

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Darah

1. Definisi darah

Darah adalah jaringan ikat cair yang terdiri dari plasma kuning pucat, diantaranya adalah sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan trombosit. Darah manusia biasanya berwarna merah karena mengandung hemoglobin, yang mengikat oksigen dan karbon dioksida. Darah membawa oksigen dan karbon dioksida dan sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup, terutama manusia. Apabila seseorang kekurangan darah, tubuhnya menjadi lemah karena oksigen tidak dapat menjangkau seluruh bagian tubuh secara memadai (Fauzi dan Bahagia, 2019).

2. Komponen darah

Darah terbagi menjadi beberapa bagian, seperti sel darah merah, sel darah putih, trombosit, dan plasma. Darah merah muda biasanya berasal dari arteri karena mengandung banyak oksigen, yang dapat mengikat hemoglobin dalam sel darah merah. Darah berwarna merah tua atau merah pekat berasal dari vena karena vena mengandung lebih sedikit oksigen daripada arteri (Fajarna dan Sari, 2023).

3. Fungsi darah

Darah dalam keadaan fisiologis selalu ada di dalam pembuluh darah untuk menjalankan fungsi-fungsi berikut (Rahmita dan Basri, 2023) :

- a. Penyedia oksigen
- b. Cara tubuh melindungi diri dari infeksi

c. Mekanisme hemostasis

Darah juga memiliki fungsi mengangkut nutrisi dari usus ke seluruh tubuh, mengangkut air, dan menjaga stabilitas tubuh.

B. Hemoglobin

1. Definisi hemoglobin

Hemoglobin adalah protein dalam sel darah merah yang terikat pada senyawa zat besi yang disebut heme. Hemoglobin memainkan dua peran penting dalam tubuh manusia, yaitu mengangkut oksigen ke sel dan membawa karbon dioksida dan proton dari sel ke organ pernapasan untuk diekskresikan (Ningsih dan Septiani, 2019). Hemoglobin tersusun dari globin (apoprotein) dan empat gugus heme. Heme sendiri merupakan molekul organik yang mengandung satu atom besi. Hemoglobin adalah protein kaya zat besi yang memiliki afinitas tinggi terhadap oksigen, membentuk oksihemoglobin di dalam sel darah merah. Melalui perannya ini, oksigen dapat diangkut dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh. Hemoglobin bertanggung jawab dalam transportasi oksigen di dalam sel darah merah. Kadar hemoglobin dapat diukur menggunakan metode kimia, dan konsentrasi hemoglobin dalam 100 ml darah dapat digunakan sebagai indikator kemampuan darah dalam membawa oksigen (Irmawati dan Rosdianah, 2020).

2. Fungsi hemoglobin

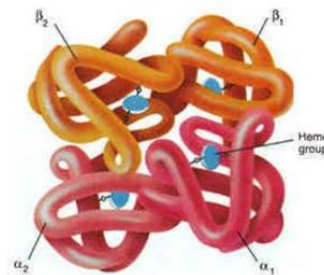
Hemoglobin merupakan protein yang terdapat dalam sel darah merah dan memiliki peran krusial dalam proses pengangkutan oksigen serta karbon dioksida antara paru-paru dan jaringan tubuh. Dua fungsi utama hemoglobin dalam tubuh manusia adalah mendistribusikan oksigen ke seluruh sel tubuh serta mengangkut

karbon dioksida dan proton dari sel-sel tubuh menuju organ pernapasan. Beberapa manfaat hemoglobin antara lain adalah (Irmawati dan Rosdianah, 2020):

- a. Mengatur proses pertukaran oksigen dan karbon dioksida di seluruh bagian tubuh.
- b. Menyerap oksigen dari paru-paru dan mendistribusikannya ke seluruh tubuh sebagai sumber energi.
- c. Mengangkut karbon dioksida dari jaringan tubuh ke paru-paru untuk dikeluarkan setelah proses metabolisme.

Untuk mengetahui apakah seseorang mengalami kekurangan darah, dilakukan pemeriksaan kadar hemoglobin (Hb). Penurunan kadar hemoglobin dari nilai normal menunjukkan kondisi anemia.

