

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Darah

Darah adalah bentuk jaringan cair yang mengandung plasma darah (55% cairan intraseluler) dan sel darah di dalamnya (45% unsur padat), volume darah total kira-kira setengah berat badan. Secara fisiologis, volume darah diatur oleh tekanan osmotik koloid plasma dan protein jaringan yang bersifat konstan (Siswanto, 2017).

Darah adalah cairan kompleks yang memuat berbagai substansi di dalamnya. Secara makroskopis darah terlihat sebagai cairan yang homogen, merata sedikit kental dan berwarna merah karena adanya eritrosit. Sedangkan secara mikroskopis darah terdiri dari 2 bagian besar meliputi (Siswanto, 2017):

- Bagian cair atau plasma darah (55 - 60% dari seluruh volume darah).
- Bagian padat atau sel atau butir darah (40-45%) meliputi sel darah merah (*erythrocyte*), sel darah putih (*leucocyte*) dan keping darah (*thrombocyte*).

Temperatur normal pada darah adalah pada suhu 38°C dengan pH antara 7,35 hingga 7,45. Fungsi pH adalah sebagai sistem buffer untuk menjaga asam-basa kondisi darah yang berpengaruh pada fisiologis manusia (Rosita *dkk.*, 2019).

B. Hemoglobin

1. Pengertian hemoglobin

Hemoglobin atau ferrohemin adalah pigmen sel darah merah yang terdiri dari pigmen (*heme*) dan globin yang merupakan protein sederhana

(*histone*). Warna merah pada hemoglobin adalah akibat dari pigmen (*heme*), yaitu senyawa logam dengan atom besi pada pusat molekul porfirin (*ferrous-porphyrin*) yang menyusun 5% pigmen Hb (Siswanto, 2017).

Hemoglobin merupakan komponen utama sel darah merah yang berperan penting dalam pengangkutan oksigen dan karbondioksida (Yartireh and Hashemian, 2013). Ketika darah mengalir ke seluruh tubuh, hemoglobin merupakan biomolekul pengikat oksigen yang mengantarkan oksigen ke sel dan mengikat karbon dioksida (Maharani dan Noviar, 2018).

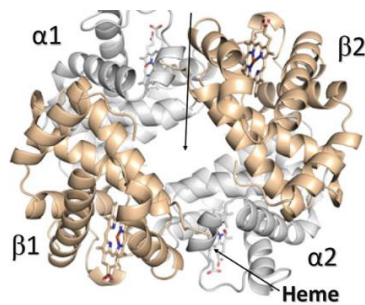
2. Struktur hemoglobin

Hemoglobin memiliki struktur yang unik dengan empat protein globular mengelilingi sebuah kelompok heme yang mengandung atom besi dan memiliki kemampuan untuk mengangkut oksigen dan karbon dioksida secara efisien (Steensma, et al., 2015). Pada kebanyakan vertebrata, Hb adalah tetramer yang terdiri dari dua subunit α ($\alpha 1$ dan $\alpha 2$) dan dua β -subunit ($\beta 1$ dan $\beta 2$) yang secara struktural serupa dan berukuran hampir sama (Ahmed et al., 2020).

Struktur setiap rantai dibentuk dari delapan heliks bergantian dengan tujuh segmen non heliks. Setiap rantai mengandung kelompok prostetik yang dikenal sebagai *heme* yang bertanggung jawab memberi warna merah pada darah. Molekul *heme* mengandung cincin porphyrin yang mengandung atom besi. Pada molekul heme zat besi akan melekat dan membawa oksigen serta karbon dioksida melalui darah. Hemoglobin mengikat empat molekul oksigen per tetramer, oksigen dapat terikat pada hemoglobin jika sudah terdapat molekul oksigen lain pada tetramer yang sama. Dengan demikian, hemoglobin memiliki kinetika pengikatan yang sebanding atau suatu sifat yang memungkinkannya

mengikat oksigen dalam jumlah maksimum ke jaringan perifer. Hemoglobin tidak hanya membawa oksigen dari paru ke jaringan perifer, tetapi juga membawa karbon dioksida (CO₂) dari jaringan ke paru - paru untuk dihembuskan (Anamisa, 2015).

