

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hemoglobin (Hb)

Hemoglobin (Hb) didefinisikan sebagai suatu kumpulan komponen pembentuk sel darah merah yang memiliki fungsi sebagai alat transportasi dari oksigen. Komponen yang terkandung dalam Hb adalah protein, garam, besi, dan zat warna. Hemoglobin berperan untuk pembawa oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh, sekaligus mengangkut kembali karbon dioksida menuju paru-paru. Sebagian besar cadangan zat besi tubuh tersimpan dalam hemoglobin. Sementara itu, mioglobin berfungsi menerima, menyimpan, dan melepaskan oksigen untuk kebutuhan sel-sel otot (Hardiansyah *et al.*, 2024). Bagian utama dari hemoglobin terdiri dari protein globin, zat besi, mineral, dan pigmen merah yang memberikan warna khas pada darah. Tingkat hemoglobin yang normal menunjukkan bahwa tubuh memiliki kemampuan yang memadai untuk mengedarkan oksigen ke seluruh jaringan, sehingga proses metabolisme dapat berlangsung dengan baik.

Ketika seseorang memiliki kadar hemoglobin yang rendah, keadaan ini disebut anemia. Anemia dapat menyebabkan lelah, konsentrasi belajar menurun sehingga prestasi belajar rendah dan dapat menurunkan produktivitas kerja. Disamping itu juga menurunkan daya tahan tubuh sehingga mudah terkena infeksi. Anemia dapat mempengaruhi tingkat kesegaran jasmani seseorang (Pay, 2021).

Tabel 2. 1 Batas Normal Kadar Hemoglobin (g/dL)

Jenis Kelamin	Nilai HB
Perempuan ≥ 18 tahun	$\geq 12,0$ g/dL
Laki-laki ≥ 18 tahun	$\geq 13,0$ g/dL

Sumber; (WHO, 2024)

B. Pembentukan Hemoglobin (Hb)

Proses pembentukan hemoglobin (Hb) dimulai dari adanya Protein dalam tubuh manusia berperan sebagai pembentuk butir-butir darah (hemopoiesis) yaitu pembentukan eritrosit dengan hemoglobin di dalamnya. Di dalam tubuh, zat besi tidak terdapat bebas, tetapi berasosiasi dengan molekul protein membentuk feritin. Feritin merupakan suatu kompleks protein-besi. Dalam kondisi transpor, zat besi berasosiasi dengan protein membentuk transferin. Transferin berfungsi untuk mengangkut besi di dalam darah, sedangkan feritin di dalam sel mukosa dinding usus halus selanjutnya hemoglobin terdiri dari protein yang kaya akan zat besi, protein membentuk globin yang dipecah menjadi asam amino untuk digunakan sebagai protein dalam jaringan. Zat besi dalam heme dari hemoglobin dikeluarkan untuk digunakan dalam pembentukan sel darah merah berikutnya.

Protein juga berfungsi untuk mengangkut zat besi yaitu melalui transferrin. Kekurangan asupan protein dapat menyebabkan gangguan transpor zat besi serta pembentukan hemoglobin (Ajeng, 2024). Faktor utama yang berperan dalam pembentukan sel darah merah adalah hormon glikoprotein. Faktor lain yang dapat mempengaruhi pembentukan eritrosit adalah protein, vitamin B2, B12, dan asam folat. Protein berperan sebagai komponen sel darah merah, vitamin B2 berperan dalam mengaktifkan asam folat menjadi koenzim dan

vitamin B12 berperan dalam pematangan sel darah merah dan asam folat dalam sintesis DNA berperan (Deoxyribonucleotide acid) dan pematangan sel darah. Zat besi, asam folat, dan vitamin B12 diperlukan untuk produksi eritrosit. Besi diperlukan untuk sintesis hemoglobin karena setiap molekul hemoglobin mengandung empat atom besi. Asam folat dan vitamin B12 diperlukan untuk sintesis DNA selama tahap awal pembentukan eritrosit di sumsum tulang merah. Vitamin B12 penting untuk perkembangan sel darah merah (Ajeng, 2024).

C. Fungsi Hemoglobin (Hb)

Hemoglobin berfungsi mengangkut oksigen dari paru-paru dan kemudian diantarkan ke seluruh tubuh dimana dalam hemoglobin terdapat zat besi yang berfungsi untuk mengikat oksigen. Hemoglobin selain pengangkutan oksigen ke jaringan tubuh juga sebagai pengangkutan karbondioksida dan proton dari jaringan perifer ke organ respirasi. Sebagai protein dalam eritrosit, memiliki peran utama dalam mengangkut oksigen dan karbondioksida antara paru-paru dan jaringan tubuh. Pemeriksaan kadar hemoglobin berguna untuk mengevaluasi tingkat anemia, respons terhadap pengobatan anemia, atau perkembangan penyakit yang terkait dengan anemia dan polisitemia (Atik, 2022).

D. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kadar Hemoglobin (Hb) pada Vegetarian

Kadar hemoglobin dalam tubuh dipengaruhi oleh beberapa faktor, kondisi ini terutama timbul akibat kurangnya asupan zat gizi mikro esensial, seperti

zat besi, asam folat, dan vitamin B12 kekurangan ini mengakibatkan penurunan kadar hemoglobin, gangguan pengiriman oksigen, dan peningkatan risiko komplikasi. Kadar hemoglobin rendah, dapat terjadi karena berbagai alasan, termasuk tidak mendapatkan cukup zat besi dalam makanan atau tidak dapat menyerap cukup zat besi dari makanan. Penyebab anemia lainnya termasuk penyakit termasuk kanker, HIV/AIDS, kehilangan darah akibat operasi, infeksi cacing tambang, malaria, dan banyak lainnya. Penurunan hemoglobin dalam tubuh juga banyak disebabkan oleh aktivitas tubuh, pola makan dan jenis kelamin, kurangnya istirahat dan sering begadang juga membuat kadar hemoglobin dalam tubuh menjadi turun dan menyebabkan anemia. Jika ini sering terjadi maka tubuh tidak bisa stabil dengan baik (Gemede *et al.*, 2025).