3. Struktur hemoglobin



Gambar 1 Struktur Hemoglobin

(Sumber: Wulandari, 2018)

Hemoglobin merupakan molekul protein yang tersusun atas protoporfirin dan unsur besi, dan ditemukan di dalam sel darah merah semua vertebrata. Hemoglobin A, bentuk hemoglobin utama pada manusia, berbentuk bulat dan terdiri dari dua rantai α -globin dan dua rantai β -globin. Struktur $\alpha_2\beta_2$ ini merupakan tipe hemoglobin yang dominan pada orang dewasa. Setiap subunit, baik α maupun β ,

mengandung gugus heme dengan satu atom besi yang berfungsi untuk mengikat oksigen atau molekul lain secara reversibel. Hemoglobin berperan penting dalam proses pernapasan dengan membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh, serta mengangkut karbon dioksida kembali ke paru-paru. Selain oksigen, hemoglobin juga dapat berinteraksi dengan gas karbon monoksida (CO) dan nitrogen monoksida (NO), yang keduanya memiliki peran penting dalam kesehatan. Pada orang dewasa sehat, sekitar 95% hemoglobin adalah HbA ($\alpha_2\beta_2$), sedangkan sekitar 3,5% terdiri dari HbA2 ($\alpha_2\delta_2$) dan HbF ($\alpha_2\gamma_2$). Pada sel diploid, terdapat empat gen α dan dua gen β atau gen serupa β (δ dan γ). Rantai α tersusun atas 141 asam amino, sementara rantai β terdiri dari 146 asam amino. Meskipun terdapat kesamaan di antara kedua rantai tersebut (sebanyak 64 asam amino berada pada posisi yang sama), terdapat perbedaan 39 asam amino antara rantai β dan δ , serta 10 perbedaan antara rantai β dan γ (Wulandari, 2018).

4. Kadar hemoglobin

Kadar hemoglobin (Hb) merupakan ukuran jumlah hemoglobin dalam darah, yang dinyatakan dalam satuan mg/dL. Rendahnya kadar hemoglobin menandakan adanya kondisi anemia (Rukmana dan Hudain, 2024). Kadar hemoglobin dikatakan rendah apabila berada di bawah 12 g/dL pada wanita dan di bawah 14 g/dL pada pria. Rentang normal kadar hemoglobin adalah 12–16 g/dL untuk wanita dan 14–18 g/dL untuk pria. Sementara itu, kadar hemoglobin dianggap tinggi jika melebihi 16 g/dL pada wanita dan 18 g/dL pada pria (Marisa dan Wahyuni, 2019). Kekurangan hemoglobin di dalam tubuh dapat menyebabkan penurunan jumlah oksigen yang disalurkan ke jaringan. (Ardiya dkk., 2023).

5. Sintesis hemoglobin

Biosintesis heme adalah proses pembentukan zat heme yang terjadi di banyak sel mamalia, kecuali sel darah merah matang yang tidak memiliki mitokondria. Sekitar 85% produksi heme terjadi di sel-sel prekursor darah merah di sumsum tulang, sementara sisanya terbentuk terutama di sel-sel hati. Biosintesis heme memerlukan sejumlah reaksi enzimatik di sitosol dan mitokondria. Pembentukan heme dimulai dengan menggabungkan suksinil K-oA dan glisin untuk membuat δ -*Aminolevulinic acid* (ALA) di bawah bimbingan *ALA synthase* (ALAS). ALA kemudian diangkut melalui dua membran mitokondria ke sitosol dan diubah menjadi *coproporphyrinogen III* (CPgenIII) melalui reaksi enzimatik. Dalam kata-kata sederhana, enzim *aminolevulinate dehydratase* (ALAD) menggabungkan dua molekul ALA menjadi satu molekul porphobilinogen. HMBS mengubah empat molekul porphobilinogen menjadi *hydroxymethylbilane*. UROS mengubah *hydroxymethylbilane* menjadi *uroporphyrinogen III*. Langkah terakhir dalam sitoskemik adalah pembentukan CPgenIII melalui katalisis oleh *uroporphinogen dekarboksilase* (UROD). CPgenIII diubah menjadi *protoporphirinogen IX* oleh enzim *coproporphirinogen oksidase* (CPOX), kemudian diubah menjadi *protoporphirin IX* (PPIX) oleh enzim *protoporphirinogen oksidase* (PPOX) yang terletak di permukaan luar mitokondria. Akhirnya, besi bergabung dengan PPIX di dalam matriks mitokondria untuk membentuk heme yang dikatalisa oleh *ferrochelatase* (FECH) (Adriani dan Fadilah, 2023).

