

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Hemoglobin

2.1.1 Definisi Hemoglobin

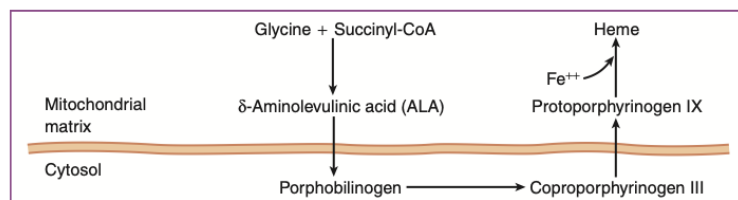
Sel darah merah memiliki fungsi utama dalam mengangkut oksigen (O_2) ke jaringan tubuh dan membawa kembali karbondioksida (CO_2) ke paru-paru. Proses pertukaran gas ini dapat terjadi karena keberadaan protein khusus dalam sel darah merah, yaitu hemoglobin. Hemoglobin merupakan senyawa protein kompleks yang terdiri dari heme yang kaya akan zat besi serta globin. Hemoglobin juga berperan dalam mengangkut karbon dioksida dari tubuh ke paru-paru untuk dikeluarkan sebagai produk metabolisme¹⁹.

2.1.2 Mekanisme Pembentukan Hemoglobin

Pembentukan hemoglobin (Hb) merupakan proses kompleks yang terjadi di dalam sel eritroid di sumsum tulang dan terdiri dari tiga komponen utama: sintesis rantai globin, sintesis heme, dan regulasi pembentukan hemoglobin. Rantai globin merupakan bagian protein dari Hb dan disintesis di sitoplasma eritroblas melalui proses transkripsi dan translasi. Gen pengkode rantai globin berada pada kromosom 16 untuk rantai alfa (gen HBA1 dan HBA2) dan pada kromosom 11 untuk rantai beta (gen HBB). Gen-gen ini akan ditranskripsi menjadi mRNA yang kemudian akan diterjemahkan oleh ribosom menjadi polipeptida globin. Polipeptida ini kemudian bergabung dengan molekul heme untuk membentuk subunit hemoglobin fungsional. Jenis rantai globin yang disintesis juga bergantung pada usia, seperti hemoglobin janin (HbF: $\alpha_2\gamma_2$) yang nantinya akan berganti menjadi hemoglobin dewasa (HbA:

$\alpha_2\beta_2$).²⁰ HbA2 (hemoglobin A2) adalah salah satu bentuk hemoglobin dewasa yang terbentuk melalui proses biosintesis yang sama, di mana rantai globin hasil transkripsi dan translasi gen HBA dan HBB bergabung dengan molekul heme untuk menghasilkan hemoglobin fungsional yang berperan dalam pengangkutan oksigen pada individu dewasa.

Sintesis heme berlangsung melalui jalur multi-tahap yang melibatkan mitokondria dan sitoplasma. Proses ini dimulai di mitokondria dengan penggabungan suksinil-CoA dan glisin oleh enzim δ -ALA synthase, membentuk δ -aminolevulinic acid (ALA), yang merupakan tahap penghalang laju. ALA kemudian diproses di sitoplasma menjadi porphobilinogen dan melalui beberapa langkah enzimatik lain membentuk uroporphyrinogen III dan coproporphyrinogen III. Produk ini kembali ke mitokondria untuk membentuk protoporphyrin IX, yang kemudian dikonversi menjadi heme melalui penambahan ion besi (Fe^{2+}) oleh enzim ferrochelatase.²¹



Gambar 2.1 Biosintesis Heme

Regulasi pembentukan hemoglobin dilakukan secara ketat untuk menjaga keseimbangan antara sintesis globin dan heme. Sintesis heme dikendalikan terutama melalui regulasi aktivitas ALA sintase, yang dihambat oleh kelebihan heme melalui mekanisme umpan balik negatif. Hormon eritropoietin (EPO) yang dilepaskan sebagai respon terhadap hipoksia, akan merangsang proliferasi sel eritroid dan mempercepat sintesis hemoglobin. Faktor penting lainnya termasuk ketersediaan besi, yang penting untuk tahap akhir

sintesis heme. Ekspresi gen globin diatur oleh faktor perkembangan dan kebutuhan fisiologis tubuh terhadap oksigen. Ketidakseimbangan antara produksi heme dan sintesis globin akan menghambat proses pembentukan hemoglobin secara menyeluruh, karena akumulasi heme bebas dapat bersifat toksik, dan ketiadaan heme akan menekan produksi rantai globin.²²

2.1.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar Hemoglobin

Kadar hemoglobin dalam tubuh bervariasi berdasarkan usia, jenis kelamin, dan berbagai faktor lainnya. Pembentukan hemoglobin memerlukan asupan gizi yang seimbang, termasuk gizi makro seperti protein dan gizi mikro seperti zat besi. Asupan nutrisi yang cukup membantu menjaga kadar hemoglobin dalam batas normal, sehingga mendukung kesehatan yang optimal.¹⁹ Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar hemoglobin seseorang antara lain:

1) Jenis Kelamin

Kadar hemoglobin pada wanita cenderung lebih rendah dibandingkan pria. Hormon androgen pada pria dapat merangsang produksi eritropoietin yang meningkatkan eritropoiesis (pembentukan sel darah merah), sementara hormone estrogen pada wanita memiliki efek menghambat proses ini, sehingga kadar hemoglobin wanita lebih rendah dibandingkan pria.¹⁹

