

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tuberkulosis (TB)

1. Definisi

Tuberkulosis (TB) paru merupakan suatu penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dan *Mycobacterium bovis*. Penyakit ini dapat menyerang organ tubuh seperti otak, tulang belakang, atau ginjal. Akan tetapi, sebagian besar bakteri tuberkulosis ini paling sering menyerang organ paru. Bakteri dapat masuk melalui sistem pernapasan, pencernaan, dan luka terbuka pada kulit. Penyebaran bakteri paling cepat melalui inhalasi droplet yang berasal dari pengidap tuberkulosis (Collins et al., 2021).

Tuberkulosis adalah suatu penyakit menular yang sebagian besar disebabkan oleh kuman *Mycobacterium tuberculosis*. Kuman tersebut biasanya masuk kedalam tubuh manusia melalui udara yang dihirup kedalam paru, kemudian kuman tersebut dapat menyebar dari paru ke bagian tubuh lain melalui sistem peredaran darah, sistem saluran limfa, melalui saluran pernafasan (bronchus) atau penyebaran langsung ke bagian-bagian tubuh lainnya. (2023, 2021).

2. Etiologi Tuberkulosis Paru

Tuberkulosis Paru disebabkan oleh basil *Mycobacterium tuberculosis* tipehumanus, sejenis kuman yang berbentuk batang dengan Panjang 1-4 mm

dan tebal 0,3-0,6 mm. *Mycobacterium tuberculosis* termasuk dalam family *Mycobacteriaceae* yang mempunyai berbagai genus, salah satu diantaranya yaitu *Mycobacterium* dengan spesies *M. Tuberculosis* . Bakteri ini memiliki sifat istimewa karena tahan terhadap pencucian warna dengan asam dan alcohol bakteri ini sering disebut dengan Basil Tahan Asam.(2023, 2021)

Sifat tahan asam pada *Mycobacterium tuberculosis* dikarenakan adanya lipid pada permukaan bakteri sehingga pada saat pencucian setelah pewarnaan, warna tidak dapat dihilangkan dengan asam dan alcohol. *Mycobacterium tuberculosis* mengandung zat imunoreaktif. Lipid yang terdapat pada permukaan mikrobakterium dan komponen peptidoglikan dinding sel yang larut air merupakan tambahan penting yang dapat menimbulkan efeknya melalui kerja primernya pada makrofag penjamu(2023, 2021)

Mycobacterium tuberculosis mampu bertahan hidup pada keadaan yang kering dan dingin. Hal ini terjadi karena bakteri berada dalam sifat dormant. Dari sifat dormant bakteri dapat bangkit dan mengaktifkan tuberkulosis kembali. Sifat lain dari *Mycobacterium tuberculosis* yaitu bersifat aerob yang menunjukkan bahwa bakteri ini lebih dominan pada jaringan yang tinggi akan kandungan oksigen *Mycobacterium tuberculosis* hanya dapat dilihat dengan mikroskop dengan pewarnaan dan metode khusus, berwarna merah, berbentuk batang, dan tahan asam (2023, 2021)

3. Patofisiologi

Infeksi diawali karena seseorang menghirup basil *M. tuberculosis*. Bakteri menyebar melalui jalan napas menuju alveoli lalu berkembang biak dan terlihat bertumpuk. Perkembangan *M. tuberculosis* juga dapat menjangkau sampai ke area lain dari paru-paru (lobus atas). Basil juga menyebar melalui sistem limfe dan aliran darah ke bagian tubuh lain (ginjal, tulang dan korteks serebri) dan area lain dari paru-paru (lobus atas). Selanjutnya sistem kekebalan tubuh memberikan respon dengan melakukan reaksi inflamasi, neutrofil dan makrofag melakukan aksi fagositosis (menelan bakteri), sementara limfosit spesifik tuberkulosis menghancurkan (melisiskan) basil dan jaringan normal. reaksi jaringan ini mengakibatkan terakumulasinya eksudat dalam alveoli yang menyebabkan bronkopneumonia. Infeksi awal biasanya timbul dalam waktu 2-10 minggu setelah terpapar bakteri (Paru, 2008).