E. Dampak kekurangan Sel darah Merah

Kekurangan sel darah merah atau anemia terjadi ketika hemoglobin berada di bawah batas normal sehingga kemampuan darah mengangkut oksigen menurun, menyebabkan tubuh cepat lelah, lemas, pucat, sesak, dan gangguan konsentrasi akibat berkurangnya oksigenasi otak, pada laki-laki. Kekurangan sel darah merah disebut juga anemia yang dapat menurunkan kekuatan otot, VO_2 max, stamina, serta produktivitas karena Hb normal pria lebih tinggi sehingga penurunan kadar Hb di bawah 13 g/dL langsung berdampak pada aktivitas fisik. Pada perempuan, anemia lebih sering terjadi akibat kehilangan darah menstruasi dan meningkatnya kebutuhan zat besi selama kehamilan, sehingga lebih rentan mengalami gangguan menstruasi,

kelelahan berat, prematur, BBLR, dan perdarahan postpartum. Secara keseluruhan, anemia menyebabkan penurunan energi, gangguan imun, penurunan prestasi belajar pada remaja, menurunkan produktivitas kerja pada dewasa, dan meningkatkan risiko komplikasi serta berpotensi menurunkan kualitas hidup dan memicu masalah kesehatan jangka panjang bila tidak ditangani (Lubis *et al.*, 2023).

F. Vegetarian

1. Definisi Vegetarian

Vegetarian adalah individu yang menjalankan pola makan berbasis bahan pangan nabati, dengan kemungkinan tetap mengonsumsi produk seperti susu dan telur, namun secara umum menghindari konsumsi daging merah, unggas, dan hasil laut. Vegetarianisme memiliki peran yang kompleks dalam kaitannya dengan kesehatan dan nutrisi perempuan. Terdapat potensi manfaat, seperti peningkatan asupan zat gizi tertentu yang melindungi dari penyakit degeneratif, namun juga risiko defisiensi nutrisi esensial yang perlu diantisipasi. Di sisi lain, landasan etika yang menyertai pilihan vegetarian membuka ruang bagi pembahasan interdisipliner yang melibatkan aspek kesehatan, komunikasi gender, dan moralitas (Rianti *et al.*, 2025).

2. Klasifikasi Vegetarian

Vegetarian dikelompokkan sesuai susunan menu dan tingkat kesulitannya. Vegetarian yang hanya mengonsumsi makanan nabati disebut dengan vegan, sedangkan vegetarian yang mengonsumsi makanan

nabati, susu, dan produk olahannya disebut vegetarian Lacto. Vegetarian yang mengonsumsi makanan nabati, telur, susu dan produk olahan nabati lainnya disebut Vegetarian Lacto-Ovo. Dari jenis makanan yang dikonsumsi, vegetarianisme dapat dibedakan menjadi beberapa kategori (Junieni *et al.*, 2022).

1. Vegan, merupakan jenis vegetarian dengan aturan paling ketat dan sering disebut sebagai vegetarian murni karena mengonsumsi makanan yang tidak mengandung produk hewani, termasuk produk yang menggunakan hewan untuk menciptakan, memanen, menyiapkan atau mendapatkan keuntungan dari konsumsi manusia.
2. Lacto-vegetarian adalah kelompok vegetarian yang sepenuhnya tidak mengonsumsi daging, unggas, ikan atau telur tapi juga mengonsumsi produk susu.
3. Ovo-vegetarian adalah jenis vegetarian yang menghindari semua makanan berbahan dasar daging termasuk daging ternak, unggas, dan ikan serta tidak mengonsumsi susu maupun produk olahan susu. Namun, mereka tetap memasukkan telur dan berbagai olahan berbahan telur dalam pola makan mereka.
4. Lacto-ovo vegetarian adalah kelompok makanan tidak mengandung daging, unggas atau ikan tetapi mengonsumsi telur dan produk susu.

Kelompok lain mencakup *pescatarian*, yang tidak mengonsumsi daging merah dan unggas tetapi tetap makan ikan dan makanan laut, serta

fleksitarian, yang umumnya mengikuti pola makan vegetarian namun sesekali memasukkan sedikit daging atau ikan. Sebagai kesimpulan, vegetarianisme menunjukkan pola makan yang beragam yang bervariasi dalam pilihan makanan dan alasan untuk menjaga kesehatan yang baik (Junieni *et al.*, 2022).

3. Alasan Menjadi Vegetarian

Alasan setiap orang menjadi vegetarian berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya dan biasanya dipengaruhi oleh faktor kesehatan, agama, dan lingkungan secara bersamaan, faktor yang mempengaruhi menjadi vegetarian antara lain:

1). Alasan Kesehatan

Gaya hidup vegetarian dan kesadaran terhadap kesehatan berpengaruh terhadap minat beli konsumen dalam membeli produk-produk yang berbasis vegetarian. Ini menggambarkan bahwa seseorang yang menerapkan gaya hidup vegetarian dan peduli terhadap kesehatannya maka orang tersebut akan lebih cenderung untuk membeli produk-produk makanan yang berbasis vegetarian untuk meningkatkan kesejahteraan secara keseluruhan, mengurangi risiko penyakit kronis seperti penyakit jantung, diabetes, hipertensi, dan obesitas, serta untuk mempertahankan berat badan yang ideal (Sipayung, 2024).

2). Alasan Agama

Vegetarian yang dilakukan individu banyak yang berasal dari aliran kepercayaan agama Buddha yang diyakini dalam memilih

gaya makan mereka adalah bahwa mereka boleh mengonsumsi produk turunan daripada susu dan memakan telur. Namun dalam kepercayaan ini, para pemeluk tidak diperbolehkan mengonsumsi daging hewan apapun dan bawang di dalam lingkungan vihara dan menyarankan untuk semua pemeluknya untuk turut melakukannya diluar lingkungan vihara juga (Sipayung, 2024).

3). Alasan Lingkungan

Banyak vegetarian dan vegan memilih pola makan nabati karena alasan moral yang didasarkan pada rasa hormat terhadap makhluk hidup, kasih sayang, dan keberlanjutan. Mereka tidak menyetujui penderitaan hewan dengan menghindari produk hewani, seperti produk kulit dan bulu, dan penggunaan hewan untuk menggunakan produk tersebut. Alasan penting untuk menerapkan pola makan vegetarian adalah kepedulian terhadap lingkungan dan kebutuhan untuk memengaruhi situasi ekologis.

Pola makan yang kaya daging berkontribusi pada pemborosan tanaman dan air akibat peternakan hewan massal, menyebabkan polusi dan emisi gas rumah kaca yang signifikan, yang menyumbang sekitar 30% dari emisi global. Peternakan hewan menghasilkan CO₂ dan metana serta berkontribusi pada deforestasi dan hilangnya keanekaragaman hayati. Studi menunjukkan bahwa mengurangi konsumsi daging dapat mengurangi perubahan iklim (Dratwa *et al.*, 2024).

