

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tuberkulosis (TB)**

##### **1. Defenisi Tuberkulosis**

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penularannya terjadi melalui droplet dari penderita yang telah terinfeksi kuman TB. Hingga saat ini, TB masih menjadi salah satu permasalahan kesehatan utama, baik secara nasional maupun global. Penyakit ini merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia setiap tahunnya, setelah infeksi Human Immunodeficiency Virus (HIV). Meskipun TB umumnya menyerang paru-paru, bakteri ini juga dapat menginfeksi organ tubuh lainnya (Khariri, 2020).

##### **2. Cara Penularan**

Tuberkulosis merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dan ditularkan melalui udara dalam bentuk droplet nuklei yang dikeluarkan saat penderita batuk, bersin, atau berbicara. Droplet yang mengandung bakteri ini dapat terhirup oleh orang lain, menginfeksi paru-paru, dan kemudian menyebar ke organ lain melalui aliran darah, sistem limfatik, saluran pernapasan, atau secara langsung. Sumber penularan utama berasal dari pasien TBC dengan hasil BTA (Basil Tahan Asam) positif, di mana semakin tinggi tingkat positif BTA-nya, semakin besar kemungkinan penularannya. Sebaliknya, individu dengan

hasil BTA negatif umumnya dianggap memiliki risiko penularan yang rendah (Khariri, 2020).

### **3. Faktor Yang Mempengaruhi Tuberkulosis**

#### **1. Usia**

Kasus kematian akibat TBC banyak terjadi pada usia produktif (20–49 tahun), yakni sekitar 58%. Di Indonesia, sekitar 75% penderita TBC berada dalam rentang usia 15–50 tahun.

#### **2 Jenis Kelamin**

TBC lebih banyak diderita oleh laki-laki, kemungkinan karena kebiasaan merokok dan frekuensi interaksi sosial yang lebih tinggi dibanding perempuan.

#### **3. Kepadatan Hunian**

Rumah dengan jumlah penghuni yang melebihi standar dapat mempercepat penyebaran TBC. Standar minimum luas rumah untuk rumah sederhana adalah 10 m<sup>2</sup> per orang, dan kamar tidur minimal 3 m<sup>2</sup> per orang.

#### **4. Ventilasi Rumah**

Ventilasi yang baik membantu mengurangi risiko penularan TBC karena percikan droplet dapat bertahan lebih lama di ruangan yang gelap dan lembap. Paparan sinar matahari juga berperan dalam membunuh bakteri.

#### **4. Pengobatan Tuberkulosis**

Pengobatan TBC dilakukan dengan Obat Anti Tuberkulosis (OAT) menggunakan pendekatan DOTS (Directly Observed Treatment Shortcourse) (Kumalasari, 2017). Terdapat beberapa kategori pasien:

- Kategori I: Pasien baru
- Kategori II: Pasien yang gagal atau kambuh setelah pengobatan sebelumnya
- Kategori III: Pasien baru dengan BTA negatif tetapi hasil rontgen menunjukkan positif
- Sisipan: Digunakan jika BTA masih positif setelah fase awal pengobatan

Tahapan pengobatan yang dilakukan:

1. Fase Intensif (2 bulan) – Obat diminum setiap hari dan diawasi ketat:

- INH: 300 mg
- Rifampisin: 450 mg
- Pirazinamid: 1500 mg
- Etambutol: 750 mg

2. Fase Lanjutan (4 bulan) – Obat dikonsumsi 3 kali seminggu:

- INH: 600 mg
- Rifampisin: 450 mg

#### **5. Jenis Obat Anti Tuberkulosis (OAT)**

- Isoniazid (INH): Bakterisid, efektif membunuh 90% kuman dalam beberapa hari.
- Rifampisin: Bakterisid, mampu membunuh kuman yang tidak dibasmi oleh INH.

- Pirazinamid: Bakterisid, efektif di lingkungan asam di dalam sel.
- Etambutol: Menekan pertumbuhan bakteri, termasuk yang resisten terhadap INH.