2) Usia

Kadar hemoglobin bervariasi pada neonatus, anak-anak, dan orang dewasa. Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor usia yang berperan dalam kadar dan aktivitas zat tertentu dalam darah.¹⁹

3) Perdarahan, Trauma dan Menstruasi

Cedera yang menyebabkan perdarahan dapat menurunkan kadar hemoglobin dalam darah. Hal ini terjadi akibat

perpindahan cairan tubuh ke dalam pembuluh darah, yang menyebabkan pengenceran darah. Menoragia atau menstruasi yang berlebihan juga menyebabkan kehilangan darah signifikan, yang dapat mengakibatkan anemia dengan gejala seperti kelelahan dan sesak napas.^{19,23}

4) Asupan Zat Besi yang Tidak Terpenuhi

Kekurangan zat besi dalam makanan, terutama dari sumber hewani, menghambat produksi hemoglobin. Penyerapan zat besi dapat ditingkatkan dengan konsumsi vitamin C dan menghindari zat penghambat seperti tannin dalam teh dan kopi.²³

5) Penyakit Kronis

Penyakit seperti thalasemia dan malaria dapat menurunkan kadar hemoglobin karena gangguan produksi atau peningkatan penghancuran sel darah merah.²³

6) Pola Hidup

Pola makan tidak seimbang, diet ketat, dan konsumsi makanan rendah zat besi dapat menyebabkan anemia. Gaya hidup yang kurang sehat juga mempengaruhi kadar hemoglobin.²³

7) Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik berlebihan tanpa asupan nutrisi yang cukup dapat menurunkan kadar hemoglobin dan mengurangi transportasi oksigen dalam tubuh, menyebabkan kelelahan dan menurunnya performa fisik.²³

2.1.4 Pengukuran Kadar Hemoglobin

Hemoglobin merupakan parameter yang umum digunakan untuk menentukan prevalensi anemia serta berperan dalam mengangkut oksigen dalam sel darah merah. Pengukuran hemoglobin dapat dilakukan secara kimia, dan kadar hemoglobin

per 100 ml darah dapat dijadikan indikator kapasitas darah dalam membawa oksigen. Kekurangan hemoglobin dalam darah dapat menyebabkan berkurangnya oksigen yang dihantarkan ke sel-sel tubuh dan otak, sehingga menimbulkan gejala seperti kelelahan, lesu, dan mudah lelah. Kondisi ini dapat berdampak pada menurunnya kebugaran fisik serta prestasi, terutama pada remaja.²³

Pengukuran kadar hemoglobin dapat dilakukan dengan berbagai metode. Metode pengukuran hemoglobin yang digunakan untuk penegakan diagnosis klinis secara definitif di Indonesia adalah *Hematology Analyzer*, sebagaimana telah distandarkan oleh Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/1801/2024 tentang Standar Laboratorium Kesehatan Masyarakat yang berlaku per November 2024.²⁴ *Automated Hematology Analyzer* digunakan di semua tingkat laboratorium kesehatan masyarakat mulai dari Laboratorium Kesehatan Masyarakat Tingkat 2 dan seterusnya dengan spesimen darah vena, dan menghasilkan tidak hanya pengukuran hemoglobin yang akurat tetapi juga berbagai parameter hematologi lengkap seperti hematokrit, red blood cell indices (MCV, MCH, MCHC), dan hitung jenis leukosit yang sangat penting untuk diferensiasi diagnosis anemia. Penelitian terbaru dari Jurnal Analis Laboratorium Medik tahun 2025 menunjukkan bahwa *Hematology Analyzer* tetap menjadi gold standard karena diakui oleh *International Committee for Standardization in Hematology* dengan tingkat akurasi sangat tinggi (tingkat kesalahan hanya sekitar 2%), memiliki kontrol kualitas terjamin, dan dapat divalidasi dengan standar stabil. Namun, kekurangan metode ini di Indonesia adalah memerlukan pasokan listrik yang stabil, perawatan rutin dan kalibrasi berkala, tenaga medis terlatih untuk mengoperasikannya, serta biaya investasi dan reagensinya yang tergolong mahal sehingga

sulit diakses di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan sumber daya.²⁵

Untuk screening cepat dan skrining massal anemia di Indonesia, metode yang direkomendasikan adalah *Point of Care Testing* (POCT) dengan *lateral flow strip test* menggunakan darah kapiler, terutama di tingkat Laboratorium Kesehatan Masyarakat Tingkat 1 (Puskesmas).^{24,25} Panduan resmi Kemenkes 2024 menyebutkan bahwa POCT menggunakan alat tes darah portabel (hemoglobin meter) dengan strip test sebagai metode pemeriksaan di fasilitas kesehatan primer,²⁴ dan hasil penelitian terbaru Juni 2025 di Puskesmas menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara hasil POCT dan *Hematology Analyzer* ($p \text{ value} = 0,083 > 0,05$), membuktikan POCT dapat menjadi alternatif pengganti yang andal untuk screening hemoglobin.²⁵ Keunggulan POCT di Indonesia adalah sangat portabel, mudah dioperasikan, tidak memerlukan pelatihan ekstensif, cepat memberikan hasil (kurang dari 1 menit), hanya membutuhkan sampel darah kapiler dalam jumlah minimal, cocok untuk area pedesaan dan puskesmas dengan keterbatasan infrastruktur, serta biaya per tes yang jauh lebih terjangkau dibandingkan *Hematology Analyzer*.²⁵ POCT juga telah menjadi bagian integral dari program skrining anemia massal di Indonesia, khususnya untuk screening remaja putri yang mengikuti program konsumsi tablet tambah darah yang direkomendasikan oleh Kemenkes.²⁶ Namun, harus diperhatikan bahwa tingkat akurasi POCT lebih rendah dibandingkan *Hematology Analyzer*, penggunaannya harus sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku untuk memastikan hasil akurat, dan kesalahan sering terjadi pada tahap pra-analitik (pengambilan sampel yang tidak benar, pemijatan berlebihan sebelum pengambilan darah

kapiler, volume sampel tidak tepat) sehingga teknik pengambilan darah yang benar sangat krusial.²⁵