6. Metode pemeriksaan hemoglobin

a. Metode sahli

Salah satu cara sederhana untuk mengukur kadar hemoglobin adalah dengan menggunakan metode Sahli. Dalam metode ini, hemoglobin diubah menjadi asam hematin berwarna coklat melalui reaksi dengan HCl. Warna yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan standar warna. Penyesuaian warna dilakukan dengan mengencerkan sampel hingga warnanya menyerupai standar. Namun, metode Sahli kurang efektif karena tidak semua jenis hemoglobin, seperti karboksihemoglobin, methemoglobin, dan sulfhemoglobin, dapat diubah menjadi asam hematin. Selain itu, hasil pemeriksaan dapat dipengaruhi oleh faktor subjektif, seperti ketidakjelasan warna, intensitas cahaya, serta potensi kesalahan sebesar 5%–10% (Norsiah, 2015).

b. Metode *cyanmethemoglobin*

Pemeriksaan kadar hemoglobin dalam darah dapat dilakukan dengan metode cyanmethemoglobin menggunakan reagen Drabkin. Reagen ini mengandung kalium sianida dan kalium ferrisianida, yang ketika dicampurkan dengan darah, akan memicu reaksi kimia. Ferrisianida mengubah bentuk Fe dalam hemoglobin dari ferro menjadi ferri, membentuk methemoglobin, lalu kalium sianida berikatan untuk membentuk cyanmethemoglobin yang tidak mengubah warna. Warna yang terbentuk berkaitan dengan jumlah hemoglobin dalam darah dan diukur menggunakan fotometer pada panjang gelombang 546 nm (Ginting dan Wahyu, 2023).

c. Metode *Point Of Care Testing* (POCT)

Pengujian Point Of Care (POCT) adalah metode praktis untuk mengukur kadar hemoglobin. Pada metode POCT, pengukuran kadar hemoglobin dilakukan melalui penggunaan strip tes. Sampel darah pasien ditempatkan pada strip Hb, yang kemudian dimasukkan ke dalam alat pengukur Hb. Alat ini secara otomatis mendeteksi dan menampilkan hasil kadar Hb (Chalisa, 2021).

C. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Hemoglobin

1. Usia

Seiring bertambahnya usia, fungsi berbagai bagian tubuh, seperti sumsum tulang yang memproduksi sel darah merah, akan menurun. Selain itu, sistem pencernaan menjadi kurang efektif dalam menyerap nutrisi yang dibutuhkan tubuh, khususnya dalam penyerapan zat besi. Penurunan kadar hemoglobin seringkali terjadi pada orang tua, terutama saat terjadi perdarahan atau setelah melakukan aktivitas fisik yang berat. Pada anak-anak, kekurangan zat besi umumnya disebabkan oleh pertumbuhan yang pesat tanpa diimbangi asupan yang memadai, yang menyebabkan penurunan kadar hemoglobin (Made, 2020).

2. Jenis kelamin

Perbedaan kadar hemoglobin antara jenis kelamin mulai terlihat dengan jelas pada usia enam bulan, di mana anak perempuan memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi dibandingkan anak laki-laki. Perempuan cenderung lebih rentan mengalami penurunan kadar hemoglobin, terutama saat menstruasi, dibandingkan dengan laki-laki (Fadlilah, 2018).

3. Lama kerja

Lama kerja merujuk pada durasi seseorang bekerja di suatu tempat, yang juga mencerminkan pengalaman yang dimilikinya. Durasi kerja yang panjang dapat mempengaruhi pekerja, seperti pada pengangkut pasir di Galian C, yang mungkin terpapar debu dalam waktu yang lama. Pekerja di sektor ini umumnya bekerja selama 6-8 jam per hari, yang dapat menyebabkan penurunan kadar hemoglobin akibat paparan debu yang terus-menerus (Indwek dkk., 2022). Lama kerja pekerja pengangkut pasir bekerja, yaitu <10-10 tahun (Perijingga dkk., 2023).