## **6. Efek Samping Obat TBC**

- 1.INH: Hepatitis, kesemutan, nyeri otot, gatal, dan gangguan saraf tepi.
- 2.Rifampisin: Hepatitis, sesak napas, gagal ginjal, gatal, mual, demam, dan anemia.
- 3.Pirazinamid: Hepatitis, nyeri sendi, demam, mual, dan gangguan metabolisme vitamin B6.
- 4.Etambutol: Gangguan penglihatan, terutama buta warna merah-hijau.

## **B. Darah**

### **1. Definisi darah**

Darah adalah cairan esensial dalam tubuh yang memiliki peran utama dalam mengedarkan berbagai zat penting yang dibutuhkan untuk mendukung kerja organ dan sistem tubuh. Zat-zat ini mencakup oksigen, karbon dioksida, sisa hasil metabolisme, hormon, serta nutrisi. Salah satu fungsi utama darah adalah membawa oksigen (O<sub>2</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), pembuangan limbah metabolik, distribusi sel imun seperti leukosit dan antibodi, serta senyawa pelindung lainnya. Selain itu, darah juga berperan dalam menyampaikan hormon dari satu organ ke organ target, serta menjaga keseimbangan cairan dan tingkat keasaman tubuh (Puspitasari & Aliviameita, 2024).

Darah memiliki warna merah khas yang berasal dari hemoglobin, yaitu protein yang mengandung zat besi dan berfungsi sebagai pengikat oksigen. Komponen darah meliputi air, protein, mineral, dan garam. Darah juga terdiri dari beberapa jenis sel dengan fungsi masing-masing. Tiga jenis utama dalam darah manusia adalah sel darah merah, sel darah putih, dan keping darah (Lubis, 2021).

## **2. Komponen darah**

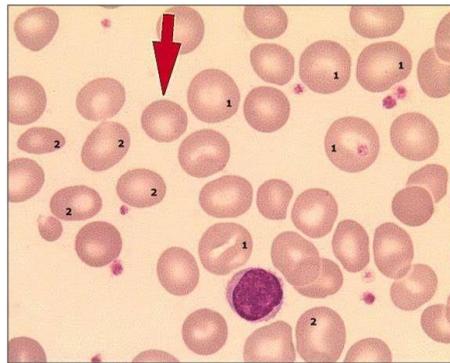
Ada empat komponen yang ada dalam darah, yaitu plasma darah, sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit:

### **1. Plasma darah**

Plasma darah merupakan komponen terbesar dalam darah yang berbentuk cairan bening agak kekuningan dan berfungsi sebagai matriks ekstraseluler. Warna kekuningan ini disebabkan oleh hasil pemecahan sel darah merah yang sudah tua berupa bilirubin, Plasma darah mengandung pigmen seperti karotenoid dan hemoglobin, serta protein pengangkut zat besi seperti transferrin. Komponen utama plasma adalah air, yang mencakup sekitar 92%, sementara sisanya sekitar 8% terdiri dari berbagai zat termasuk lemak, protein, glukosa, vitamin, hormon, enzim, antibodi, karbon dioksida, dan mineral lainnya. Tiga jenis protein utama yang terdapat dalam plasma adalah albumin, globulin, dan fibrinogen. Plasma memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan internal tubuh (homeostasis), mempertahankan tekanan dan volume darah yang stabil, mengangkut produk limbah metabolisme,

serta melindungi tubuh dari serangan infeksi (Puspitasari & Aliviameita, 2024).

## 2. Sel darah merah (Eritrosit)



**Gambar 1. Eritrosit(Nurhayati, 2016)**

Sel darah merah, atau eritrosit, merupakan jenis sel darah yang jumlahnya paling banyak, mencakup sekitar 99,9% dari total sel dalam darah. Eritrosit diproduksi di sumsum tulang melalui proses yang dinamakan eritropoiesis, yang dipicu oleh hormon eritropoietin yang dilepaskan oleh ginjal. Bentuknya yang khas berupa cakram bikonkaf memberikan keuntungan berupa rasio luas permukaan terhadap volume yang tinggi, sehingga memaksimalkan efisiensi dalam mengangkut oksigen dan karbon dioksida. Fungsi utama eritrosit adalah membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh, serta membawa karbon dioksida dari jaringan tubuh kembali ke paru-paru. Kemampuan ini didukung oleh keberadaan hemoglobin, yaitu protein kompleks yang mampu mengikat oksigen dan karbon dioksida (Antari et al., 2024).