2.2 Anemia

2.2.1 Definisi Anemia

Anemia adalah kondisi di mana jumlah sel darah merah dan/atau konsentrasi hemoglobin lebih rendah dari normal dan tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan fisiologis individu. Sel darah merah memiliki peran penting dalam tubuh, salah satunya sebagai media transportasi nutrisi, terutama oksigen yang diperlukan untuk proses fisiologis dan biokimia di setiap jaringan. Anemia tidak hanya mengurangi pasokan oksigen ke seluruh tubuh tetapi juga dapat memicu berbagai dampak fisiologis dan psikologis.²⁷ Parameter yang sering digunakan untuk mendiagnosis anemia meliputi kadar hemoglobin, hematokrit, dan jumlah eritrosit, yang biasanya saling berkaitan.

Kadar hemoglobin normal dapat bervariasi secara fisiologi, sehingga diperlukan penentuan ambang batas (cut-off-point) hemoglobin untuk mengidentifikasi apakah seseorang mengalami anemia atau tidak²⁸. Penentuan tersebut diklasifikasikan oleh Kementerian Kesehatan RI menjadi beberapa klasifikasi menurut kelompok umur seperti yang tersedia pada tabel 4.2.²⁹

Tabel 2.1 Konsentrasi Hemoglobin (g/L) untuk klasifikasi Anemia menurut kelompok umur

Populasi	Non Anemia (g/dL)	Anemia (g/dL)		
		Ringan	Sedang	Berat
Anak 6 – 59 bulan	11	10.0 – 10.9	7.0 - 9.9	< 7.0
Anak 5 – 11 tahun	11,5	11.0 – 11.4	8.0 - 10.9	< 8.0
Anak 12 -14 tahun	12	11.0 – 11.9	8.0 - 10.9	< 8.0
Perempuan tidak hamil (≥ 15 tahun)	12	11.0 – 11.9	8.0 - 10.9	< 8.0
Ibu hamil	11	10.0 – 10.9	7.0 - 9.9	< 7.0
Laki-laki ≥ 15 tahun	13	11.0 – 12.9	8.0 - 10.9	< 8.0

2.2.2 Klasifikasi Anemia

Klasifikasi anemia yang dikategorikan berdasarkan pada perubahan ukuran eritrosit, dapat diklasifikasikan menjadi 3, diantaranya adalah:

1. Anemia Makrositik

Anemia makrositik merupakan suatu keadaan dimana ukuran sel darah merah bertambah besar yang jumlah jumlah hemoglobin tiap sel yang juga ikut bertambah. Terdapat dua jenis anemia makrositik, diantaranya adalah:³⁰

- a) Anemia megaloblastik adalah jenis anemia yang ditandai dengan adanya kekurangan vitamin B12, asam folat, dan gangguan sintesis DNA
- b) Anemia non-megaloblastik, merupakan suatu proses *eritropoiesis* yang lebih cepat dengan peningkatan luas permukaan membran

2. Anemia Mikrositik

Anemia mikrositik adalah mengecilnya ukuran sel darah merah yang disebabkan oleh defisiensi besi, gangguan sintesis globin, porfirin dan heme, serta gangguan metabolisme besi lainnya.³⁰ Penyebab anemia mikrositik, yaitu:³¹

- a) Defisiensi Fe
- b) Berkurangnya sintesis heme
- c) Berkurangnya sintesis globin.

3. Anemia Normositik

Anemia normositik merupakan anemia yang ditandai dengan ukuran sel darah merah yang tidak berubah, disebabkan karena meningkatnya volume plasma secara berlebihan, penyakit-penyakit hemolitik, serta gangguan endokrin, ginjal, dan hati.³⁰ Penyebab anemia ini dapat berupa:³¹

- a) Anemia dengan penyakit ginjal kronik
- b) Sindrom anemia kardioresenal

c) Anemia hemolitik

2.2.3 Penyebab Anemia

Anemia dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kekurangan zat besi, protein, asam folat, dan vitamin B12. Secara umum, anemia utamanya disebabkan oleh produksi atau kualitas sel darah merah yang tidak optimal, serta kehilangan darah, baik secara akut maupun kronis³². Pada umumnya, terdapat tiga penyebab utama anemia, diantaranya adalah:³¹

1. Anemia karena menurunnya produksi sel darah merah

Kekurangan sel darah merah dapat menyebabkan anemia karena kecepatan produksi sel darah merah lebih rendah daripada destruksinya. Penyebab berkurangnya sel darah merah adalah sebagai berikut:³³

a) Kekurangan nutrisi, misalnya Fe (Zat Besi), B12 atau asam folat, yang disebabkan oleh kurangnya diet, malabsorpsi (anemia perniosa), *megaloblastic* dan anemia aplastik.

b) Rendahnya *tropic hormone* yaitu hormon yang berfungsi untuk merangsang atau menstimulasi produksi sel darah merah, seperti eritropoetin pada gagal ginjal, hormon tiroid (hipotiroidisme) dan androgen (hipogonadisme)³¹