G. Pola Konsumsi Vegetarian

Pola konsumsi adalah susunan jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi oleh seseorang atau kelompok orang pada waktu tertentu. Pola makan vegetarian didefinisikan sebagai pola makan yang tidak mencakup daging merah, unggas, dan makanan laut, sedangkan pola makan vegan mengecualikan seluruh produk hewani termasuk susu, telur, dan madu. Pada populasi orang dewasa yang sehat, berbagai studi menunjukkan bahwa pola makan vegetarian maupun vegan berhubungan dengan penurunan kejadian penyakit kardiovaskular (PJK), angka kematian akibat penyakit kardiovaskular dan kanker, serta penurunan tekanan darah, kadar lipid darah, dan indeks massa tubuh dibandingkan pola makan non-vegetarian. Namun, beberapa penelitian mengindikasikan adanya potensi risiko, seperti peningkatan kejadian patah tulang dan kadar vitamin B12 yang lebih rendah. Pola makan vegetarian juga menunjukkan bahwa pola makan tersebut cenderung menghasilkan IMT yang lebih rendah dan memberikan efektivitas yang sebanding dengan pola makan non-vegetarian. Di sisi lain, pola makan ini dapat menurunkan kadar glukosa darah puasa.

Secara umum, pola makan vegetarian terdiri atas kelompok pangan utama seperti sereal, kacang-kacangan, sayur, dan buah. Sereal menjadi sumber energi utama dengan rekomendasi konsumsi sekitar lima porsi per hari untuk menunjang aktivitas harian. Kacang-kacangan berperan penting sebagai sumber protein nabati, zat besi, kalsium, seng, dan serat, dengan konsumsi ideal dua porsi per hari. Sayuran menyediakan berbagai vitamin dan mineral esensial dan dianjurkan dikonsumsi sebanyak empat porsi per hari. Sementara

itu, buah merupakan sumber serat, serta fitokimia yang berperan sebagai senyawa anti-kanker, sehingga direkomendasikan untuk dikonsumsi tiga porsi per hari dalam pola makan vegetarian (Raj *et al.*, 2025).

H. Protein

1. Definisi, Fungsi, dan Mekanisme Protein

Protein merupakan makronutrien penting bagi tubuh manusia, yang memungkinkan pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh. Protein menyediakan asam amino untuk membangun jaringan tidak hanya sekitar 25.000 protein yang dikodekan dalam genom manusia, tetapi juga senyawa nitrogen lainnya yang dibutuhkan untuk sistem struktural dan fungsional tubuh manusia. Dalam fisiologi manusia, protein sangat penting karena berfungsi sebagai bahan dasar untuk jaringan dan organ, membentuk kerangka struktural otot, kulit, rambut, dan jaringan ikat. Protein juga berfungsi sebagai enzim yang mempercepat reaksi biokimia, hormon yang mengatur proses fisiologis (seperti insulin dan hormon pertumbuhan), serta antibodi yang membantu melindungi tubuh dari infeksi (Park *et al.*, 2022). Dalam konteks hematologi, protein sangat penting untuk pembentukan hemoglobin (Hb), sel darah merah mengandung protein khusus yaitu hemoglobin untuk melakukan proses pertukaran gas antara O₂ dan CO₂, salah satu fungsi sel darah merah adalah mengangkut oksigen ke jaringan dan mengembalikan karbondioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru. Sel darah merah mengandung protein globular yang mengandung zat besi (Zalfa *et al.*, 2023).

Protein yang berasal dari sumber hewani disebut sebagai protein lengkap karena mengandung seluruh asam amino esensial dalam jumlah yang seimbang. Kekurangan asupan protein hewani dapat berdampak pada penurunan kadar hemoglobin dan meningkatkan risiko terjadinya anemia. Hal ini disebabkan karena protein hewani memiliki peran penting dalam membantu proses transportasi zat besi menuju sumsum tulang untuk pembentukan sel darah merah, serta meningkatkan penyerapan zat besi dalam tubuh. Selain itu, sumber protein hewani seperti daging, ikan, dan hati ayam tidak hanya menyediakan protein, tetapi juga mengandung zat besi heme yang berperan penting dalam pembentukan hemoglobin. Konsumsi protein hewani, terutama dari daging dan hati ayam, dapat membantu meningkatkan serta mempercepat penyerapan zat besi heme, yang merupakan komponen utama dalam proses pembentukan hemoglobin (Qurrotunnufus *et al.*, 2025).

Protein nabati dianggap tidak lengkap dan perlu digabungkan dengan sumber lain untuk memenuhi kebutuhan asam amino. Jenis protein nabati yang memiliki protein paling tinggi terdapat pada kacang kedelai yaitu terdiri dari protein albumin, protein globulin, protein larut basa dan protein larut alkohol. Sejumlah asam amino dan peptida rantai pendek dari protein dapat menghasilkan pemecahan protein yang digunakan sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhan kapang yang terdapat pada nabati salah satunya tempe. Mutu gizi tempe yang tinggi memungkinkan adanya penambahan tempe untuk meningkatkan mutu sereal dan umbi-umbian, sepotong tempe goreng (50 gram) sudah cukup untuk meningkatkan mutu gizi nasi sebesar 200 gram.

Tempe juga berpotensi memiliki peptida-peptida bioaktif bahkan lebih banyak dibandingkan produk hasil fermentasi bakteri asam laktat, seperti yogurt dan kefir. Hal ini disebabkan oleh aktivitas proteolitik atau derajat hidrolisis kapang yang lebih besar dibandingkan bakteri asam laktat (Astawan *et al.*, 2017). Kekurangan asupan zat gizi esensial, khususnya protein, dapat meningkatkan risiko terjadinya anemia. Hemoglobin tersusun atas dua komponen utama, yaitu globin yang merupakan protein dan heme yang bersifat non-protein. Kekurangan salah satu komponen tersebut dapat menghambat proses pembentukan hemoglobin. Defisiensi protein dapat mengganggu pembentukan hemoglobin, menurunkan ketersediaan zat besi, dan pada akhirnya berpotensi menyebabkan anemia (Hidayah *et al.*, 2025).