4. Darah

a. Definisi

Darah merupakan gabungan dari cairan, sel-sel dan partikel yang menyerupai sel, yang mengalir dalam arteri, kapiler dan vena. Darah manusia adalah cairan jaringan tubuh yang 90 % komposisi penyusunnya adalah air. Fungsi utamanya adalah mengangkut oksigen yang diperlukan oleh sel-sel di seluruh tubuh. Oksigen dipakai untuk membentuk energi bagi sel-sel, dengan bahan limbah berupa karbon dioksida, yang akan diangkut

oleh sel darah merah dari jaringan dan kembali ke paru-paru. Komposisi darah dibagi menjadi dua bagian besar: korpuskula (eritrosit, trombosit, leukosit) 45% dan plasma darah 55%. Eritrosit (sel darah merah) 90% mengandung hemoglobin berfungsi mengedarkan oksigen. Trombosit (keping darah) 0,6-1,0% membantu proses pembekuan darah. Leukosit (sel darah putih) 0,25% menjaga sistem kekebalan tubuh, membunuh bakteri, atau virus yang mencoba masuk ke dalam tubuh.(Lestari & Wikaning Tyas, 2023)

b. Komponen Penyusun Darah

Darah merupakan gabungan dari cairan, sel-sel dan partikel yang menyerupai sel, yang mengalir dalam arteri, kapiler dan vena. Darah manusia adalah cairan jaringan tubuh yang 90 % komposisi penyusunnya adalah air. Fungsi utamanya adalah mengangkut oksigen yang diperlukan oleh sel-sel di seluruh tubuh. Oksigen dipakai untuk membentuk energi bagi sel-sel, dengan bahan limbah berupa karbon dioksida, yang akan diangkut oleh sel darah merah dari jaringan dan kembali ke paru-paru Komposisi darah dibagi menjadi dua bagian besar: korpuskula (eritrosit, trombosit, leukosit) 45% dan plasma darah 55%. Eritrosit (sel darah merah) 90% mengandung hemoglobin berfungsi mengedarkan oksigen. Trombosit (keping darah) 0,6-1,0% membantu proses pembekuan darah. Leukosit (sel darah putih) 0,25% menjaga sistem kekebalan tubuh, membunuh bakteri, atau virus yang mencoba masuk ke dalam tubuh(Darmawan, 2019)

1) Fungsi

Darah mempunyai fungsi sebagai berikut (Jessica Keally Luckhardt, 2010)

- a. Bekerja sebagai sistem transport dari tubuh, mengatur semua bahan kimia, oksigen dan zat makanan, dan menyingkirkan karbon dioksida dan hasil buangan lain.
- b. Sel darah merah mengantarkan oksigen ke jaringan dan menyingkirkan sebagian dari karbon dioksida.
- c. sel darah putih menyediakan banyak bahan perlindungan dan arena gerakan fagositosis dari beberapa sel maka melindungi tubuh terhadap serangan bakteri.
- d. Plasma membagi protein yang diperlukan untuk pembentukan jaringan: menyegarkan cairan jaringan karena melalui cairan ini semua sel tubuh menerima makanannya dan untuk mengangkut bahan buangan ke berbagai organ ekskretoris untuk dibuang.
- e. Hormon dan enzim diantarkan dari organ ke organ dengan perantara darah.

5. Hemoglobin (Hb)

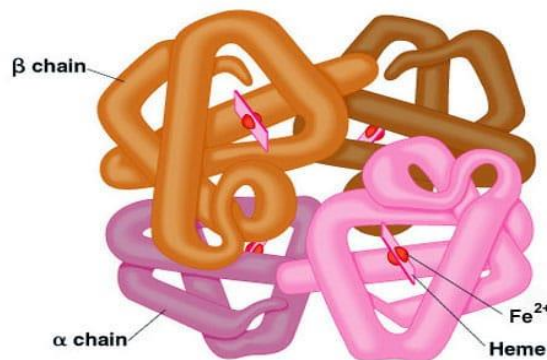
a. Definisi

Hemoglobin merupakan suatu komponen dalam sel darah merah yang dimana fungsinya untuk mengikat oksigen dan mengantarkannya ke seluruh sel jaringan dalam tubuh serta mengangkut karbon dioksida

kembali ke paru-paru untuk di keluarkan. ketersediaan hemoglobin yang cukup sangat dibutuhkan untuk memastikan jaringan tubuh memperoleh oksigen dalam jumlah yang optimal. Jika hemoglobin menurun, maka kemampuan darah untuk membawa oksigen juga akan menurun yang dapat mempengaruhi fungsi tubuh secara keseluruhan. Hemoglobin juga berperan dalam menjaga keseimbangan Ph darah dan hemoglobin yang mengandung zat besi juga berperan dalam memberikan warna merah dalam darah. (Saraswati, 2021)

b. Struktur

Gambar 2.1 Struktur Hemoglobin (Kotler, 2019)



