri ini akan berikatan dengan apoferritin untuk membentuk ferritin, sementara sebagian besar akan direduksi kembali menjadi ion ferro yang kemudian dilepaskan ke dalam peredaran darah. Ion ferro ini akan direoksidasi menjadi ion ferri dan berikatan dengan transferrin untuk disimpan sebagai cadangan di hati, limpa, dan sumsum tulang dalam bentuk ferritin. Jika cadangan besi dalam tubuh menurun atau kebutuhan besi meningkat, maka penyerapan zat besi akan meningkat, begitupula sebaliknya apabila cadangan zat besi meningkat, penyerapan akan berkurang (Kurniati, 2020).

Zat besi berikatan dengan protoporfirin untuk membentuk heme, selanjutnya heme akan berikatan dengan rantai polipeptida yang nantinya akan membentuk satu rantai hemoglobin. Masing-masing rantai akan berikatan menjadi empat rantai yang disebut dengan hemoglobin lengkap (Putri *et al.*, 2022).

d. Sumber dan Kebutuhan Zat Besi

Sumber zat besi pada makanan dibagi menjadi zat besi heme dan zat besi non-heme. Zat besi heme bersumber dari hewani seperti ikan, hati ayam, daging ayam, daging sapi, dan lain-lain. Zat besi heme adalah komponen penting dari sel darah merah yang menyediakan transportasi oksigen ke seluruh tubuh. Penyerapan zat besi heme dari makanan yang mengandung daging yaitu sekitar 25%. Zat besi non-heme bersumber dari nabati seperti kacang merah, bayam, tempe, tahu, dan lain-lain (Ayuningtyas *et al.*, 2022). Ketersediaan biologis zat besi heme berada dalam rentang 15-30%, sedangkan zat besi non heme memiliki ketersediaan biologis yang lebih rendah, yaitu sekitar 5-10% (Putri and Fauzia, 2022).

Penyerapan zat besi non-heme dapat bervariasi dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk status zat besi individu, jumlah zat besi non-heme yang tersedia (Ayuningtyas *et al.*, 2022). Angka kecukupan zat besi wanita di Indonesia menurut Kemenkes RI tahun 2019 pada usia 13-18 tahun yaitu 15 mg/hari (Kemenkes, 2019).

e. Inhibitor Zat Besi

Inhibitor penyerapan zat besi yang dapat ditemukan dalam makanan antara lain fitat, tanin, kalsium, dan senyawa polifenol. Fitat umumnya terdapat pada sereal dan merupakan penghambat utama penyerapan zat besi karena asam fitat dapat mengikat zat besi,

sehingga menurunkan bioavailabilitasnya dalam tubuh manusia. Tanin, yang dapat dijumpai dalam teh dan kopi, juga mengikat zat besi, aluminium, dan kalsium untuk membentuk ikatan kompleks secara kimiawi. Ketika zat besi terikat, maka zat besi dalam makanan akan sulit diserap. Kekurangan zat besi dalam tubuh dapat mengganggu proses pembentukan sel darah merah dan menyebabkan anemia (Mardlotillah and Sumarmi, 2024). Kalsium, yang biasanya ditemukan dalam susu sapi, keju, dan produk olahan susu lainnya, dapat mengurangi penyerapan zat besi secara substansial jika dikonsumsi dalam jumlah 300–600 mg. Nilai gizi susu sapi secara keseluruhan terutama kandungan protein hewannya masih memberikan kontribusi positif pada status gizi, dan efek negatif terhadap penyerapan zat besi dapat diminimalkan dengan kombinasi pangan yang tepat. (Mardlotillah and Sumarmi, 2024).

f. Enhancer Zat Besi

Asam askorbat (Vitamin C) adalah salah satu komponen yang paling efektif dalam meningkatkan penyerapan zat besi. Cara kerjanya adalah dengan meningkatkan kelarutan zat besi melalui konversi bentuk ferri (Fe^{3+}) menjadi bentuk ferro (Fe^{2+}). Selain itu, asam askorbat juga dapat membentuk kompleks larut antara asam askorbat dan zat besi, sehingga memudahkan penyerapan zat besi oleh usus (Azkiyah, Noer and Rahmadiyah, 2021).

4. Hubungan Asupan Protein dengan Kadar Hemoglobin

Protein adalah zat gizi yang sangat penting bagi tubuh karena selain berfungsi sebagai sumber energi, protein juga berperan sebagai zat pembangun dan pengatur. Protein memiliki peran krusial dalam transportasi zat besi di dalam tubuh (Darma *et al.*, 2019).