Asupan protein terbukti memiliki hubungan yang kuat dengan kadar hemoglobin dalam darah, protein dibutuhkan dalam pembentukan sel darah merah dan berperan dalam meningkatkan penyerapan zat besi, yang merupakan komponen utama hemoglobin (Venty *et al.*, 2025). Kekurangan protein dapat menyebabkan anemia dengan menghambat pembentukan sel darah merah, menurunkan sintesis hemoglobin, dan mengganggu produksi hormon eritropoietin. Selain itu, protein berfungsi sebagai zat pengangkut zat besi (transferin) dan penyimpan zat besi (ferritin); jika kurang, pemanfaatan zat besi dalam tubuh terganggu meskipun cadangan zat besi cukup (Sundjaya *et al.*, 2025).

Asupan protein berperan penting dalam sintesis hemoglobin karena sel eritroid membutuhkan protein pengikat besi (*iron-binding proteins*) untuk

proses pengambilan, transportasi, dan pemanfaatan zat besi selama eritropoiesis. Ketersediaan protein yang adekuat mendukung penggunaan zat besi di dalam sel eritroid untuk pembentukan hemoglobin, ketika gangguan pada metabolisme besi dan protein dapat berkontribusi terhadap terjadinya anemia (Testa *et al.*, 2025).

2. Hubungan Asupan Protein dengan Kadar Hemoglobin

Penelitian Leita (2024) menunjukkan bahwa terdapat hubungan protein yang cukup dengan kadar hemoglobin. Protein berperan penting dalam transportasi zat besi di dalam tubuh. Kurangnya asupan protein akan mengakibatkan transportasi zat besi terhambat sehingga akan terjadi defisiensi besi dan mengalami kekurangan kadar hemoglobin. Selain itu, protein (transferin) ini berperan sentral dalam metabolisme besi tubuh sebab transferin mengangkut besi dalam sirkulasi ke tempat-tempat yang membutuhkan zat besi, seperti dari usus ke sumsum tulang untuk membentuk hemoglobin yang baru (Thamrin *et al.*, 2021).

Protein memiliki peranan yang sangat penting dalam proses transportasi zat besi, dan kekurangan asupan gizi esensial, terutama protein, dapat menyebabkan anemia pada remaja putri. Hemoglobin terbentuk dari globin (protein) dan heme (non-protein) kekurangan keduanya dapat mengganggu pembentukannya. Kekurangan protein dapat mengganggu proses ini, menyebabkan kekurangan zat besi, dan berpotensi memicu anemia (Hidayah *et al.*, 2025)

3. Konsumsi Protein bagi Vegetarian

Seorang vegetarian, penting untuk memastikan kebutuhan protein tercukupi meskipun mereka tidak mengonsumsi produk hewani seperti daging, ayam, dan ikan. Kualitas protein dalam makanan berbeda tergantung pada profil asam amino, daya cerna, faktor antinutrisi, dan pengaruh pengolahan. Kualitas protein sangat penting untuk makanan nabati karena sumber protein nabati seringkali memiliki kualitas protein yang lebih rendah daripada sumber protein hewani karena proporsi asam amino esensial tertentu yang lebih rendah dan daya cerna protein yang lebih rendah. Sumber protein nabati seperti biji-bijian biasanya mengandung kadar asam amino esensial lisin yang rendah sedangkan kacang-kacangan mengandung kadar asam amino sulfur metionin dan sistein yang lebih rendah. Ketika protein nabati menjadi sumber protein utama dalam diet, disarankan agar berbagai makanan protein nabati, seperti kacang-kacangan, biji-bijian, dan polong-polongan, dikombinasikan dengan sereal untuk memastikan semua asam amino esensial dikonsumsi dalam jumlah yang cukup (Rolands *et al.*, 2025).

Seorang vegetarian perlu perencanaan makanan yang baik, karena jika hanya mengandalkan sedikit variasi bisa berisiko kekurangan. Kualitas protein sangat penting untuk pola makan nabati karena sumber protein nabati seringkali memiliki kualitas protein yang lebih rendah dibandingkan sumber protein hewani karena proporsi zat-zat tertentu yang terkandung di dalamnya lebih rendah. Dalam sebuah simulasi terbaru pada dewasa lanjut

usia, ketika diet hewani digantikan sepenuhnya oleh makanan nabati, asupan protein total dan kualitas protein menurun secara signifikan menunjukkan bahwa sekitar 60% protein pada vegetarian memiliki asupan protein di bawah kebutuhan nilai normal (Borkent *et al.*, 2025)

Tabel 2. 2 Bahan makanan sumber protein

Nama Bahan	Protein/100 (g)
Daging sapi tanpa lemak	19,6
Ikan Tuna	24,0
Telur ayam	12,4
Telur bebek	11,8
Telur puyuh	10,7
Susu cair	3,2
Yogurt	4,0
Keju rendah lemak	22
Susu almond	1,0
Susu kedelai	3,5
Kacang almond	21
Kacang tanah	29
Kacang merah	22
Kacang tolo	24
Kacang hijau	24
Gandum	14
Tahu	11
Tempe	21
Kembang tahu	50
Jambu biji	2,6
Alpukat	2,0
Sirsak	2,0
Nangka matang	1,2
Nanas	0,5

Sumber : Rofidah, (2024)

I. Zat Besi (Fe)

1. Definisi, Fungsi, dan Mekanisme Zat Besi

Zat besi merupakan elemen penting dalam hemoglobin, mioglobin, dan sejumlah enzim yang memiliki peran penting dalam proses oksidasi di dalam tubuh. Asupan zat besi mempunyai peranan yang penting untuk

pembentukan hemoglobin. Dengan asupan besi yang kurang dari AKG tidak akan langsung mempengaruhi kadar Hb karena tubuh masih memiliki cadangan besi di hepar, setelah cadangan besi ini habis, baru akan menyebabkan penurunan kadar Hb yang diawali dengan penurunan kadar feritin. Zat besi mempunyai beberapa fungsi esensial di dalam tubuh yang sebagai alat angkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh, alat angkut elektron di dalam sel sebagai bagian terpadu berbagai reaksi enzim di dalam jaringan tubuh (Thamrin *et al.*, 2021).

Zat besi tertinggi terdapat pada pangan hewani seperti hati, jeroan, serta daging merah memiliki tingkat penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan zat besi non-heme yang berasal dari pangan nabati seperti kacang-kacangan, biji-bijian, dan polong-polongan. Zat besi non-heme dari sumber nabati umumnya memiliki bioavailabilitas yang lebih rendah karena adanya senyawa antinutrien, seperti fitat, asam oksalat, dan polifenol, yang dapat mengikat zat besi dan menghambat penyerapannya di usus.