4. Penggunaan APD

Penggunaan alat pelindung diri (APD) berhubungan dengan kadar hemoglobin karena APD berfungsi melindungi pekerja dari paparan bahan berbahaya, seperti karbon monoksida atau zat kimia beracun, yang dapat memengaruhi produksi atau fungsi hemoglobin. Penggunaan APD yang tepat dapat mencegah masalah kesehatan darah, sementara penggunaan yang tidak sesuai justru dapat meningkatkan risiko gangguan kadar hemoglobin. Pada pekerja pengangkut pasir, APD yang digunakan meliputi masker dan sarung tangan, namun sebagian besar pekerja cenderung tidak menggunakan keduanya dengan benar (Arsy dkk., 2022).

5. Pola makan

Kebiasaan makan merujuk pada cara seseorang memilih dan mengonsumsi makanan sebagai respons terhadap faktor psikologis, fisiologis, budaya, dan sosial. Berbagai vitamin dan mineral dibutuhkan untuk pembentukan sel darah merah. Selain zat besi, vitamin B12 dan asam folat juga berperan penting dalam pembentukan hemoglobin yang optimal. Kekurangan zat-zat tertentu dapat menyebabkan anemia karena menghambat produksi sel darah merah. Pola makan

yang tidak sehat dapat menurunkan kadar asam folat dan vitamin B12 dalam tubuh (Made, 2020).

6. Aktivitas fisik

Aktivitas fisik melibatkan gerakan otot rangka yang memerlukan energi. Manfaat olahraga secara rutin antara lain menjaga kesehatan otot dan tulang, mencegah obesitas, serta mengurangi risiko penyakit kronis. Olahraga juga dapat meningkatkan kesejahteraan mental. Hemoglobin berhubungan erat dengan olahraga, karena aktivitas fisik dapat meningkatkan kadar asam dalam tubuh, menurunkan pH, dan memengaruhi kemampuan hemoglobin dalam menyerap oksigen. Hal ini membuat hemoglobin melepaskan lebih banyak oksigen, yang kemudian disalurkan ke otot. Berolahraga secara teratur dapat meningkatkan kadar hemoglobin, namun olahraga yang berlebihan dapat merusak sel darah merah dan menurunkan kadar hemoglobin (Fadlilah, 2018).

7. Paparan debu

Kadar hemoglobin berhubungan dengan paparan debu karena debu dapat memengaruhi sistem pernapasan dan darah. Paparan debu, terutama yang mengandung partikel berbahaya seperti silika atau logam berat, dapat menyebabkan gangguan pernapasan jangka panjang seperti pneumokoniosis atau peradangan paru-paru. Kondisi ini dapat mengurangi kadar oksigen dalam darah akibat kerusakan jaringan paru-paru, yang pada gilirannya memengaruhi kadar hemoglobin. Selain itu, paparan debu yang mengandung bahan toksik juga dapat memengaruhi produksi hemoglobin di sumsum tulang melalui efek toksik

langsung atau peradangan sistemik, yang dapat menyebabkan anemia atau penurunan kadar hemoglobin (Ardam, 2017).

8. Riwayat penyakit

Tubuh mungkin kesulitan memproduksi cukup sel darah merah akibat penyakit kronis seperti kanker atau gangguan ginjal. Setiap kondisi medis yang berlangsung lama, seperti infeksi yang berkepanjangan atau kanker, dapat menyebabkan anemia. Meskipun mekanisme pastinya belum sepenuhnya dipahami, kondisi-kondisi jangka panjang ini cenderung memicu anemia. Anemia dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh, sehingga seseorang lebih rentan terhadap infeksi. Secara umum, infeksi dianggap memiliki peran signifikan dalam memicu gejala anemia. Peradangan dan asupan makanan yang kurang mencukupi kebutuhan zat besi juga merupakan penyebab utama anemia (Made, 2020).