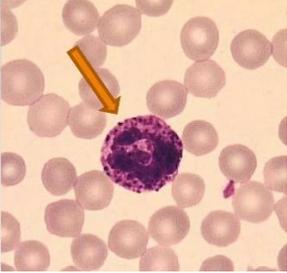
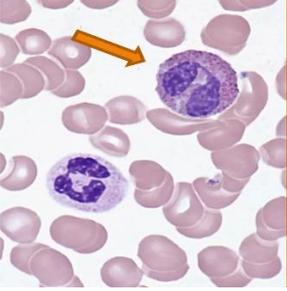
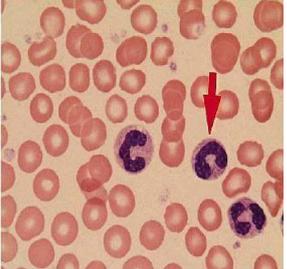
Eritrosit adalah elemen utama dalam darah karena jumlahnya yang paling banyak di antara sel darah lainnya. Secara normal, eritrosit

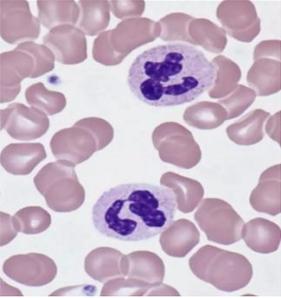
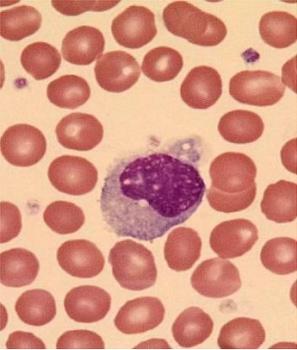
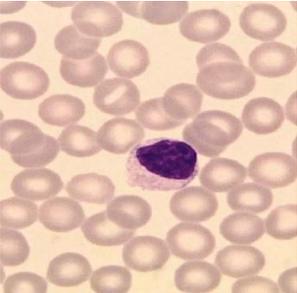
memiliki bentuk cakram cekung di kedua sisi (bikonkaf), tidak memiliki inti, serta berukuran sekitar 7–8 mikron dengan ketebalan 1,5–2,5 mikron. Dalam setiap mililiter darah, terdapat sekitar 3,5 hingga 5 juta eritrosit. Umur sel ini sekitar 120 hari, dan setelah masa hidupnya berakhir, eritrosit akan dihancurkan di hati (Puspitasari & Aliviameita, 2024).

### 3. Sel darah putih (Leukosit)

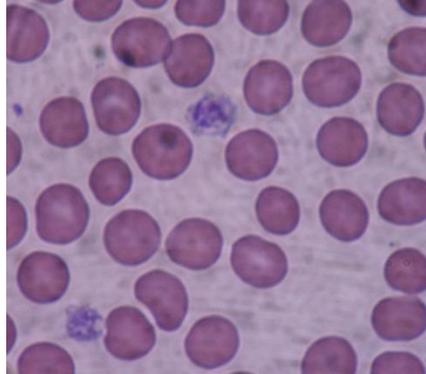
Leukosit merupakan bagian dari sistem imun tubuh yang berperan dalam mengenali dan merespons keberadaan zat asing yang dapat menyebabkan infeksi atau peradangan. Sel ini memiliki berbagai bentuk dan ciri khas yang berbeda. Umumnya, leukosit terbagi menjadi lima jenis utama, yaitu basofil, eosinofil, neutrofil, monosit, dan limfosit, yang masing-masing memiliki fungsi serta karakteristik tersendiri. Dibandingkan dengan eritrosit, leukosit berukuran lebih besar dan tidak memiliki warna. Pergerakannya dilakukan dengan membentuk kaki semu (pseudopodia). Umur leukosit berkisar antara 13 hingga 20 hari, dan jumlahnya dalam tubuh normalnya berada di kisaran 4.000 hingga 11.000 sel per milimeter kubik darah. Fluktuasi jumlah leukosit dalam peredaran darah mencerminkan kemampuan tubuh dalam merespons keberadaan agen infeksi maupun proses inflamasi (Ainu'rohmah et al., 2020).