Meskipun demikian, mekanisme penyerapan zat besi dalam tubuh bersifat dinamis dan dapat beradaptasi. Beberapa antinutrien, khususnya fitat, dapat memicu adaptasi fisiologis berupa peningkatan efisiensi penyerapan zat besi di usus. Adaptasi ini diduga berkaitan dengan kadar hepcidin yang lebih rendah pada individu vegetarian, sehingga memungkinkan penyerapan zat besi yang lebih optimal sebagai respons kompensasi terhadap rendahnya bioavailabilitas zat besi nabati. Adaptasi

tersebut berperan penting dalam menjaga kecukupan zat besi untuk sintesis hemoglobin.

Hal ini didukung pada vegan jangka panjang yang menunjukkan bahwa tidak ada subjek dengan kadar hemoglobin di bawah batas anemia, meskipun tidak mengonsumsi produk hewani. Hal ini menunjukkan bahwa tubuh mampu mempertahankan kadar hemoglobin yang normal melalui peningkatan penyerapan zat besi dari sumber nabati (Moreno *et al.*, 2025). Kekurangan zat besi dapat menyebabkan anemia, yaitu kondisi di mana tubuh tidak memiliki cukup sel darah merah yang sehat untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh. Anemia dapat menyebabkan gejala seperti kelelahan, pusing, sesak napas, dan penurunan konsentrasi belajar (David *et al.*, 2022).

Zat besi memiliki peran penting yang berkaitan langsung dengan anemia, yaitu berfungsi dalam proses pembentukan dan peningkatan sel darah merah. Asupan zat besi yang tidak mencukupi dapat mengganggu keseimbangan zat besi dalam tubuh, proses penyerapan zat besi dari makanan, pemanfaatan cadangan zat besi, serta transportasi zat besi ke sumsum tulang. Kondisi tersebut akan menyebabkan penurunan kadar hemoglobin dan pada akhirnya dapat menimbulkan anemia akibat defisiensi zat besi (Anggraini *et al.*, 2021).

Kebutuhan tubuh akan zat besi dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti usia, jenis kelamin, dan kondisi fisiologis. Tubuh memperoleh besi dari sumber makanan, baik besi heme (dari makanan hewani seperti

daging merah dan ikan) maupun besi non-heme (dari makanan nabati seperti kacang-kacangan, kacang, dan sayuran berdaun). Bayi, anak-anak, dan perempuan yang berada dalam usia reproduksi memiliki kebutuhan yang lebih tinggi disebabkan oleh pertumbuhan tubuh dan kehilangan darah saat menstruasi. Wanita hamil terutama memerlukan tambahan besi guna mendukung perkembangan janin serta peningkatan volume darah. Secara rata-rata, pria memerlukan sekitar 0,8–10 mg zat besi per hari, sedangkan wanita memerlukan sekitar 18 mg, dan wanita hamil hingga 27 mg (Zych krekor *et al.*, 2025).

Zat besi berperan langsung dalam pembentukan hemoglobin melalui keterlibatannya dalam sintesis heme selama proses eritropoiesis di sumsum tulang. Zat besi yang diserap di usus akan diikat oleh protein pengangkut dan ditransportasikan ke sumsum tulang untuk digunakan dalam pembentukan heme, yang kemudian bergabung dengan globin membentuk hemoglobin (Testa *et al.*, 2025). Asupan zat besi tidak mencukupi, tubuh akan terlebih dahulu menggunakan cadangan besi yang tersimpan di hepar, yang ditandai dengan penurunan kadar feritin. Ketika cadangan besi menurun, ketersediaan zat besi untuk sintesis hemoglobin berkurang sehingga menyebabkan penurunan kadar hemoglobin dan berujung pada anemia defisiensi besi (Kolars *et al.*, 2025).

2. Hubungan Zat Besi dengan Kadar Hemoglobin

Penelitian Slywitch (2021)) menemukan bahwa asupan zat besi memiliki hubungan signifikan dengan kadar hemoglobin pada remaja vegetarian dengan desain penelitian cross sectional study, cara pengambilan sampel dengan total random sampling dan menggunakan uji spearman rank. Asupan zat besi non-heme (Fe^{3+}) dari makanan nabati perlu diubah dulu menjadi bentuk Fe^{2+} agar bisa diserap tubuh. Proses perubahan ini dibantu oleh enzim yang berada di permukaan sel usus. Setelah berubah menjadi Fe^{2+} , besi masuk ke dalam sel usus. Di dalam sel usus, Fe bisa disimpan sebagai ferritin jika tidak langsung dibutuhkan, atau dikirim ke aliran darah lewat protein Ferroportin (FPN1). Saat dilepaskan, zat besi kembali diubah menjadi Fe^{3+} oleh enzim seperti Hephaestin atau Ceruloplasmin, sehingga dapat terikat oleh Transferrin, yaitu protein pengangkut besi dalam darah (Silvestri *et al.*, 2023). Saat berada dalam darah, besi yang terikat Transferrin akan dibawa ke berbagai jaringan tubuh, termasuk sumsum tulang untuk pembentukan hemoglobin dan sel darah merah, serta ke hati, limpa, dan makrofag untuk disimpan. Jika tubuh kekurangan zat besi, cadangan dalam feritin akan digunakan. Namun, bila asupan dan penyerapan besi tidak mencukupi dalam jangka panjang, tubuh tidak bisa membentuk hemoglobin dengan optimal dan akhirnya dapat terjadi anemia defisiensi besi (Zhong *et al.*, 2025).

3. Konsumsi Zat Besi pada Vegetarian

Zat besi heme lebih mudah diserap oleh tubuh, zat ini banyak terdapat dalam bentuk hemoglobin dan mioglobin, yang bisa ditemukan pada makanan seperti daging, ayam, dan ikan. Besi heme adalah komponen penting dari sel darah merah yang menyediakan transportasi oksigen ke seluruh tubuh. Penyerapan rata-rata besi heme dari makanan yang mengandung daging adalah sekitar 25%. Penyerapan Zat besi non-heme merupakan zat yang diperoleh dari makanan nabati bagi vegetarian, karena zat besi ini umumnya terdapat dalam makanan nabati seperti kacang-kacangan, lentil, tofu, bayam, kacang, biji-bijian, dan sereal utuh (Afriandi dan Aktalina, 2023). Berbeda dengan zat besi heme yang berasal dari sumber hewani seperti daging dan ikan, zat besi non-heme tidak terikat pada hemoglobin atau myoglobin, sehingga diserap oleh tubuh masih kurang efisien. Konsumsi zat besi non-heme pada vegetarian memerlukan perhatian khusus karena meskipun banyak makanan nabati mengandung zat besi, bioavailabilitas besi non-heme lebih rendah dibandingkan besi heme sehingga risiko defisiensi lebih besar tanpa perencanaan diet yang tepat (Wonderen *et al.*, 2023).