2. Anemia karena meningkatnya destruksi/kerusakan sel darah merah

Penyebab anemia ini biasanya adalah akibat adanya kelainan pada masa hidup sel darah merah yang berkurang kurang dari 100 hari, yang seharusnya umur sel darah merah normal adalah 110 hingga 120 hari.³³

a) Anemia hemolitik

Anemia hemolitik dapat terjadi akibat penghancuran sel darah merah yang berlebihan, seperti pada penderita malaria kronis. Kondisi ini menyebabkan hemolisis, yang memicu penumpukan zat besi (hemosiderosis) di organ-organ tubuh seperti hati dan limpa.³⁴ Pada penderita thalasemia, yang merupakan kelainan genetik, eritrosit lebih mudah pecah, sehingga tubuh mengalami kekurangan sel darah merah yang sehat. Akumulasi zat besi yang tidak digunakan dengan baik, akan menambah beban pada organ-organ tersebut.³⁵

b) Anemia sel sabit

Anemia sel sabit merupakan anemia hemolitik berat yang ditandai sel darah merah kecil sabit dan ada pembesaran limpa akibat molekul hemoglobin. Kasus anemia sel sabit banyak terjadi di daerah endemis malaria dan bersifat hereditas. Tanda dan gejala yang timbul adalah hipoksia, sumsum tulang membesar, gagal jantung, infeksi, nekrosis pada jantung, paru dan ginjal.³¹

3. Anemia karena perdarahan (kehilangan volume darah)³³

Anemia yang terjadi akibat perdarahan atau kehilangan darah yang signifikan dapat menyebabkan penurunan kadar hemoglobin. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi seperti kecacingan, trauma, atau luka yang menyebabkan perdarahan.³³ Menstruasi yang berlangsung lama atau berlebihan juga merupakan salah satu penyebab umum anemia, terutama pada wanita usia produktif. Kehilangan darah yang berulang atau berkepanjangan dapat memperburuk cadangan zat besi dalam tubuh, sehingga meningkatkan risiko terjadinya anemia.³⁶

2.2.4 Tanda dan Gejala Anemia

Gejala anemia umum menurut WHO adalah gejala yang disebabkan oleh anoksia organ target dan mekanisme kompensasi tubuh terhadap penurunan hemoglobin pada semua jenis anemia, diantaranya adalah:³⁷

a) Lemah, letih, lesu, lunglai dan lemas

Gejala awal penderita anemia adalah lemas, letih, lesu, lunglai, dan lemah. cepat lelah atau kelelahan karena simpanan oksigen dalam jaringan otot kurang sehingga metabolisme otot terganggu.

b) Pucat pada telapak tangan, wajah dan gusi

Semakin meningkatnya intensitas defisiensi zat besi, penderita anemia akan memperlihatkan gejala pucat pada telapak tangan, wajah gusi.

c) Sesak nafas

Penderita akan mengalami sesak nafas jika melakukan aktivitas ringan. hal ini terjadi akibat jumlah darah yang rendah sehingga menurunkan tingkat oksigen dalam tubuh.

d) Pusing

Tanda - tanda lain yang sering muncul penderita anemia adalah pusing dan mudah mengantuk. Hal ini disebabkan karena otak kekurangan oksigen karena daya angkut hemoglobin berkurang.

e) Mata berkunang-kunang

Pada penderita anemia, kadar hemoglobin menurun. Hal ini mengakibatkan hemoglobin tidak dapat membawa oksigen ke otak. Pada akhirnya, menyebabkan berkunang-kunang di mata.³⁸

2.3 Status Gizi

2.3.1 Pengertian Status Gizi

Status gizi merupakan ukuran atau gambaran dari kondisi tubuh seseorang yang diakibatkan oleh pengaruh dari asupan makanan & penggunaan zat-zat gizi di dalam tubuh.³⁹ Departemen Kesehatan RI, menyatakan bahwa status gizi mencerminkan kondisi tubuh dalam memenuhi kebutuhan nutrisi. Keberhasilan dalam pemenuhan kebutuhan nutrisi ini terlihat dari keseimbangan antara asupan makanan yang dikonsumsi dengan jumlah yang diperlukan tubuh untuk menjalankan sebagai fungsi biologis. Status gizi yang optimal tercapai ketika konsumsi makanan seimbang dengan aktivitas fisik yang teratur.⁴⁰

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Status Gizi

Faktor yang mempengaruhi status gizi dapat dikategorikan menjadi faktor langsung dan tidak langsung. Faktor langsung merupakan faktor yang jika mengalami perubahan akan langsung menyebabkan perubahan pada status gizi. Sementara itu, faktor tidak langsung berperan dalam memengaruhi faktor langsung, sehingga secara tidak langsung turut berkontribusi terhadap perubahan status gizi.⁴⁰

1. Faktor Langsung

1) Asupan Nutrisi

Asupan nutrisi mengacu pada konsumsi berbagai jenis makanan dan minuman yang mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Peningkatan asupan nutrisi berkontribusi terhadap peningkatan status gizi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pola makan memiliki hubungan yang signifikan dengan Indeks Massa Tubuh (IMT). Pola makan tersebut mencakup kebiasaan makan di malam hari, konsumsi pemanis buatan, serta status

makan. Penelitian lain juga mengungkapkan adanya keterkaitan antara status gizi dengan frekuensi makan, kebiasaan sarapan, jenis makanan utama alternatif, serta jenis dan frekuensi konsumsi makanan ringan.⁴¹