D. Anemia

1. Definisi anemia

Anemia terjadi ketika jumlah sel darah merah atau kadar hemoglobin berada di bawah level normal. Kadar hemoglobin normal berbeda antara laki-laki dan perempuan, di mana normalnya untuk laki-laki adalah 13 gr/dL dan untuk perempuan adalah 12 gr/dL. Anemia adalah kondisi umum yang terjadi ketika jumlah sel darah merah (eritrosit) dalam tubuh terlalu sedikit. Kondisi ini dapat menyebabkan masalah kesehatan karena kadar hemoglobin yang rendah mengganggu distribusi oksigen ke seluruh tubuh. Anemia sering kali menjadi indikator adanya penyakit, yang biasanya dikategorikan sebagai akut atau kronis. Anemia kronis berkembang dalam waktu lama, sedangkan anemia akut muncul

dengan cepat. Perbedaan antara anemia akut dan kronis dapat dilihat dari gejalanya. Pada anemia kronis, gejala muncul secara perlahan, sementara pada anemia akut, gejala muncul mendadak dan biasanya lebih parah (Rahayu dkk., 2019).

2. Tanda dan gejala anemia

Gejala-gejala anemia dapat terjadi akibat penurunan kadar hemoglobin yang cepat, karena rendahnya kadar hemoglobin memengaruhi kemampuan tubuh untuk membawa oksigen, sehingga aktivitas fisik pada anemia defisiensi zat besi dapat menyebabkan sesak napas. Menurut University of North Carolina (2002) dalam Briawan (2014), gejala anemia meliputi kelelahan, kulit yang pucat (termasuk kuku, bibir, gusi, mata, dan telapak tangan), detak jantung yang cepat saat melakukan aktivitas ringan, sesak napas saat beraktivitas ringan, nyeri dada, pusing, penglihatan kabur, mudah marah (seperti pada anak-anak), serta tangan dan kaki yang terasa dingin atau mati rasa (Zidni dkk., 2018).

3. Jenis-jenis anemia

Adapun jenis-jenis anemia yaitu :

a. Anemia defisiensi besi

Kondisi kekurangan zat besi dalam tubuh terjadi ketika tubuh tidak memiliki cukup zat besi. Kekurangan zat besi dapat disebabkan oleh masalah dalam penyerapan, penyalahgunaan, atau kehilangan zat besi, seperti yang terjadi pada perdarahan. Tanpa zat besi yang cukup, tubuh tidak dapat memproduksi hemoglobin dalam jumlah yang memadai untuk mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh (Anggita, 2020).

b. Anemia defisiensi vitamin

Anemia defisiensi nutrisi terjadi ketika tubuh kekurangan vitamin yang diperlukan untuk memproduksi sel darah merah yang sehat. Beberapa vitamin penting tersebut antara lain vitamin B12, B9, atau folat (Anggita, 2020).

c. Anemia makrositik

Pada anemia makrositik, sel darah merah memiliki ukuran yang lebih besar, dan jumlah hemoglobin dalam setiap sel meningkat (Fitriany dan Saputri, 2018). Anemia makrositik merupakan jenis anemia di mana MCV melebihi 100 fL, dengan sel darah merah yang tampak lebih besar dari ukuran normal pada apusan darah tepi (Setiawan dkk., 2016).

d. Anemia hemolitik

Anemia hemolitik terjadi ketika sel darah merah rusak lebih cepat daripada kemampuan sumsum tulang untuk menggantikannya, sehingga kadar hemoglobin menjadi rendah. Berdasarkan apakah imunoglobulin terlibat dalam proses hemolisis, anemia hemolitik dibagi menjadi dua jenis, yaitu anemia hemolitik imun dan anemia hemolitik non-imun. Pada anemia hemolitik imun, penghancuran sel darah merah terjadi akibat antibodi, biasanya IgG atau IgM, yang spesifik terhadap sel darah merah (autoantibodi). Sedangkan pada anemia hemolitik non-imun, hemolisis terjadi tanpa keterlibatan imunoglobulin, misalnya akibat defek molekuler, kelainan struktural sel darah merah, hemoglobinopati, dan faktor lain yang tidak melibatkan mekanisme imunologi (Paloma, 2023).

e. Anemia aplastik

Anemia aplastik adalah jenis anemia normositik normokrom yang terjadi akibat penurunan produksi eritrosit karena kerusakan pada jaringan sumsum tulang. Kondisi ini mengakibatkan gangguan dalam pembentukan sel darah merah dan dapat membahayakan kesehatan (Sutanegara, 2022).