Ion nitrit (NO₂⁻), oksida nitrat (NO), karbon monoksida (CO), sianida (CN⁻), sulfur monoksida (SO) dan sulfida (S²⁻) juga dapat berikatan dengan sisi distal heme, namun bertindak sebagai inhibitor kompetitif bagi oksigen. Beberapa dari senyawa ini berikatan dengan afinitas yang jauh lebih tinggi daripada oksigen, membuat senyawa ini sangat beracun bagi manusia (Ahmed et al., 2020).



Sumber : (Ahmed *et al.*, 2020)

Gambar 1 Struktur hemoglobin

3. Fungsi hemoglobin

Fungsi utama hemoglobin adalah untuk membawa oksigen (O₂) dari paru-paru ke jaringan, mengikat dan melepaskan O₂ secara kooperatif (Ahmed et al., 2020). Hemoglobin adalah dapur berbasis asam (seperti protein pada umumnya), oleh karena itu hemoglobin bertanggung jawab atas sebagian besar transportasi dalam darah. Seperti yang sudah dijabarkan fungsi utama dari hemoglobin adalah transportasi O₂ dan CO₂ di paru-paru dan ke jaringan (Anamisa, 2015).

4. Kadar hemoglobin

Kadar hemoglobin adalah ukuran dari pigmen respiratorik dalam butiran darah merah. Berdasarkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2011 nilai rujukan kadar hemoglobin adalah sebagai berikut:

Tabel 1
Nilai Rujukan kadar Hemoglobin

Nilai Rujukan	Kadar Hemoglobin
Pria	13 - 18 g/dL
Wanita	12 - 16 g/dL

Sumber : Kementerian Kesehatan RI Tahun 2011

Secara umum, jumlah hemoglobin kurang dari 12 g/dL menunjukkan indikasi anemia. Anemia merupakan penurunan massa sel darah merah atau penurunan konsentrasi hemoglobin yang secara fungsional anemia adalah penurunan kompetensi darah untuk membawa oksigen ke jaringan sehingga menyebabkan hipoksia jaringan (Hamid, 2013).

Gejala anemia tergantung pada tingkat gangguan dalam kapasitas transportasi oksigen darah, perubahan total darah volume, tingkat di mana perubahan ini terjadi, tingkat keparahan penyakit yang mendasari berkontribusi terhadap anemia, dan kekuatan dari sistem kardiovaskular dan hematopoietik untuk memulihkan dan mengkompensasi (Hamid, 2013). Gejala anemia umumnya adalah kelelahan. Jumlah sel darah merah yang rendah juga bisa menyebabkan sesak napas, pusing, sakit kepala, tangan atau kaki dingin, kulit, gusi dan kuku pucat, nyeri dada, lesu dan detak jantung tidak teratur (palpitasi) (Soundarya, 2017).

Peningkatan kadar hb dapat disebabkan oleh hemokonsentrasi (polisitemia, luka bakar), penyakit paru-paru kronik dan gagal jantung

kongestif, selain itu peningkatan kadar hemoglobin dapat disebabkan oleh penurunan kadar oksigen, dalam hal ini tubuh akan bereaksi dengan homeostatis, untuk mengkompensasi penurunan tekanan oksigen dan memperbaiki proses eritropoiesis, sehingga kadar hemoglobin meningkat (Maulidinna *dkk.*, 2020).

Umumnya gejala peningkatan hemoglobin nonspesifik seperti lemas, pusing akibat hiperviskositas darah. Dalam keadaan tertentu, pasien dapat mengeluhkan gejala yang mengganggu seperti nyeri dada atau nyeri perut (Cahyanur dan Rinaldi, 2019).

5. Faktor yang mempengaruhi hemoglobin

Rentang normal kadar hemoglobin sulit untuk ditentukan karena bervariasinya kadar hemoglobin di antara kelompok etnis. Selain itu, banyak hal yang dapat mempengaruhi kadar hemoglobin di antaranya adalah usia, jenis kelamin, asupan zat besi (status gizi), keadaan demografis, gas – gas toksik, aktivitas fisik, gaya hidup (minuman alkohol, kafein, merokok), serta penyakit kronis (Nurdiana, 2015).