2) Aktivitas Fisik

Aktivitas, yang juga dikenal sebagai aktivitas eksternal, merupakan penggunaan tenaga atau energi untuk melakukan berbagai Gerakan tubuh, seperti berjalan, berlari, dan berolahraga. Setiap bentuk aktivitas fisik memerlukan jumlah energi yang berbeda, tergantung pada durasi, intensitas, dan cara kerja otot yang terlibat. Latihan fisik yang dilakukan secara rutin dapat meningkatkan fungsi kardiovaskular serta mengurangi kebutuhan oksigen pada otot jantung, terutama saat terjadi penurunan tingkat aktivitas seseorang.⁴¹

3) Kondisi Infeksi dan Inflamasi

Infeksi dan peradangan dapat berdampak pada status gizi, khususnya terhadap berat badan. Ketika tubuh mengalami infeksi atau peradangan, terjadi pelepasan sitokin pro-inflamasi yang dapat mempercepat laju metabolisme, sehingga meningkatkan kebutuhan energi. Jika peningkatan kebutuhan energi ini tidak diimbangi dengan asupan makanan yang mencukupi, maka dapat menyebabkan penurunan berat badan.⁴¹

2. Faktor Tidak Langsung

a) Pendidikan

Tingkat pendidikan dapat mempengaruhi pola makan seseorang, sehingga secara tidak langsung berhubungan dengan status gizi. Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya keterkaitan antara tingkat pendidikan dan Indeks Massa Tubuh (IMT). Hasil penelitian tersebut

mengungkapkan bahwa peningkatan jenjang pendidikan hingga tingkat SMA cenderung diikuti oleh peningkatan nilai IMT, namun pada responden dengan pendidikan sarjana, rata-rata IMT justru lebih rendah dibandingkan dengan mereka yang memiliki tingkat pendidikan SMA.⁴⁰

b) Durasi Tidur

Beberapa penelitian sebelumnya mengindikasikan adanya hubungan antara durasi tidur dan Indeks Massa Tubuh (IMT). Salah satu studi melaporkan bahwa responden yang tidur kurang dari 10 jam per hari cenderung memiliki IMT lebih dari 30 dibandingkan dengan mereka yang tidur lebih dari 10 jam per hari, namun penelitian lain menunjukkan hasil yang berlawanan, yaitu responden yang tidur lebih dari 8 jam per hari cenderung memiliki IMT lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang tidur ≤ 8 jam per hari.⁴⁰

c) Pendapatan

Kemampuan untuk membeli nutrisi berkualitas dipengaruhi oleh tingkat pendapatan seseorang, yang pada akhirnya dapat berdampak pada status gizi. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa keluarga dengan pendapatan lebih rendah cenderung mengonsumsi makanan yang kurang sehat dibandingkan dengan kelompok yang memiliki daya beli lebih tinggi.⁴⁰

2.3.3 Penilaian Status Gizi

Penilaian status gizi dapat dilakukan dengan dua metode utama: langsung dan tidak langsung. Penilaian langsung meliputi pendekatan antropometri, klinis, biokimia, dan biofisik, sedangkan penilaian tidak langsung mencakup konsumsi makanan dan analisis faktor ekologi.⁴²

Metode yang paling sering digunakan di masyarakat untuk menilai status gizi adalah antropometri gizi. Antropometri gizi melibatkan berbagai pengukuran dimensi tubuh dan komposisi tubuh pada berbagai kelompok umur dan tingkat status gizi.⁴³ Antropometri berfungsi sebagai indikator status gizi, yang dilakukan dengan cara mengukur parameter tertentu. Parameter sendiri merupakan ukuran tunggal dari tubuh manusia, antara lain: umur, berat badan, dan tinggi badan. Kombinasi beberapa parameter tersebut disebut Indeks Antropometri. Salah satu contoh indeks antropometri adalah Indeks Massa Tubuh (IMT) atau Body Mass Index (BMI).⁴⁴

2.3.4 Cara Mengukur Indeks Massa Tubuh

Pengukuran Indeks Massa Tubuh (IMT) didasarkan pada dua parameter utama, yaitu:

1. Berat Badan

Berat badan merupakan salah satu parameter yang paling sering digunakan untuk mengukur massa tubuh. Parameter ini mencerminkan total kandungan zat gizi dalam tubuh, seperti protein, lemak, air, dan mineral.

2. Tinggi Badan

Tinggi badan mencerminkan status gizi di masa lalu, yang merupakan hasil akumulasi pola konsumsi makanan sejak masa lalu hingga saat ini. Parameter ini juga menggambarkan ukuran Panjang tubuh dan pertumbuhan kerangka tulang.

Adapun cara mengukur Indeks Massa Tubuh adalah dengan membagi berat badan dalam satuan kilogram dengan tinggi badan dalam satuan meter kuadrat.⁴³ Untuk rumusnya adalah:

$$IMT = \frac{BB \text{ (kg)}}{TB^2 \text{ (m)}}$$

2.3.5 Kategori Indeks Massa Tubuh

Untuk menilai status gizi seseorang, digunakan kategori ambang batas IMT yang telah ditetapkan.⁴⁵

Tabel 2.2 Klasifikasi IMT dari WHO Wilayah Asia Pasifik

Klasifikasi	Ambang Batas IMT
Berat badan kurang (<i>underweight</i>)	< 18,5
Berat badan normal	18,5 – 22,9
Kelebihan berat badan (<i>overweight</i>)	23 – 24,9
Obesitas I	25 – 29,9
Obesitas II	≥ 30