4. Faktor-faktor yang mempengaruhi anemia

a. Penyakit kronis

Anemia yang terjadi pada penyakit kronis adalah anemia yang ditemukan pada berbagai kondisi inflamasi kronis. Berdasarkan penelitian Weiss dan Goodnough, anemia pada penyakit kronis adalah jenis anemia yang paling umum kedua setelah anemia defisiensi besi. Peradangan dan infeksi merangsang peningkatan sintesis hepsidin melalui aktivasi makrofag yang memproduksi interleukin 6 (IL-6), yang kemudian menginduksi hepsidin. Hepsidin ini menghambat penyerapan besi di usus halus dan mengurangi pelepasan besi dari makrofag, yang menyebabkan terjadinya anemia (Rorimpandey dkk., 2023).

b. Status gizi

Status gizi adalah kondisi yang dipengaruhi oleh keseimbangan antara asupan zat gizi dari makanan dan kebutuhan tubuh akan zat gizi untuk proses metabolisme. Status gizi dapat dipengaruhi oleh pola makan, seperti kebiasaan makan dan asupan zat besi yang diterima tubuh (Yumni dkk., 2021).

c. ISPA

Penyakit ISPA dapat melemahkan daya tahan tubuh, membuat seseorang lebih rentan terhadap infeksi. Virus dapat menurunkan sistem kekebalan tubuh, yang

mengganggu proses metabolisme tubuh, termasuk metabolisme hemoglobin, sehingga menyebabkan penurunan kadar hemoglobin. Selain itu, infeksi juga dapat memperlambat produksi darah, yang berpotensi menyebabkan anemia (Jasmine, 2014).

E. Galian C

Galian C adalah lokasi penambangan pasir yang dilakukan dengan menggunakan alat pengeruk pasir. Pasir dan batuan bisa ditemukan di berbagai tempat, seperti di sekitar gunung berapi, laut, sungai, dan bawah tanah. Galian C sering dimanfaatkan sebagai bahan utama untuk pembangunan infrastruktur, baik oleh individu maupun pemerintah. Proses kerja di Galian C dimulai dengan penentuan lokasi yang memiliki potensi sumber daya melalui survei dan metode geologi sederhana, pengurusan izin seperti Izin Usaha Pertambangan (IUP) atau Izin Pertambangan Rakyat (IPR) untuk memastikan legalitas dan mengurangi dampak lingkungan. Proses penambangan dilakukan dengan cara manual menggunakan alat sederhana atau dengan mesin berat, di mana material dikumpulkan, dipilah berdasarkan ukuran atau kualitas, serta dicuci bila perlu. Material yang sudah dipilah kemudian diangkut ke lokasi distribusi atau konsumen, sementara lahan bekas tambang harus direstorasi untuk mengembalikan ekosistem, meskipun hal ini sering diabaikan pada tambang ilegal (Aulia dkk., 2024).

F. Hubungan Pekerja Pengangkut Pasir Dengan Kadar Hemoglobin

Pekerja pengangkut pasir sering terpapar debu, melakukan aktivitas fisik yang berat, dan bekerja dalam kondisi lingkungan yang tidak ideal, yang dapat

memengaruhi kadar hemoglobin mereka. Aktivitas fisik yang berat meningkatkan kebutuhan oksigen tubuh, sehingga kadar hemoglobin yang rendah dapat menyebabkan kelelahan cepat dan menurunkan produktivitas. Paparan debu juga bisa menyebabkan masalah pernapasan yang mempengaruhi produksi hemoglobin. Selain itu, kekurangan asupan nutrisi, terutama zat besi, dapat menyebabkan anemia pada pekerja. Faktor-faktor seperti waktu kerja yang panjang, kurangnya waktu istirahat, dan minimnya penggunaan alat pelindung diri (APD) juga dapat memperburuk kondisi ini. Oleh karena itu, pemantauan kadar hemoglobin dan pemberian intervensi nutrisi yang tepat sangat penting untuk menjaga kesehatan dan kinerja pekerja (Widyaji dan Mahmudiono, 2017).