a. Usia

Secara umum lanjut usia memiliki kadar hemoglobin yang lebih rendah dibandingkan pada usia muda. Umumnya lanjut usia menyerap beberapa nutrisi penting dengan tidak maksimal dan lebih rentan terhadap penyakit (Prasetya *dkk.*, 2014). Usia dikategorikan dalam beberapa fase yaitu remaja awal 12 – 16 tahun, remaja akhir 17 – 25 tahun, dewasa awal 26 - 35 tahun, dewasa akhir 36 – 45 tahun, lansia awal 46 – 55 tahun dan lansia akhir 56 – 65 tahun (Windri *dkk.*, 2019).

b. Jenis kelamin

Umumnya laki - laki memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi daripada perempuan dikarenakan perempuan mengalami fase haid. Pengeluaran darah selama haid (menstruasi) menunjukkan kehilangan simpanan zat besi secara cepat sesuai dengan banyaknya darah yang keluar (Hadijah *dkk.*, 2019).

c. Asupan zat besi (status gizi)

Kekurangan nutrisi seperti zat besi dapat menyebabkan terjadinya anemia dikarenakan tidak memadainya zat gizi yang dibutuhkan untuk memproduksi sel darah merah (eritrosit) (Sari *dkk.*, 2020). Daging adalah sumber protein, zat besi, seng yang kaya dan nutrisi lainnya konsumsinya sangat penting untuk memenuhi kebutuhan fisiologis tubuh. Kebutuhan zat besi meningkat karena pertumbuhan tubuh yang cepat, perluasan volume darah dan massa otot, sehingga terjadi ketidakseimbangan antara kebutuhan dan asupan membuat remaja khususnya perempuan lebih rentan terhadap anemia gizi (Paracha *et al.*, 2016).

d. Keadaan demografis

Tantangan terbesar yang dihadapi manusia di ketinggian adalah penurunan tekanan parsial oksigen yang dihasilkan dari penurunan tekanan barometrik. Mengikuti paparan terhadap tekanan parsial oksigen yang rendah, manusia merespons dengan meningkatkan laju dan kedalaman pernapasan mereka untuk memastikan oksigenasi yang memadai. Adaptasi morfologis ini mengakibatkan volume udara yang terhirup saat menarik nafas menjadi lebih besar yang berdampak pada berkurangnya frekuensi nafas per menit. Penurunan frekuensi nafas per menit pada penduduk dataran tinggi juga dikaitkan dengan

tingkat saturasi oksigen penduduk dataran tinggi dibandingkan dengan tingkat saturasi oksigen penduduk dataran rendah (Bahri *dkk.*, 2022).

e. Paparan zat toksik

Manusia dan organisme lainnya, dapat terpapar oleh zat-zat toksik melalui berbagai sumber seperti udara. Pejanan ini pada umumnya secara akut tidak membahayakan namun dapat memberi efek buruk pada jangka panjang. Salah sumber zat toksik adalah dari timbunan sampah organik yang sudah mengalami proses dekomposisi secara *anaerobic* (Puger, 2018).

f. Lama bekerja

Lama bekerja adalah waktu yang dihabiskan oleh tenaga kerja di tempat kerja. Masa kerja dapat berdampak positif pada kinerja seperti semakin lama masa kerja seseorang maka semakin berpengalaman dalam menjalankan tugasnya, sebaliknya dapat berdampak negative ketika pekerja mengalami gangguan kesehatan dan timbul rasa bosan akibat pekerjaan yang monoton (Uyun dan Indriawati, 2013).

g. Aktivitas fisik

Aktivitas fisik adalah setiap gerakan yang berasal dari otot tubuh yang membutuhkan pengeluaran energi. Aktivitas fisik dapat mempercepat metabolisme, menyebabkan asam (ion hidrogen dan asam laktat) meningkat dan dengan demikian tingkat pH akan menurun. pH rendah akan mengurangi daya tarik antara oksigen dan hemoglobin. Akibatnya hemoglobin melepaskan lebih banyak oksigen sehingga meningkatkan suplai oksigen ke otot (Rosita *dkk.*, 2019).

h. Gaya hidup (minuman alkohol, kafein, merokok)

Faktor gaya hidup yang berpengaruh pada kadar hemoglobin adalah perilaku merokok dan konsumsi zat yang menghambat penyerapan zat besi. Zat yang dapat menghambat penyerapan besi seperti kafein, tanin, oksalat, fitat, yang terdapat dalam produk-produk kopi, teh, dan kacang kedelai (Rosita *dkk.*, 2019).

i. Penyakit kronis

APK (Anemia Penyakit Kronis) disebabkan oleh terganggunya fungsi sel darah merah akibat ketidakmampuan penggunaan zat besi dengan efisien (Hadiyanto *dkk.*, 2018).