Asupan protein yang cukup sangat penting untuk sintesis hemoglobin, karena protein menyediakan asam amino esensial yang dibutuhkan dalam produksi globin (komponen utama hb). Tanpa protein yang memadai, kemampuan tubuh untuk memproduksi sel darah merah yang sehat dan efektif mengangkut oksigen menjadi terganggu (Muchtar and Effendy, 2023)

Protein juga memiliki peran dalam transportasi zat besi di dalam tubuh. Kurangnya asupan protein dapat menghambat proses transportasi zat besi, sehingga dapat menyebabkan defisiensi besi dan penurunan kadar hemoglobin. Protein yang dikenal sebagai transferrin berfungsi secara sentral dalam metabolisme zat besi, karena transferrin mengangkut besi dalam sirkulasi ke berbagai bagian tubuh yang membutuhkannya, seperti dari usus ke sumsum tulang untuk membentuk hemoglobin baru (Thamrin and Masnilawati, 2021).

Besi tidak dapat diangkut ke eritroblas di sumsum tulang jika tidak terdapat cukup transferrin dalam tubuh. Kondisi ini akan mengganggu proses pembentukan hemoglobin, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan kadar hemoglobin (Wati *et al.*, 2022). Feritin

adalah protein lain yang juga penting dalam metabolisme besi; dalam kondisi normal, feritin menyimpan besi yang dapat digunakan kembali sesuai kebutuhan tubuh (Thamrin and Masnilawati, 2021).

Penelitian (Sholicha and Muniroh, 2019) menyatakan terdapat hubungan yang bermakna antara asupan protein dengan hemoglobin pada remaja putri di SMAN 1 Manyar Gresik dengan $p\text{-value} = 0,000$. Hasil uji statistik juga diperoleh $r = 0,663$ menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat, artinya semakin rendah asupan protein maka semakin rendah juga kadar hemoglobin.

5. Hubungan Asupan Zat Besi dengan Kadar Hemoglobin

Zat besi adalah mineral mikro yang sangat penting dalam proses pembentukan kadar hemoglobin di dalam tubuh. Zat besi biasanya diperoleh secara alami dari bahan makanan. Di dalam makanan, zat besi terdapat dalam dua bentuk: besi heme dan non-heme. Zat besi heme memiliki bioavailabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan besi non-heme (Kumairoh and Putri, 2021).

Zat besi memiliki peran krusial dalam fungsi neurotransmitter yang berhubungan dengan kognisi, pembentukan hemoglobin, serta membantu proses metabolisme tubuh dengan cara mengikat oksigen. Zat besi berikatan dengan protoporfirin untuk membentuk heme, yang kemudian akan berikatan dengan rantai polipeptida untuk membentuk satu rantai hemoglobin. Setiap rantai akan bergabung menjadi empat rantai yang membentuk hemoglobin lengkap (Putri *et al.*, 2022).

Kelebihan zat besi disimpan dalam bentuk protein feritin dan hemosiderin di hati, sumsum tulang belakang, serta di limpa dan otot. Jika simpanan zat besi cukup, kebutuhan untuk pembentukan sel darah merah di sumsum tulang akan selalu terpenuhi. Jumlah simpanan zat besi yang kurang dan asupan zat besi dari makanan juga rendah, akan menyebabkan ketidakseimbangan zat besi dalam tubuh. Akibatnya, kadar hemoglobin dapat menurun di bawah batas normal, yang dikenal sebagai anemia defisiensi besi (Darma *et al.*, 2019).

Penelitian (Silvia *et al.*, 2019) menyatakan terdapat hubungan yang bermakna antara asupan zat besi dengan kadar hemoglobin pada remaja putri di SMKN 10 Semarang. Hubungan ini bersifat positif, yang berarti semakin tinggi asupan zat besi, semakin baik kadar hemoglobin. Namun, kekuatan hubungan antara kedua variabel tersebut tergolong lemah. Pendapat ini juga didukung dengan pendapat Sriwiyanti *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa asupan zat besi memiliki hubungan yang signifikan dengan kadar hemoglobin, di mana asupan zat besi yang cukup dapat meningkatkan kadar hemoglobin dalam darah. Kekurangan zat besi menghambat sintesis hemoglobin, sehingga menyebabkan anemia pada remaja dan wanita muda.