Klasifikasi IMT selain berat badan normal dapat diklasifikasikan menjadi istilah malnutrisi. Malnutrisi adalah status gizi yang diakibatkan oleh adanya defisiensi atau kelebihan (imbalance) dari energi, protein dan zat gizi lainnya yang menyebabkan gangguan pada jaringan/tubuh (bentuk, ukuran, komposisi), fungsi tubuh dan luaran/hasil klinis.⁴⁶ Meskipun istilah malnutrisi mencakup overweight namun sehubungan dengan Hospital Malnutrition, European Society of Parenteral and Enteral Nutrition (ESPEN) lebih memfokuskan pada undernutrition sebagai masalah utama di rumah sakit dan tidak hanya mencakup perubahan fisik (berat badan dan IMT) dan komposisi tubuh tetapi juga akibat dari undernutrition terhadap fungsi tubuh dan luaran klinis seperti komplikasi dan mortalitas. ESPEN mendefinisikan malnutrisi sebagai suatu status gizi akibat kurangnya asupan atau ambilan nutrisi yang menyebabkan perubahan komposisi tubuh (penurunan *fat free mass* dan *body cell mass*) sehingga berakibat penurunan fungsi fisik dan mental serta luaran klinis.⁴⁶

2.3.6 Lingkar Pinggang

Lingkar pinggang merupakan salah satu metode antropometri untuk menilai obesitas abdominal atau obesitas sentral

yang berkaitan erat dengan morbiditas dan mortalitas.^{47,48} Pengukuran lingkaran pinggang adalah cara sederhana namun efektif untuk menilai lemak abdominal, terutama lemak intra-abdomen yang tersimpan di sekitar organ-organ internal seperti hati dan pankreas. Berbeda dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) yang hanya mengukur total adipositas, lingkaran pinggang memberikan informasi spesifik tentang distribusi lemak tubuh dan dapat mengidentifikasi pola obesitas sentral yang dikaitkan dengan risiko kardiometabolik yang lebih tinggi.⁴⁸ Penelitian prospektif menunjukkan bahwa setiap peningkatan 10 cm lingkaran pinggang dikaitkan dengan peningkatan 11% risiko kematian dari semua penyebab, sedangkan setiap peningkatan 0,1 unit rasio lingkaran pinggang-panggul dikaitkan dengan peningkatan 20% risiko kematian.⁴⁹

Pengukuran lingkaran pinggang harus mengikuti protokol standar yang telah ditetapkan untuk memastikan akurasi dan konsistensi. Protokol WHO mengukur lingkaran pinggang pada titik tengah antara tepi bawah tulang rusuk yang dapat diraba (last palpable rib) dan puncak tulang panggul (iliac crest), protokol ini menggunakan titik-titik tulang sebagai landasan pengukuran untuk meningkatkan reliabilitas dan feasibilitas baik bagi praktisi maupun masyarakat umum.⁵⁰

2.3.7 Cara Pengukuran dan Interpretasi Nilai Lingkaran Pinggang

Prosedur pengukuran yang tepat melibatkan beberapa tahapan penting. Pertama, responden harus berdiri dengan kedua kaki bersama-sama dengan berat badan terdistribusi merata di kedua kaki. Kedua, pita pengukur diposisikan pada titik tengah antara tulang rusuk paling bawah dan puncak tulang panggul, memastikan pita dibungkuskan pada spot yang sama di sisi berlawanan tubuh. Ketiga, pita pengukur harus tetap rapat (snug) tetapi tidak boleh cukup ketat untuk menyebabkan kompresi kulit.

Keempat, pengukuran dilakukan pada akhir pernafasan normal dan dicatat sampai 0,1 cm terdekat.⁵¹ Penting untuk menggunakan pita pengukur yang berskala dan memberikan tegangan konstan. Untuk meningkatkan akurasi, pengukuran sebaiknya dilakukan pada kulit tanpa hambatan; namun jika tidak memungkinkan, pengukuran dapat dilakukan di atas pakaian yang ringan. Meminta bantuan dari orang lain dapat memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan pengukuran mandiri.⁵²

Kriteria interpretasi lingkar pinggang berbeda berdasarkan jenis kelamin dan populasi. Untuk populasi Asia termasuk China, obesitas sentral didefinisikan sebagai lingkar pinggang 90 cm atau lebih untuk pria dan 80 cm atau lebih untuk wanita.⁵³ Interpretasi ini penting karena semakin besar lingkar pinggang atau semakin tinggi rasio lingkar pinggang-panggul, semakin besar risiko penyakit kronis.⁵⁴

2.4 Remaja Usia Produktif

2.4.1 Definisi Usia Produktif

Badan Pusat Statistik menjelaskan bahwa usia dihitung berdasarkan kalender Gregorian dengan menggunakan informasi tahun, bulan, dan hari dari tanggal lahir responden. Perhitungan usia didasarkan pada ulang tahun terakhir dan dibulatkan ke bawah. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2017) membagi penduduk menjadi tiga kelompok, yaitu penduduk belum produktif (< 15 tahun), penduduk usia produktif (15 – 64 tahun), dan penduduk non produktif (>65 tahun).⁵⁵

2.4.2 Definisi Remaja

Remaja merupakan periode transisi dari masa anak-anak menuju dewasa. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 25

Tahun 2024 menetapkan rentang usia remaja berada pada 10-18 tahun.⁵⁶ Selama masa ini, terjadi perubahan signifikan, meliputi perubahan hormonal, fisik, psikologi, dan sosial. Perubahan tersebut berlangsung dengan cepat dan sering kali terjadi tanpa disadari. Salah satu perubahan fisik yang menonjol adalah perkembangan ciri-ciri seksual sekunder, diiringi dengan percepatan pertumbuhan, serta perubahan perilaku dan pola interaksi sosial dengan lingkungan. Apabila tidak mendapatkan perhatian dengan baik, perubahan-perubahan ini dapat memberikan dampak positif maupun negatif.⁵⁷