Jenis-jenis dan ciri-ciri Sel Leukosit meliputi Basofil, Eosinofil, Neutrofil Batang, Neutrofil Segmen, Monosit dan Limfosit (Djami, 2023)

Jenis Sel Leukosit	Ciri – ciri Sel
<p>Basofil</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granula kasar</li> <li>- Warna biru</li> <li>- Inti poliform</li> <li>- Plasma rose</li> <li>- Diameter 4<math>\mu</math>m</li> </ul>
<p>Eosinofil</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granula teratur</li> <li>- Warna ungu kemerahan</li> <li>- Plasma rose</li> <li>- Inti tembereng dua</li> <li>- Diameter 16 <math>\mu</math>m</li> </ul>
<p>Neutrofil Batang</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granula ungu halus dan tersebar</li> <li>- Inti berbentuk batang</li> <li>- Diameter 14 <math>\mu</math>m</li> <li>- Plasma rose</li> </ul>
<p>Neutrofil Segmen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granula ungu halus dan tersebar</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inti berbentuk segmen (lobus)</li> <li>- Diameter 14 <math>\mu\text{m}</math></li> <li>- Plasma rose</li> </ul>
<p>Monosit</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak memiliki granula</li> <li>- Inti berlekuk</li> <li>- Plasma biru</li> <li>- Diameter 18 <math>\mu\text{m}</math></li> </ul>
<p>Limfosit</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak memiliki granula</li> <li>- Inti bulan dan hamper menutupi plasma</li> <li>- Warna biru jernih</li> <li>- Diameter 12 <math>\mu\text{m}</math></li> </ul>

#### 4. Keping darah (Trombosit)



**Gambar 3. Trombosit(Nurhayati, 2016)**

Trombosit, atau disebut juga keping darah, merupakan komponen darah yang tidak memiliki inti sel dan berukuran kecil dengan diameter sekitar 2 hingga 4 mikron. Dalam setiap mililiter darah, terdapat sekitar 150.000 hingga 400.000 trombosit. Umur trombosit berkisar antara 5 sampai 9 hari, dan ketika sudah tua atau mati, sel-sel ini akan dikeluarkan dari peredaran darah, terutama oleh sel makrofag. Fungsi utama trombosit adalah membantu proses pembekuan darah atau koagulasi (Puspitasari & Aliviameita, 2024).

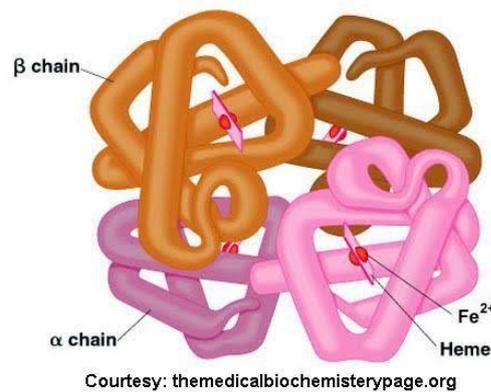
### **C. Hemoglobin (Hb)**

#### **1. Defenisi Hemoglobin**

Hemoglobin adalah protein yang terdapat dalam sel darah merah dan memiliki peran utama dalam mengangkut oksigen ( $O_2$ ) dari paru-paru ke seluruh tubuh serta membawa karbon dioksida ( $CO_2$ ) dari jaringan tubuh kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan. Setiap sel darah merah mengandung sekitar 640 juta molekul hemoglobin yang mendukung proses ini. Pengukuran kadar hemoglobin dapat dilakukan

secara visual maupun dengan metode fotoelektrik. Secara umum, kadar hemoglobin normal pada pria dewasa berkisar antara 14 hingga 18 g/dL, sedangkan pada wanita dewasa berkisar antara 12 hingga 16 g/dL (Mursalim et al., 2022).