C. Mekanisme Paparan Gas Toksik Terhadap Kadar Hemoglobin

Dampak lingkungan yang utama dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah adalah pencemaran udara yang disebabkan oleh proses pembusukan sampah (Singga, 2016). Komponen gas yang dihasilkan akibat adanya proses pembusukan sampah seperti Hidrogen Sulfida (H_2S), Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO_2), Ammoniak (NH_3), Fosfor (PO_4), Sulfur Oksida (SO_4), maupun Metana (CH_4) (Hidayatullah dan Mulasari, 2020). Semakin banyak sampah yang di dekomposisi, akan semakin banyak pula jumlah gas-gas yang dihasilkan. Gas-gas tersebut dapat menurunkan kualitas udara di lingkungan TPA (Singga, 2016).

Oksigen berperan penting dalam semua proses tubuh secara fungsional dan kebutuhan oksigen merupakan kebutuhan yang paling utama dan sangat vital bagi tubuh. Kekurangan oksigen dapat menyebabkan metabolisme berlangsung tidak sempurna. Pemeliharaan oksigenasi jaringan tergantung pada

3 sistem organ yaitu sistem kardiovaskuler, hematologi, dan respirasi (Uyun dan Indriawati, 2013).

Sintesis hemoglobin dalam darah berlangsung dari perkembangan eritroblas sampai retikulosit, meskipun eritrosit muda meninggalkan sumsum tulang dan masuk ke dalam aliran darah, mereka akan terus membentuk hemoglobin dalam jumlah kecil selama hari-hari berikutnya. Penurunan oksigen dapat mengakibatkan perubahan struktur dan fleksibilitas sel darah merah yang mengangkut hemoglobin, sehingga kemampuan sel darah merah untuk mengangkut haemoglobin akan berkurang (Handayani dalam Uyun dan Indriawati, 2013).

D. Pemeriksaan Kadar Hemoglobin

1. Hb sahli atau haemoglobinometer

Metode sahli adalah metode pembacaan hemoglobin secara visual berdasarkan satuan warna (*colorimetric*). Metode yang diaplikasikan adalah dengan perbandingan antara warna sampel darah dengan warna standar. Pemeriksaan Hb dengan menggunakan metode Sahli lebih mudah dan ekonomis, namun hasil diperoleh dengan subjektif sehingga dapat berpengaruh pada hasil pemeriksaan (Puspitasari *dkk.*, 2020). Prinsip dari metode Sahli adalah membandingkan warna asam hematin coklat yang telah di rubah dari hemoglobin dengan asam klorida 0,1 N pada alat standart hemoglobinometer.

2. *Sianmethemoglobin*

Metode *sianmethemoglobin* banyak digunakan dalam laboratorium klinik untuk tujuan klinis pemeriksaan kadar hemoglobin dikarenakan mudah untuk dilakukan dan hasil pemeriksaan lebih akurat daripada metode Sahli

(Norsiah, 2015). Prinsip dari pemeriksaan *sianmethemoglobin* adalah *heme (ferro)* dioksidasi oleh kalium ferrisianida menjadi (ferri) methemoglobin kemudian methemoglobin bereaksi dengan ion sianida membentuk *sianmethemoglobin* yang berwarna coklat, absorban diukur dengan kolorimeter atau spektrofotometer pada λ 540 nm.

3. *Point of care testing (POCT)*

Pada metode POCT ini menggunakan sampel pemeriksaan darah kapiler dengan menggunakan teknologi yang menghasilkan muatan listrik dengan biosensor terhadap hemoglobin dan elektroda strip (Puspitasari *dkk.*, 2020). Cara pemeriksaan POCT adalah sebagai berikut (Nidianti *dkk.*, 2019):

4. *Hematology analyzer*

Hematology Analyzer adalah alat yang digunakan untuk memeriksa darah lengkap dengan cara menghitung dan mengukur sel darah secara otomatis berdasarkan impedansi aliran listrik atau berkas cahaya terhadap sel-sel yang di lewatkan (Ginting, 2016).