2.4.3 Pertumbuhan & Perkembangan Remaja

Peralihan dari masa anak-anak menjadi dewasa melibatkan perubahan kognitif, biologis, dan sosio-emosional.⁵⁸ Pada masa ini, seseorang dapat mengalami penambahan hingga 15% dari tinggi badan dan 50% dari berat badan dewasa. Masa remaja juga ditandai dengan percepatan laju pertumbuhan, yang diikuti oleh meningkatnya kebutuhan akan zat gizi.⁵⁹

2.4.4 Anemia Pada Remaja Perempuan

Masalah gizi utama yang dialami remaja meliputi kekurangan mikronutrien, khususnya anemia akibat kekurangan zat besi, serta masalah malnutrisi seperti gizi kurang, perawakan pendek, hingga gizi berlebih dan obesitas. Kedua kondisi ini sering kali terkait dengan pola makan yang tidak sehat.⁶⁰ Ketidakseimbangan asupan gizi turut menjadi faktor penyebab anemia pada remaja. Remaja perempuan cenderung sangat memperhatikan bentuk tubuh, sehingga banyak membatasi konsumsi makanan atau memiliki pantangan terhadap jenis makanan tertentu. Apabila asupan makanan tidak mencukupi, tubuh akan memanfaatkan cadangan zat besi, yang pada akhirnya mempercepat terjadinya anemia.⁶¹ Menstruasi pada setiap bulan yang dialami oleh remaja perempuan juga dapat menyebabkan

kehilangan darah, ditambah juga dengan kebutuhan zat besi yang meningkat selama masa pertumbuhan⁶², sehingga remaja perempuan memiliki resiko sepuluh kali lebih besar untuk mengalami anemia dibandingkan dengan remaja laki – laki.

Peningkatan risiko yang tinggi terhadap anemia pada remaja tersebut, memiliki risiko yang lebih tinggi pada remaja usia 15-16 tahun dibandingkan dengan usia lainnya. Penelitian di SMA Pembina Palembang Tahun 2022, memperlihatkan sebanyak 51,7% remaja putri usia 15-16 tahun mengalami anemia,¹⁷ dan 79,7% remaja dengan status gizi tidak normal juga mengalami anemia, yang menunjukkan bahwa pola makan dan status gizi berperan besar dalam kejadian anemia. Faktor lain yang turut meningkatkan risiko adalah siklus menstruasi yang tidak normal (74,9%) dan lama menstruasi lebih dari tujuh hari (73,5%), yang menyebabkan kehilangan darah lebih banyak dibandingkan kelompok usia lain.

Berbeda dengan remaja usia di bawah 15 tahun, remaja usia 15-16 tahun sudah mengalami menstruasi secara teratur, sehingga kehilangan zat besi lebih tinggi. Menarche atau menstruasi pertama biasanya terjadi pada usia 12-26 tahun, namun pada usia dibawah 15 tahun, menstruasi masih sering tidak teratur, mengakibatkan risiko kehilangan darah lebih rendah dibandingkan dengan usia 15-16 tahun. Selain itu, berdasarkan penelitian di SMAN 1 Darma Kuningan Jawa Barat Tahun 2023, remaja usia 15-16 tahun sering kali belum memiliki pola makan yang mampu menggantikan zat besi yang hilang selama menstruasi,⁶³ sesuai dengan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018, yang menyatakan bahwa prevalensi anemia pada anak usia 15-24 tahun adalah hanya sebesar 32,0%.⁶⁴

Perbedaan dengan remaja di atas 16 tahun juga menunjukkan bahwa, remaja yang berusia 15-16 tahun masih mengalami ketidakseimbangan hormon, yang menyebabkan siklus menstruasi

belum sepenuhnya stabil. Pada usia 16 tahun, siklus menstruasi umumnya lebih terkendali, sehingga risiko anemia bisa lebih rendah jika pola makan sudah lebih baik. Anemia tetap bisa terjadi pada kelompok usia ini walaupun siklus menstruasi lebih terkendali, terutama jika pola makan tidak diperbaiki, atau jika menjalani diet yang tidak sehat.⁶⁵

Sesuai dengan Penelitian di SMA Pembina Palembang Tahun 2022, status gizi juga berperan besar dalam kejadian anemia pada usia 15-16 tahun, dari 56 remaja yang diteliti, sebanyak 51,8% memiliki status gizi tidak normal (baik *underweight* maupun *overweight*). Remaja dengan status gizi tidak normal memiliki kemungkinan lebih besar mengalami anemia, yaitu 79,7% dibandingkan dengan 33,3% pada remaja dengan status gizi normal.¹⁷ Hal ini terjadi karena pada usia ini, banyak remaja mulai mengontrol pola makan sendiri, sering melewatkan sarapan, atau lebih memilih makanan cepat saji yang rendah zat besi, sehingga meningkatkan risiko anemia dibandingkan dengan usia yang lebih muda.^{65,66} Data tersebut, memperlihatkan bahwa usia 15-16 tahun merupakan kelompok dengan risiko anemia tertinggi, dengan lebih dari 50% remaja usia 15-16 tahun mengalami anemia, yang menyebabkan tingginya tingkat risiko anemia anemia pada remaja perempuan di kelompok usia tersebut.¹⁷