## 2. Struktur Hemoglobin



**Gambar 1. Struktur Hemoglobin (Hasanan,2018)**

Hemoglobin tersusun atas empat rantai protein (dikenal sebagai rantai globin) yang saling berikatan. Pada hemoglobin normal orang dewasa (HbA), struktur ini terdiri dari dua rantai alfa-globin dan dua rantai beta-globin. Sementara itu, pada janin maupun bayi yang baru lahir, hemoglobin terdiri dari dua rantai alfa dan dua rantai gamma, yang disebut sebagai hemoglobin fetal (HbF). Pada manusia dewasa, hemoglobin berbentuk tetramer, yakni terdiri dari empat subunit protein yang berikatan secara non-kovalen, masing-masing dua subunit alfa dan dua subunit beta. Keempat subunit ini memiliki struktur yang mirip serta ukuran yang hampir sama. Setiap subunit memiliki massa molekul

sekitar 16.000 Dalton, sehingga total berat molekul hemoglobin mencapai kurang lebih 64.000 Dalton (Nisa, 2017).

## **5. Pembentukan Hemoglobin**

Pembentukan hemoglobin berlangsung di sumsum tulang belakang melalui sejumlah tahapan pematangan. Sel darah merah muda yang disebut retikulosit dilepaskan ke dalam aliran darah dari sumsum tulang dan terus memproduksi sedikit hemoglobin selama 24–48 jam masa pematangannya. Seiring bertambahnya usia, sel darah merah menjadi kaku dan rapuh, hingga akhirnya mengalami kerusakan. Hemoglobin yang dilepaskan saat sel darah merah pecah akan difagositosis oleh organ seperti limpa, hati, dan sumsum tulang, lalu dipecah menjadi heme dan globin. Globin digunakan kembali sebagai sumber asam amino, sedangkan zat besi yang berasal dari heme diangkut oleh transferin dalam plasma darah menuju sumsum tulang untuk digunakan dalam pembentukan sel darah merah baru (Sogen, 2019).

## **6. Jenis-Jenis Hemoglobin**

### **1. Oksihemoglobin**

Hemoglobin yang belum mengikat oksigen (hemoglobin tereduksi) berwarna ungu muda, sedangkan hemoglobin yang telah sepenuhnya berikatan dengan oksigen—masing-masing unit hem dan globinnya membawa dua atom oksigen—berwarna merah

kekuningan. Setiap gram hemoglobin mampu mengangkut sekitar 1,34 mL oksigen.

## 2. Karboksihemoglobin

Karbon monoksida memiliki afinitas terhadap hemoglobin yang jauh lebih besar dibandingkan oksigen, yakni sekitar 200 kali lipat, sehingga dapat dengan mudah menggantikannya dalam ikatan dengan hemoglobin.

## 3. Methemoglobin

Methemoglobin adalah bentuk hemoglobin yang mengandung besi dalam bentuk  $\text{Fe(III)OH}$ , dan tidak mampu membawa oksigen. Kondisi methemoglobinemia dapat terjadi akibat penggunaan obat-obatan seperti fenasetin atau sulfonamida, paparan nitrit dari konversi nitrat berlebih di usus (misalnya dari pengawet makanan atau air sumur yang terkontaminasi), serta paparan zat seperti anilin melalui kulit.

## 4. Sulfhemoglobin

Merupakan bentuk hemoglobin yang tidak stabil dan serupa dengan methemoglobin dalam hal ketidakmampuannya mengikat oksigen. Sulfhemoglobinemia bisa muncul akibat konsumsi obat-obatan tertentu, terutama jika terdapat hidrogen sulfida dalam tubuh, misalnya di usus, yang memicu reaksi kimia pembentukannya.

## 5. Mioglobin

Mioglobin adalah bentuk sederhana dari hemoglobin, terdiri dari satu molekul hem dan globin yang mengandung satu atom besi, dengan berat molekul sekitar 17.000. Mioglobin terdapat di otot rangka dan jantung, berfungsi sebagai cadangan oksigen dalam jumlah kecil, yang akan dilepaskan saat terjadi cedera otot (crush injury) atau kekurangan oksigen (iskemia).

## 6. Hemoglobin Terlikosilasi

Hemoglobin dapat mengalami glikosilasi secara nonenzimatik ketika glukosa darah masuk ke dalam sel darah merah dan berinteraksi dengan gugus amino pada ujung terminal protein hemoglobin, membentuk derivat glikosilat melalui gugus hidroksil anomerik glukosa.