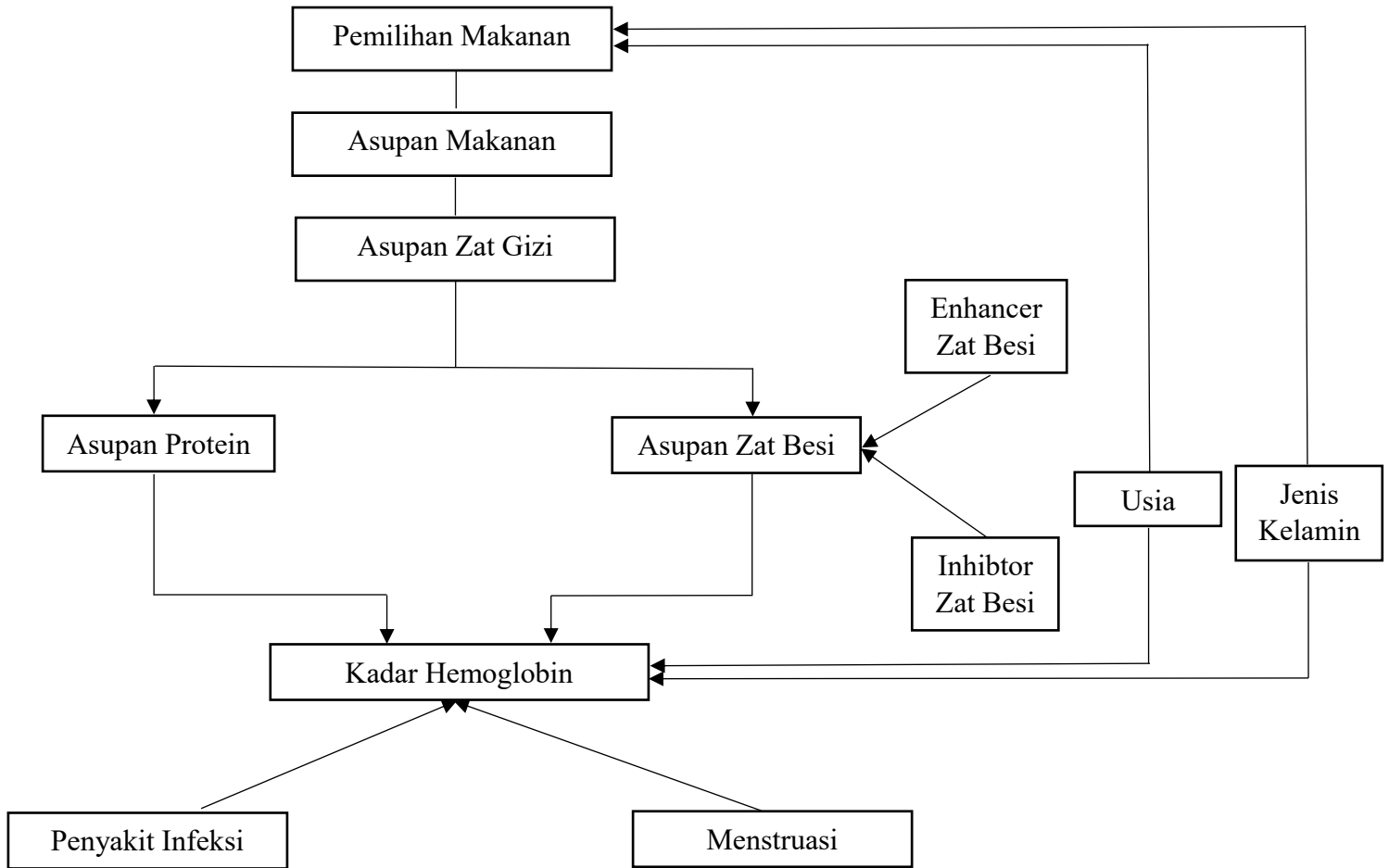
6. Pengumpulan Data Asupan Protein dan Zat Besi

Pengumpulan data asupan dilakukan dengan cara *Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire* (SQ- FFQ). SQ-FFQ merupakan jenis FFQ yang mencatat secara rinci jumlah makanan yang dikonsumsi pada setiap waktu makan, dengan rincian tersebut digambarkan dalam satuan Ukuran Rumah Tangga (URT) yang kemudian dikonversi ke dalam gram. Teknik pengolahan atau pemasakan makanan juga biasanya diperhitungkan dalam metode ini. Berbeda dengan FFQ yang bersifat kualitatif. Perhitungan asupan zat gizi harian menggunakan SQ-FFQ dilakukan dengan mengonversi jumlah konsumsi makanan menjadi rata-rata konsumsi per hari (Faridi *et al.*, 2022).

Kelebihan SQ-FFQ adalah selain mengetahui kekerapan konsumsi, SQ-FFQ juga dapat mengetahui ukuran porsi makan. SQ-FFQ mampu memberikan informasi yang lebih detail mengenai asupan zat gizi. Selain itu, SQ-FFQ relatif murah dan sederhana, dapat dilakukan mandiri oleh responden, tidak memerlukan latihan khusus, dan jumlah asupan makro dan mikronutrien per hari dapat ditentukan (Saputri, 2025)

Kekurangan metode SQ-FFQ adalah perlu kejujuran dan motivasi yang tinggi untuk menjawabnya. Selain itu SQ-FFQ juga bergantung pada ingatan responden. Daftar bahan makanan yang terlalu panjang dalam formulir SQ-FFQ dapat meningkatkan beban responden (Saputri, 2025).

B. Kerangka Teori



Gambar 2. 1 Kerangka Teori

Sumber : Modifikasi dari Vinny (2020), Quraini (2018), Ningsih (2021)