Bagi vegetarian, memastikan asupan zat besi non-heme yang cukup sangat penting untuk mencegah anemia defisiensi zat besi, suatu kondisi yang dapat menyebabkan kelelahan, kelemahan, dan penurunan konsentrasi. Tumbuhan sebagian besar mengandung zat besi non heme, meskipun kandungan zat besinya tinggi, penyerapan zat besinya rendah akibat interaksi molekul-zat besi berbasis tumbuhan. Penyerapan zat besi non-

heme dapat ditingkatkan secara signifikan dengan mengonsumsi makanan yang kaya vitamin C (seperti buah citrus, tomat, atau paprika) saat makan, karena efek vitamin C telah terbukti bergantung pada dosis dan dapat meningkatkan penyerapan zat besi hanya ketika kedua nutrisi dikonsumsi bersamaan (Piskin *et al.*, 2022).



Tabel 2. 3 Bahan makanan sumber zat besi

Bahan Makanan	Zat Besi/100g
Daging ayam	1,5
Daging sapi	2,9
Daging kambing	1,0
Ikan sarden	2,5
Ikan kembung	1,5
Telur ayam	3,0
Telur puyuh	3,6
Telur bebek	2,8
Ati ampela ayam	6,0
Hati ayam	15,8
Hati sapi	9,0
Udang	1,8
Cumi-cumi	1,0
Kerang	28
Bayam	3,5
Kangkung	2,5
Sawi	2,0
Kacang panjang	0,7
Kacang polong	0,9
Brokoli	0,7
Selada	0,5
Seledri	1,0
Buncis	0,5
Oyong	0,5
Daun Katuk	2,7
Daun singkong	3,0
Tomat	0,5
Anggur	0,4
Pepaya	0,7
Belimbing	0,4
Kurma	1,5
Kismis	3,0
Kubis	0,7
Buah bit	0,8
Delima	0,3
Strawberry	0,8
Jamur kuping	3,0
Jamur enoki	1,0
Daun kelor	6,0

Sumber : Nurhidayati (2025)

J. Vitamin B12 (Kobalamin)

1. Definisi, Fungsi, dan Mekanisme Vitamin B12 (Kobalamin)

Vitamin B12 merupakan salah satu mikronutrien yang berperan penting dalam pembentukan sel darah merah, fungsi saraf, serta sintesis DNA. Vitamin ini memiliki karakteristik khusus karena secara alami hampir seluruhnya ditemukan pada pangan yang berasal dari hewan. Sumber utama vitamin B12 adalah produk hewani seperti daging, ikan, telur, susu, dan produk olahannya. Kandungan vitamin B12 pada hewani relatif tinggi karena vitamin ini diproduksi oleh mikroorganisme yang kemudian terakumulasi dalam jaringan hewan.

Sebaliknya, pangan nabati umumnya tidak mengandung vitamin B12 dalam jumlah yang signifikan, kecuali jika telah difortifikasi. Individu yang tidak mengonsumsi produk hewani, seperti vegetarian, memiliki risiko lebih tinggi mengalami kekurangan vitamin B12. Kekurangan vitamin B12 dapat berdampak pada gangguan pembentukan sel darah merah yang dapat menyebabkan anemia, serta gangguan sistem saraf (Mulyanti *et al.*, 2020). Vitamin B12 atau Cyanocobalamin merupakan vitamin larutan air yang memiliki struktur dengan ukuran paling besar di antara vitamin lainnya karena mengandung logam kobalt.

Fungsi Vitamin B12 adalah untuk perkembangan normal sel darah merah, sintesis DNA, dan mencegah anemia yang disebut pernicious anemia. Jumlah vitamin B12 dapat diperoleh dengan mengonsumsi tempe sebanyak satu takaran saji (sekitar 70 gram tempe). Hal tersebut memberikan keuntungan bagi vegetarain atau vegan karena konsumsi

tempe dapat mencegah berbagai gangguan kesehatan akibat kekurangan vitamin B12 (Astawan *et al.*, 2017).

Pola makan vegetarian berbasis tanaman kaya akan serat, vitamin C, folat, dan magnesium, tetapi kekurangan nutrisi termasuk vitamin D, zat besi, asam lemak tak jenuh ganda omega-3, dan vitamin B12 dapat terjadi. Vitamin B12 unik hanya disintesis oleh mikroorganisme dan dengan demikian pada dasarnya tidak ada dalam makanan yang berasal dari tumbuhan, kecuali melalui kontaminasi dengan tanah, paparan makanan yang mengandung vitamin B12, jika makanan berbasis tumbuhan diperkaya. Asupan vitamin B12 penting untuk fungsi neurologis, produksi sel darah merah, dan sintesis DNA. Kekurangan vitamin B12 dapat menyebabkan anemia megaloblastik dan neuropati perifer (Nicole *et al.*, 2022).

Vitamin B12 berperan penting dalam pembentukan hemoglobin melalui keterlibatannya dalam sintesis DNA dan pematangan sel darah merah selama proses eritropoiesis di sumsum tulang (Manasa, 2024). Vitamin B12 diperlukan untuk pembelahan sel yang normal pada eritroblas, sehingga defisiensi vitamin B12 menyebabkan gangguan pematangan sel darah merah yang ditandai dengan terbentuknya eritrosit berukuran besar (megaloblas) dengan fungsi yang tidak optimal. Kondisi ini mengakibatkan penurunan jumlah sel darah merah yang matang dan berfungsi, sehingga menurunkan kadar hemoglobin dalam darah dan menyebabkan anemia megaloblastik (Abdalaal *et al.*, 2025).