## 7. Haptoglobin

Haptoglobin merupakan protein globulin tipe  $2\alpha$  yang secara khusus berikatan dengan hemoglobin bebas dalam darah.

Fungsinya adalah mengikat hemoglobin saat terjadi hemolisis intravaskular, membantu mengatur dan mendaur ulang zat besi; kapasitas pengikatannya mencapai sekitar 1,25 g/L (Kumalasari, 2017).

## **7. Nilai Normal**

Kadar hemoglobin normal akan berbeda pada setiap kelompok usia

- a. Laki-laki dewasa 13,4-17,6 g/dL dan perempuan dewasa 12,0-15,4 g/dL (Herawati,2016)
- b. Laki-laki dewasa 12,3-16,7 g/dL dan perempuan dewasa 12,0-15,6 g/dL (Rosida dan Hendriyono, 2015)

## **8. Faktor Yang Mempengaruhi Kadar Hemoglobin**

### **a. Besi**

Besi merupakan mikronutrien esensial yang berperan penting dalam pembentukan hemoglobin, yaitu protein dalam sel darah merah yang bertugas mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh. Kekurangan zat besi dapat menyebabkan anemia gizi besi, yang ditandai dengan terbentuknya sel darah merah berukuran lebih kecil dan kadar hemoglobin yang rendah. Selain untuk hemoglobin, besi juga dibutuhkan dalam pembentukan mioglobin di otot serta sebagai komponen penting dalam berbagai enzim pernapasan seperti sitokrom, oksidase, katalase, dan peroksidase. Sekitar 4% dari total besi dalam tubuh terdapat dalam bentuk mioglobin dan senyawa enzimatik seperti sitokrom dan flavoprotein. Meskipun jumlahnya kecil, senyawa-senyawa tersebut memiliki fungsi vital, terutama dalam proses oksidasi di dalam mitokondria yang menghasilkan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP). Mioglobin sendiri berperan dalam membantu

oksigen masuk ke dalam sel otot, sementara sitokrom dan enzim lain yang mengandung besi berkontribusi dalam proses pembentukan energi. (Mursalim et al., 2022)

b. Metabolisme besi dalam tubuh

Dalam tubuh manusia, besi terbagi menjadi dua jenis: besi fungsional dan besi cadangan. Besi fungsional digunakan dalam proses metabolisme dan mencakup komponen seperti hemoglobin, mioglobin, sitokrom, serta enzim hem dan non-hem. Jumlahnya berkisar antara 25 hingga 55 mg per kilogram berat badan. Sementara itu, besi cadangan berperan sebagai simpanan yang dapat digunakan ketika tubuh membutuhkannya untuk fungsi fisiologis, dengan jumlah sekitar 5 hingga 25 mg per kilogram berat badan. Cadangan besi ini umumnya disimpan dalam bentuk ferritin dan hemosiderin yang terdapat di hati, limpa, dan sumsum tulang. Proses metabolisme besi dalam tubuh mencakup tahapan penyerapan, transportasi, pemanfaatan, penyimpanan, dan pembuangan. (Sogen, 2019).

c. Pola makan

Untuk mempertahankan kadar hemoglobin yang normal, tubuh memerlukan asupan zat besi yang cukup. Zat besi berperan sebagai komponen utama dalam sintesis hemoglobin. Nutrisi ini bisa diperoleh dari berbagai jenis makanan, baik yang berasal dari hewan maupun tumbuhan. Beberapa makanan yang diketahui mengandung

zat besi dalam jumlah tinggi antara lain bayam merah, beras merah, hati sapi, kacang hijau, kacang merah, kedelai, kerang, oncom, telur bebek, tempe, ikan salmon, dan ikan tuna. Setiap 100 gram dari bahan makanan tersebut umumnya mengandung sekitar 4 mg zat besi. Selain itu, vitamin B12 juga berperan penting dalam proses pembentukan hemoglobin (Indah, 2017).

d. Usia

Hemoglobin pada bayi yang baru lahir cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan anak-anak maupun orang dewasa. Seiring bertambahnya usia, kadar hemoglobin cenderung mengalami penurunan, khususnya setelah usia 50 tahun. Namun, dalam beberapa kasus, anak-anak juga dapat mengalami penurunan kadar hemoglobin secara signifikan karena meningkatnya kebutuhan zat besi untuk mendukung proses tumbuh kembang mereka. Penuaan juga berkontribusi terhadap perubahan fungsi tubuh secara degeneratif, yang menyebabkan tubuh menjadi lebih rentan terhadap polutan dan semakin sulit untuk menoleransinya (Indah, 2017).