Hemoglobin terdiri dari 2 bagian utama yaitu hem dan globin. Setiap molekul hemoglobin memiliki 4 gugus hem identik yang melekat pada 4 rantai globin, keempat rantai globin tersebut merupakan rangkaian polipeptida yang terdiri dari atas 2 buah rantai alfa (α) dan 2 buah rantai beta (β). Selain itu, hemoglobin juga memiliki 4 molekul nitrogen

protoporphyrin IX dan 4 atom besi dalam bentuk (Fe^{2+}) yang berpasangan dengan protoporphyrin IX untuk membentuk 4 molekul hem, hem disintesis di mitokondria eritrosit sedangkan globin disintesis di sel muda eritrosit

6. Hubungan TB dengan Hemoglobin

Tuberkulosis (TB) diketahui dapat menyebabkan gangguan hematologi yang kompleks, salah satunya anemia. Anemia pada penderita TB umumnya terjadi akibat proses inflamasi kronik yang berlangsung lama. Infeksi *Mycobacterium tuberculosis* memicu respons imun tubuh dengan mengaktifkan limfosit T dan monosit untuk menghasilkan be

bagai sitokin seperti interferon- γ (IFN- γ), tumor necrosis factor- α (TNF- α), serta interleukin (IL-1, IL-6, IL-10). Sitokin-sitokin tersebut menimbulkan peradangan sistemik yang menghambat produksi eritropoietin (EPO), menurunkan masa hidup eritrosit, dan mengganggu metabolisme besi, sehingga kadar hemoglobin (Hb) menurun. Selain itu, kondisi malabsorpsi dan penurunan asupan makanan akibat hilangnya nafsu makan juga memperburuk defisiensi besi pada penderita TB. (Kurniaji et al., 2023)

Selain akibat proses inflamasi, anemia pada TB juga dipengaruhi oleh perubahan metabolisme besi dalam tubuh. Sitokin seperti IL-1 dan TNF- α menghambat ekspresi mRNA eritropoietin serta menginduksi peningkatan kadar ferritin plasma sebagai respons terhadap inflamasi, menyebabkan besi terperangkap di dalam makrofag dan menurunkan ketersediaan besi untuk

eritropoiesis. Akibatnya, penderita TB sering menunjukkan kadar hemoglobin rendah, konsentrasi besi plasma menurun, dan peningkatan kadar ferritin. Namun, setelah terapi TB yang efektif diberikan, kadar Hb dan parameter besi umumnya meningkat kembali ke nilai normal tanpa memerlukan suplementasi zat besi tambahan. (Kurniaji et al., 2023)

7. Alat Ukur Hemoglobin

1. Metode Sahli

Metode ini menggunakan asam klorida (HCl) 0,1 N untuk mengubah hemoglobin menjadi asam hematin, kemudian dibandingkan dengan standar warna pada hemoglobinometer Sahli. Kelebihannya adalah murah dan mudah digunakan, namun memiliki kelemahan berupa subjektivitas pembacaan warna dan akurasi yang rendah (Sacher & McPherson, 2017).

2. Metode Cyanmethemoglobin (Drabkin's Method)

Metode ini dianggap sebagai standar emas (gold standard) oleh WHO. Hemoglobin dalam darah diubah menjadi cyanmethemoglobin menggunakan reagen Drabkin, kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Metode ini memiliki akurasi tinggi dan dapat digunakan untuk berbagai jenis hemoglobin kecuali sulfhemoglobin (WHO, 2011).

3. Hemoglobinometer Digital (Portabel)

Alat seperti *HemoCue®* menggunakan prinsip fotometri mikrokuvet untuk membaca kadar hemoglobin dengan cepat dan akurat hanya menggunakan beberapa tetes darah kapiler. Alat ini banyak digunakan di fasilitas pelayanan

kesehatan primer atau lapangan karena praktis, cepat, dan hasilnya hampir setara dengan metode laboratorium (Rai et al., 2018).

4. Hematology Analyzer Otomatis

Di laboratorium besar, kadar hemoglobin biasanya diukur menggunakan *automated hematology analyzer* yang bekerja berdasarkan prinsip fotometri atau impedansi. Selain hemoglobin, alat ini juga mampu menghitung berbagai parameter darah seperti hematokrit, jumlah eritrosit, dan indeks eritrosit lainnya dengan presisi tinggi (McKenzie & Williams, 2015).

Pemilihan alat ukur tergantung pada tujuan pemeriksaan, ketersediaan fasilitas, dan kebutuhan akurasi hasil. Dalam penelitian ini, pemeriksaan kadar hemoglobin pada penderita TB paru dilakukan menggunakan hematology analyzer otomatis, karena alat ini memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi, serta mampu memberikan hasil secara cepat dan objektif dibandingkan metode manual (WHO, 2011; Lumbanraja et al., 2021).