2. Hubungan Asupan Vitamin B12 dengan Kadar Hemoglobin

Penelitian Lee (2021) mengungkapkan bahwa ada hubungan antara status Vitamin B12 dengan status hemoglobin pada vegetarian. Hubungan antara asupan vitamin B12 dengan kadar hemoglobin sangat erat, karena vitamin B12 memiliki peranan dalam pembentukan dan pematangan sel darah merah (eritrosit). Kekurangan vitamin B12 dan asam folat kedua zat ini diperlukan untuk pembentukan sel darah merah yang sehat. Kekurangan vitamin B12 dapat disebabkan oleh pola makan vegetarian yang tidak memperhatikan sumber vitamin B12, yang umumnya ditemukan dalam produk hewani. Kondisi ini menyebabkan terjadinya suatu jenis anemia yang disebut anemia megaloblastik, yang ditandai dengan kadar hemoglobin yang rendah, kelelahan, kelemahan, dan kulit yang pucat. Asupan vitamin B12 yang cukup sangat penting untuk menjaga produksi sel darah merah yang normal dan untuk memastikan bahwa hemoglobin dapat mengangkut oksigen secara efektif ke seluruh tubuh

Selain itu, vitamin B12 berfungsi bersinergi dengan folat (Vitamin B9) dan besi, yang keduanya juga penting untuk sintesis hemoglobin. Folat membantu dalam sintesis DNA, sementara zat besi merupakan komponen utama dari kelompok heme dalam molekul hemoglobin. Kekurangan vitamin B12 dapat secara signifikan mengurangi konsentrasi hemoglobin dan mengurangi kemampuan transportasi oksigen (Abdalaal *et al.*, 2025)

3. Konsumsi Vitamin B12 pada Vegetarian

Setiap orang yang menjalani vegetarian atau vegan yang ketat berpotensi tinggi mengalami kekurangan vitamin B12, karena makanan yang berasal dari tumbuhan secara alami tidak mengandung vitamin ini kecuali telah menjalani proses fortifikasi (penambahan zat gizi) (Junieni *et al.*, 2022). Sumber utama vitamin B12 untuk vegetarian meliputi makanan yang telah diperkaya, seperti sereal sarapan, susu nabati (kedelai, almond, oat), sehingga produk daging pengganti berbasis nabati yang diperkaya dengan vitamin B12. Asupan makanan yang diperkaya kobalamin secara teratur (kebanyakan sereal siap saji, roti, ragi nutrisi, produk pengganti daging, seperti tahu, dan pengganti susu, misalnya susu kedelai, susu almond, dan susu beras) dan/atau suplemen yang mengandung kobalamin direkomendasikan bagi orang-orang yang menjalani pola makan nabati untuk mencegah defisiensi vitamin B12 (Moravcova *et al.*, 2025).

Tabel 2. 4 Bahan makanan sumber Vitamin B12

Bahan Makanan	Vitamin B12/100 mcg
Daging ayam	0,5
Daging Sapi	2,5
Daging kambing	2,0
Telur bebek	2,0
Telur ayam	1,0
Telur puyuh	2,0
Tempe	0,08
Ikan kembung	4,0
Ikan kakap	2,0
Ikan tongkol	3,0
Udang	5,0
Kerang	20
Ikan Mas	25
Susu UHT	0,5
Susu beruang	0,5
Susu full cream	0,4
Susu skim cair	0,4
Susu bubuk full cram	4,0
Susu kental manis	0,5
Susu evaporasi	0,4
Yogurt plain	1,0
Keju cheddar	2,5
Keju Mozazarella	2,0

Sumber : Rakusa (2023)

Tabel 2. 5 Angka Kecukupan Gizi Protein, Zat besi dan Vitamin B12

Kelompok Umur	Protein (gr/hr)	Zat Besi (mg/dl)	Vit B12 (mg/hari)
Laki-laki			
16-18 tahun	75	11	4,0
19-29 tahun	65	9	4,0
30-49 tahun	65	9	4,0
50-64 tahun	65	9	4,0
65-80 tahun	64	9	4,0
Perempuan			
16-18 tahun	65	15	4,0
19-29 tahun	60	18	4,0
30-49 tahun	60	18	4,0
50-64 tahun	60	8	4,0
65-80 tahun	58	8	4,0

Sumber:Permenkes, (2019)



K. Metode Semi Food Frequency Questionare

Metode Semi FFQ melihat bahan makanan yang dikonsumsi oleh sampel yang menampilkan frekuensi pangan menurut kelompok pangan dan sumber-sumber tertentu yang diteliti. Metode ini di modifikasi menjadi metode kuesioner semi kuantitatif, dengan metode ini dapat menilai frekuensi penggunaan pangan atau kelompok pangan tertentu (misalnya: sumber lemak, protein, vitamin, dan lain-lain) dengan dalam waktu kurun yang lebih spesifik (misalnya: per hari, minggu, bulan, atau pun tahun) dan sekaligus memperkirakan konsumsi zat besinya (Widajanti, 2009).

1. Kegunaan Semi Food Frequency Questionare

Responden menanyakan berapa kali sehari, seminggu, sebulan makanan tersebut dikonsumsi. Kuesioner ini biasanya menggunakan ukuran standar porsi yang diperoleh dari data populasi. Metode ini biasanya digunakan untuk mencari hubungan antara kebiasaan makanan dengan penyakit. Kuesioner frekuensi makanan dapat pula digunakan secara bersamaan dengan metode yang bersifat lebih kuantitatif. Data kuesioner makanan sering digunakan untuk mengurut subjek kategori asupan rendah, menengah, dan tinggi dari makanan tersebut. Data ini merupakan data pendahuluan yang digunakan sebagai petunjuk untuk melakukan penelitian yang lebih mendalam (Almatsier, 2010).

2. Langkah-Langkah Penggunaan Semi FFQ

- a. Pertama-tama memperkenalkan diri terlebih dahulu kemudian jelaskan maksud dan tujuan dari survei.
- b. Melakukan pendekatan pada responden.

- c. Menanyakan kepada responden untuk siap atau tidaknya terlibat atau berkontribusi dalam penelitian.
- d. Mulai menanyakan kepada responden dari makanan pokok, atau sumber karbohidrat yang biasanya dikonsumsi dan seterusnya.
- e. Mengisi kolom perhari, minggu, bulan, ataupun tahun dengan frekuensi suatu makanan atau bahan makan tertentu.
- f. Mengkaji jumlah frekuensi rata-rata perhari dengan ukuran rumah tangga (URT) dan berat patokan sedang tersedia sehingga akan ditemukan berat pangan yang dikonsumsi memiliki porsi lebih kecil atau lebih besar.
- g. Melakukan perhitungan nilai zat gizi pangan dari berat tiap pangan ke dalam zat gizi dengan menggunakan daftar komposisi bahan makanan pengolah zat gizi seperti nutrisurvey setelah itu bandingkan dengan AKG (Widajanti, 2009).