e. Jenis kelamin

Secara umum, pria cenderung memiliki kadar hemoglobin (Hb) yang lebih tinggi dibandingkan wanita. Perbedaan ini berkaitan dengan perbedaan hormon antara pria dan wanita. Selain itu, kadar Hb pada wanita lebih rendah karena aktivitas fisik mereka umumnya

lebih ringan dibandingkan pria, serta adanya kehilangan darah secara rutin akibat menstruasi (Arbianti, 2016).

## 9. Pemeriksaan Hemoglobin

Di laboratorium, kadar Hemoglobin dapat ditentukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan menggunakan metode sahli (visual) dan metode sianmethemoglobin. Pemeriksaan hemoglobin dilakukan secara otomatis dengan menggunakan alat hematologi analyser.

### a. Metode sahli (visual)

Saat darah direaksikan dengan larutan HCl 0,1 N, hemoglobin akan berubah menjadi asam hematin yang memiliki warna coklat. Warna ini kemudian dicocokkan secara visual dengan standar tetap pada skala alat, yang menunjukkan konsentrasi hemoglobin dalam satuan gram persen (gr%) atau gram per desiliter (gr/dL) (Djami, 2023).

### b. Metode sianmethemoglobin

Ferri sianida dalam larutan drebkins akan mengubag basa hemoglobin dari bentuk fero hemoglobin menjadi sianmethemoglobin yang berwarna yang berwarna stabil. Intensitas warna diukur pada fotometer dengan panjang gelombang 546 nm (Djami,2023)

c. Metode POCT

Kadar hemoglobin dalam sampel diukur melalui perubahan potensial listrik yang terjadi secara singkat akibat interaksi kimia antara sampel dengan elektroda pada strip reagen (Puspitasari,2020)

- d. Pemeriksaan kadar hemoglobin dalam darah secara otomatis dilakukan menggunakan alat Hematology Analyzer Mindray. Alat ini bekerja dengan prinsip pengukuran sel darah secara otomatis melalui hambatan aliran listrik (impedansi) atau deteksi berkas cahaya.

Langkah-langkah pengoperasian alat ini adalah sebagai berikut:

1. Sambungkan kabel daya ke stabilisator (stavo).
2. Nyalakan alat dengan menekan saklar on/off yang terletak di bagian belakang kanan bawah alat.
3. Setelah dinyalakan, alat akan melakukan pemeriksaan otomatis (self-check). Pada tahap ini, semua parameter pemeriksaan akan tampil dengan nilai nol (0) atau tanda bintang (\*). Jika ada nilai yang berbeda, lakukan prosedur start-up hingga seluruh parameter kembali menunjukkan nol atau tanda bintang.
4. Setelah alat berada dalam kondisi ready, lanjutkan dengan menyiapkan sampel:

- Pastikan sampel darah telah tercampur merata dengan antikoagulan.
  - Masukkan tabung sampel ke Jarum Sampel Probe hingga jarum menyentuh dasar tabung.
  - Tekan tombol Aspirate Key pada alat, maka alat akan secara otomatis menyedot sampel. Setelah jarum terangkat otomatis, tabung dapat dilepaskan.
  - Hasil pemeriksaan akan langsung ditampilkan di layar dan tercetak secara otomatis
- e. Langkah-langkah Pemeriksaan Kadar Hemoglobin dengan Haemositometer Improved Neubauer:
1. Siapkan bilik hitung dan kaca penutup dalam kondisi bersih dan kering.
  2. Basahi kedua ujung kaca penutup dengan sedikit air.
  3. Tempelkan kaca penutup di atas bilik hitung.
  4. Geser kaca penutup naik turun hingga terlihat cincin Newton (pola pelangi) di kedua ujungnya.
  5. Gunakan pipet Thoma untuk leukosit: ambil darah sampai garis 0,5, lalu tambahkan larutan Turk hingga mencapai garis 11.
  6. Bersihkan bagian luar ujung pipet dari sisa darah, tetapi pastikan volume darah dalam pipet tidak berkurang.
  7. Kocok larutan selama satu menit agar homogen, lalu buang 2-3 tetes pertama.