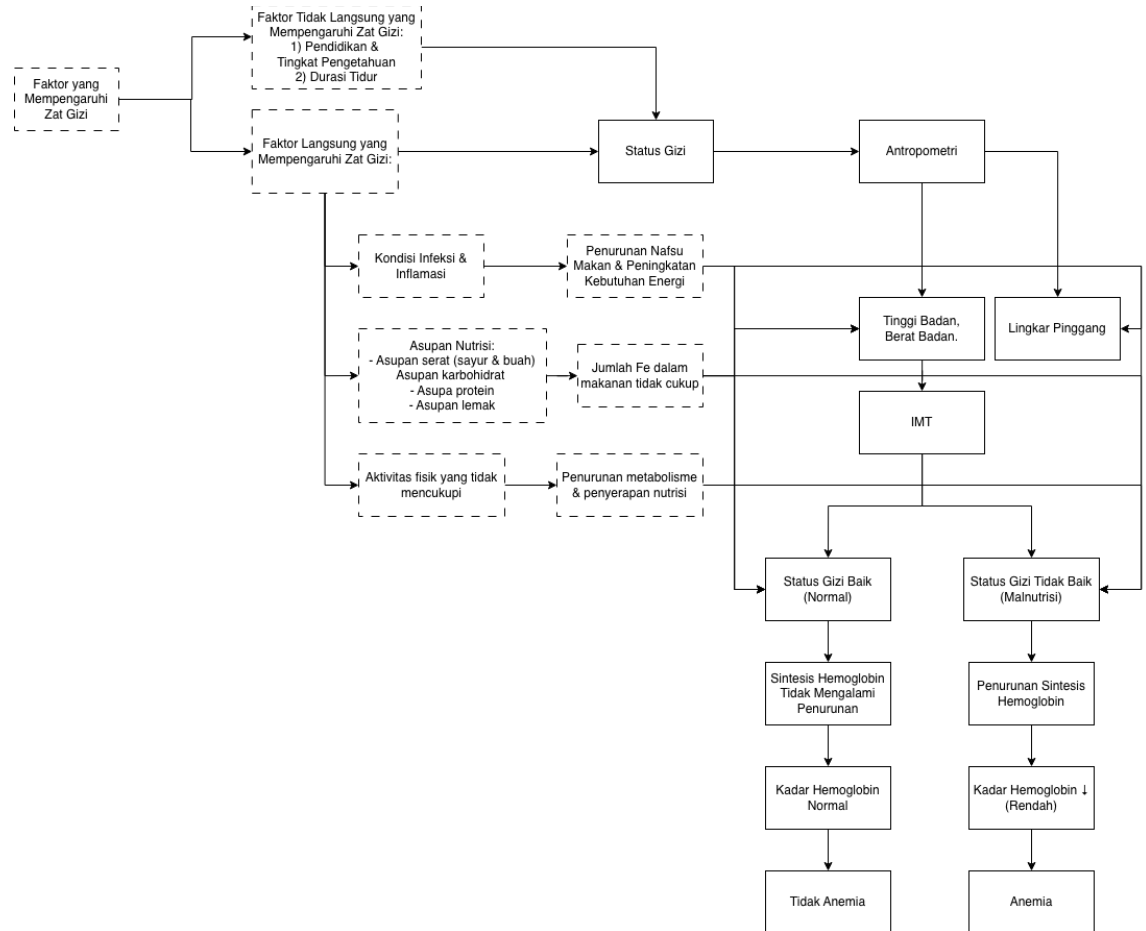
2.5 Hubungan Status Gizi dengan Kadar Hemoglobin

Status gizi merupakan salah satu faktor determinan utama yang mempengaruhi kadar hemoglobin dalam darah karena asupan nutrisi yang tidak cukup dalam tubuh menyebabkan kebutuhan gizi tidak terpenuhi, khususnya kebutuhan zat besi yang merupakan salah satu komponen paling penting dalam pembentukan hemoglobin.⁶⁷ Penelitian yang dilakukan oleh Langi dan Wija (2025) pada 140 siswi remaja menunjukkan bahwa status gizi memiliki hubungan signifikan dengan kadar hemoglobin, di mana

remaja dengan status gizi baik cenderung memiliki kadar hemoglobin yang normal.⁶⁷ Zat besi bertindak sebagai komponen struktural hemoglobin yang memungkinkan pengangkutan oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh, sehingga defisiensi zat besi secara langsung menyebabkan penurunan kadar hemoglobin dan meningkatkan risiko anemia. Selain zat besi, mikronutrien lain seperti vitamin B12, folat, vitamin C, dan protein juga memainkan peran penting dalam sintesis hemoglobin dan metabolisme sel darah merah. Studi meta-analisis tahun 2025 mengungkapkan bahwa defisiensi multipel mikronutrien khususnya pada populasi dengan dietary diversity terbatas dapat secara signifikan memperburuk anemia dan menghambat produksi hemoglobin normal.⁶⁸ Mekanisme hubungan status gizi dengan hemoglobin juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor sosial, ekonomi, dan perilaku konsumsi makanan yang kompleks, di mana malnutrisi atau kelebihan gizi keduanya dapat mengganggu keseimbangan kadar hemoglobin.⁶⁹

2.6 Kerangka Pemikiran

Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran Penelitian



2.7 Hipotesis

H_0 (Hipotesis Nol) = Tidak terdapat hubungan antara status gizi dengan Kadar Hemoglobin pada Remaja Perempuan Usia Produktif di SMA 1 Pasundan Kota Bandung.

H_1 (Hipotesis Alternatif) = Terdapat hubungan antara status gizi dengan Kadar Hemoglobin pada Remaja Perempuan Usia Produktif di SMA 1 Pasundan Kota Bandung.