L. Pengukuran Keragaman Konsumsi Pangan dengan Metode DDS (*Dietary Diversity Score*)

Dietary Diversity Score (DDS) merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk menilai kualitas konsumsi pangan berdasarkan banyaknya kelompok makanan yang dikonsumsi. DDS tidak ditentukan oleh jenis pola makan tertentu, melainkan oleh tingkat keberagaman kelompok pangan dalam konsumsi sehari-hari. DDS tetap dapat digunakan pada individu dengan pola makan vegetarian, selama kelompok pangan yang dinilai disesuaikan dengan jenis makanan yang mereka konsumsi. Penelitian Asante, (2021) menunjukkan bahwa DDS dapat digunakan untuk menilai keberagaman konsumsi dan kecukupan gizi pada kelompok vegetarian, sehingga metode ini relevan untuk digunakan baik pada individu yang mengonsumsi makanan hewani (omnivora) maupun vegetarian.

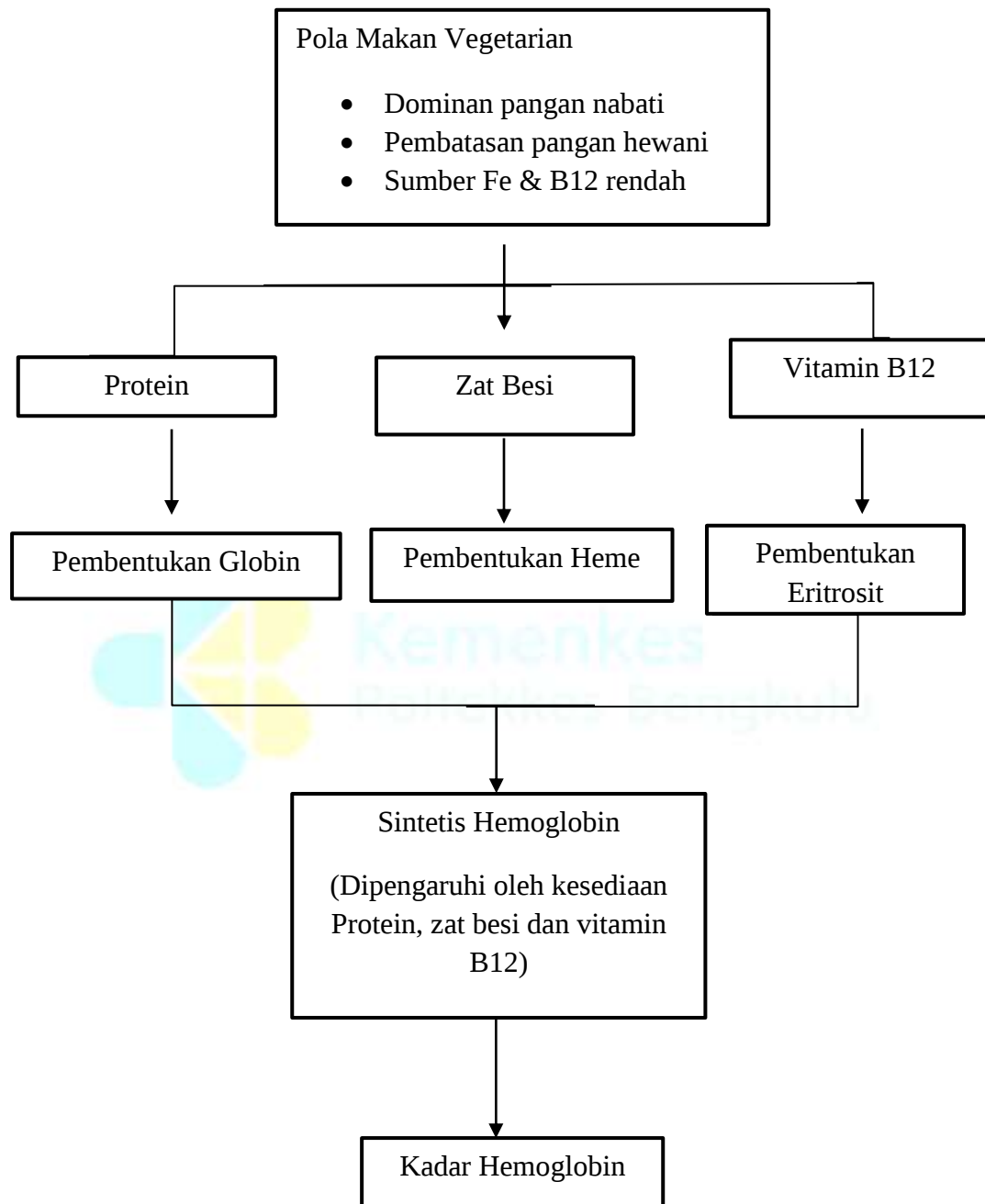
Dalam pengukurannya, makanan yang dikonsumsi dikelompokkan ke dalam sembilan kelompok pangan, yaitu makanan pokok bertepung, sayuran berdaun hijau gelap, buah dan sayuran sumber vitamin A, buah dan sayuran lainnya, jeroan, daging dan ikan, telur, kacang-kacangan serta biji-bijian, serta susu dan produk olahannya. Setiap kelompok pangan diberikan skor 1 apabila dikonsumsi dan skor 0 apabila tidak dikonsumsi. Seluruh skor dari masing-masing kelompok kemudian dijumlahkan untuk memperoleh total skor keragaman diet, dengan nilai maksimum sebesar 9. Semakin tinggi skor yang diperoleh, maka semakin beragam konsumsi pangan seseorang (Asante *et al.*, 2021).

Pada umumnya DDS dihitung menggunakan recall 24 jam, tetapi penelitian (Kim, 2022) telah menggunakan Food Frequency Questionnaire (FFQ) atau Semi Quantitative Food Frequency Questionnaire (SQ-FFQ) sebagai dasar perhitungan DDS untuk menggambarkan pola konsumsi pangan yang lebih habitual, dengan menggunakan SQ-FFQ untuk memperoleh data konsumsi pangan dan menghitung DDS berdasarkan kelompok pangan yang dikonsumsi responden, sehingga penggunaan SQ-FFQ dalam perhitungan DDS dapat digunakan untuk menilai keberagaman konsumsi pangan dalam periode waktu tertentu.



M. Kerangka Teori

Dari pembahasan diatas, maka penelitian ini dibuat kerangka teori sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka Teori

N. Hipotesis

Ho : Tidak ada hubungan pola konsumsi protein, zat besi dan vitamin B12 dengan kadar hemoglobin pada komunitas vegetarian di Kota Bengkulu 2026.

Ha : Ada hubungan pola konsumsi protein, zat besi dan vitamin B12 dengan kadar hemoglobin pada komunitas vegetarian di Kota Bengkulu 2026.