8. Teteskan campuran ke dalam bilik hitung dengan membiarkannya mengalir dari pinggir kaca penutup.
9. Inkubasi selama 1–2 menit dalam cawan petri yang dilapisi kapas basah agar sel leukosit mengendap.
10. Hitung jumlah leukosit pada 4 kotak besar (area W) menggunakan lensa objektif 40x.
11. Gunakan rumus berikut untuk menghitung jumlah sel leukosit:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah leukosit} &= \text{Jumlah sel yang terhitung} \times \text{Volume} \times \text{Pengenceran} \\ &= N \text{ Sel} \times 2,5 \times 20 = N \text{ Sel} \times 50 \end{aligned}$$

#### **D. Hubungan Hemoglobin dan Tuberkulosis**

Hemoglobin adalah protein kompleks yang mengandung zat besi (Fe) dan terdapat dalam sel darah merah (eritrosit). Fungsi utamanya adalah mengangkut oksigen (O<sub>2</sub>) dari paru-paru ke seluruh tubuh, kemudian menukar oksigen tersebut dengan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari jaringan tubuh untuk dikeluarkan kembali melalui paru-paru (Nasution, 2015).

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyebaran penyakit ini terjadi melalui percikan droplet yang mengandung bakteri TB. Walaupun umumnya TB menyerang paru-paru, infeksi ini juga bisa menyebar ke organ tubuh lainnya (Ahmadi et al., 2021).

Pengobatan tuberkulosis (TB) kerap menimbulkan berbagai efek samping akibat penggunaan obat anti tuberkulosis (OAT). Isoniazid, misalnya,

dapat menimbulkan hepatitis, neuritis perifer, serta reaksi hipersensitivitas. Rifampisin dapat menyebabkan gangguan saluran pencernaan, ruam kulit, hepatitis, trombositopenia, peningkatan kadar enzim hati, serta perubahan warna cairan tubuh menjadi oranye kemerahan. Pirazinamid berisiko menyebabkan kerusakan hati, nyeri pada sendi, dan gangguan pencernaan. Etambutol bisa memicu neuritis optik, penurunan ketajaman penglihatan, gangguan dalam membedakan warna merah dan hijau, penyempitan lapang pandang, reaksi alergi, serta masalah pencernaan. Sementara itu, streptomisin dapat menimbulkan efek samping berupa kerusakan pada telinga (ototoksisitas) dan ginjal (nefrotoksisitas) (Bestari dan Adang, 2014).

Penurunan kadar hemoglobin dapat mengakibatkan berkurangnya oksigen di paru-paru, yang dapat menyebabkan gejala TB seperti sesak napas. Anemia, yang menunjukkan kadar Hb di bawah nilai normal, merupakan salah satu gangguan hematologi yang sering terjadi. Tuberkulosis dapat menyebabkan gangguan hematologi, yang dapat menjadi petunjuk penting dalam diagnosis, indikasi adanya komplikasi, atau sebagai komplikasi dari penggunaan obat anti tuberkulosis (OAT). Pengobatan TB bertujuan untuk memberantas populasi bakteri yang menyebabkan penyakit ini, namun obat-obat tersebut juga dapat menimbulkan efek samping. Gangguan hematologi pada penderita TB paru dapat disebabkan oleh infeksi TB itu sendiri, efek samping dari OAT, atau gangguan hematologi yang sudah ada sebelumnya. Gangguan hematologi ini menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan

OAT, pemantauan aktivitas penyakit, dan sebagai penunjang evaluasi respon terhadap pengobatan. (Mursalim et al., 2022)

Penelitian lainnya menunjukkan terdapat peningkatan kadar hemoglobin yang secara statistik bermakna sebelum dan sesudah fase intensif dengan peningkatan rerata sebesar 0,78 g/dL. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ulfi DN menunjukkan perbedaan kadar hemoglobin yang bermakna sebelum dan sesudah fase intensif dengan peningkatan rerata sebesar 0,88 g/dL (Ray Com,2023)