

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Tuberkulosis

Tuberkulosis Paru (TB) merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit TB sebagian besar mengenai parenkim paru, namun bakteri ini juga memiliki kemampuan untuk menginfeksi organ lain (TB ekstra paru) seperti pleura, kelenjar limfe, tulang, dan lainnya (Kemenkes jakarta, 2020).

a. Mycobacterium tuberculosis

1) Klasifikasi

Mikobakteria mewakili suatu genus bakteri yang sangat tua karena telah berada di bumi selama berjuta-juta tahun dan telah beradaptasi terhadap hampir semua lingkungan di bumi seperti air, tanah, debu dan udara.

Berikut ini adalah klasifikasi dari *Mycobacterium tuberculosis* :

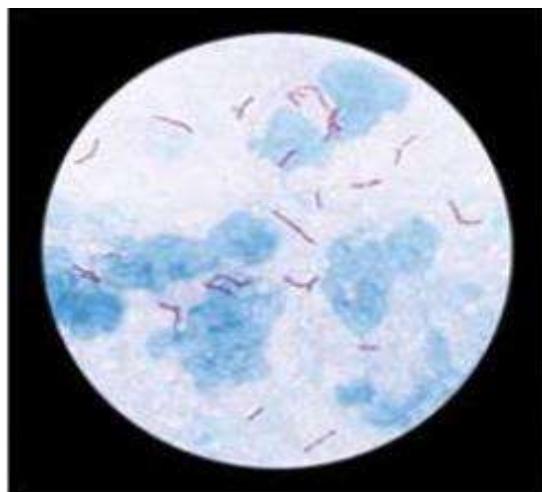
Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Phylum	: <i>Actinobacteria</i>
Ordo	: <i>Actinomycetales</i>
Sub Ordo	: <i>Corynebacterineae</i>
Family	: <i>Mycobacterisceae</i>
Genus	: <i>Mycobacterium</i>
Spesies	: <i>Mycobacterium tuberculosis</i> (Irianti dkk, 2016).

2) Morfologi

Mycobacterium tuberculosis yang berbentuk batang lurus atau sedikit melengkung, tidak berspora dan tidak berkapsul. Bakteri ini berukuran lebar 0,3 - 0,6 μm dan panjang 1 - 4 μm . Dinding M. tuberculosis sangat kompleks, terdiri dari lapisan lemak cukup tinggi (60%). Penyusun utama dinding sel *Mycobacterium tuberculosis* adalah asam mikolat, lulin kompleks (*complex-waxes*), trehalosa dimikolat yang disebut cord factor, dan *Mycobacterial sulfolipid* yang berperan dalam virulensi. Asam mikolat merupakan asam lemak yang berantai dengan panjang (C60 - C90) yang

dihubungkan dengan arabinogalaktan oleh ikatan yakni glikolipid dan dengan peptidoglikan oleh jembatan fosfodiester.

Unsur lain yang terdapat pada dinding sel bakteri tersebut adalah polisakarida seperti arabinogalaktan dan arabinomanan. Struktur dinding sel yang kompleks tersebut menyebabkan *Mycobacterium tuberculosis* bersifat tahan asam, yaitu apabila sekali diwarnai akan tetap tahan terhadap upaya penghilangan zat warna tersebut dengan larutan asam alkohol. Atas dasar karakteristik yang unik inilah bakteri dari genus *Mycobacterium* seringkali disebut sebagai Bakteri Tahan Asam (BTA) atau (AFB) *acid fast bacilli* (GUIDELINE-TB-2021).



Sumber : Lab microbiologi fk uii

Gambar 2.1:Bakteri tahan asam

3) Karakteristik

Mycobacterium tuberculosis merupakan bakteri aerob, tidak berspora (kecuali *Mycobacterium marinum*), non motil, berbentuk batang lurus atau sedikit melengkung sangat tipis berukuran lebar 0,3 - 0,6 μm dan panjang 1 - 4 μm . Beberapa spesies ada yang mempunyai morfologi bercabang. *Mycobacterium tuberculosis* merupakan satu-satunya genus dalam keluarga *Mycobacteriaceae* (Ordo *Actinomycetales*, kelas *Actinomycetes*). Genus yang berkaitan erat dengan *Mycobacterium* antara lain *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Tsukamurella*, dan *Gordonia* (Kemenkes, 2022).

Bakteri ini mempunyai struktur dinding sel unik. Dinding sel mengandung N-*glycolylmuramic acid* dan lipid yang sangat tinggi. Struktur

ini juga yang menyebabkan bakteri ini sulit dilakukan pewarnaan Gram. Bakteri ini khas mempunyai sifat tahan terhadap asam sehingga dikenal sebagai basil tahan asam (BTA). Kekhasan lain adalah sifat pertumbuhan lambat dibandingkan patogen lain yaitu membutuhkan waktu generasi sel (sel membelah menjadi dua) sehingga waktu yang di butuh kan juga lumayan lama sekitar 20-36 jam (Kemenkes, 2022).

Mycobacterium tuberculosis dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, berdasarkan perbedaan dasar dalam epidemiologi tersebut dan hubungan dengan penyakit yaitu *Mycobacterium Bacterium Other Than Tuberculosis* (MOTT) (Kemenkes, 2022).

Mycobacterium tuberculosis terdiri beberapa spesies berikut :

- a) *Mycobacterium tuberculosis*
- b) *Mycobacterium bovis*
- c) *Mycobacterium bovis BCG*
- d) *Mycobacterium africanum*
- e) *Mycobacterium caprae*
- f) *Mycobacterium canettii*
- g) *Mycobacterium microti*
- h) *Mycobacterium pinnipedi*

Semua spesies ini mampu menyebabkan penyakit tuberkulosis. Identifikasi spesies mungkin perlu untuk alasan epidemiologi dan kesehatan masyarakat. Organisme *Mycobacterium tuberculosis* mempunyai sifat pertumbuhan yang lambat dan koloni yang tidak berpigmen (Kemenkes, 2022).

b. Epidemiologi

Tuberkulosis Paru (TB) merupakan salah satu penyakit infeksi tertua yang melekat dalam sepanjang sejarah peradaban manusia dan masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang penting di dunia hingga hari ini (GUIDELINE-TB-2021).

Jumlah global orang yang baru didiagnosis TB yang dilaporkan adalah 7,5 juta pada tahun 2022. Jumlah pada tahun 2022 mungkin mencakup sejumlah besar orang yang mengidap TB pada tahun-tahun sebelumnya,

tetapi diagnosis dan pegobatannya tertunda karena gangguan terkait covid yang mempengaruhi akses dan penyediaan layanan kesehatan. Secara global pada tahun 2022, TB menyebabkan sekitar 1,3 juta kematian. (WHO 2023).

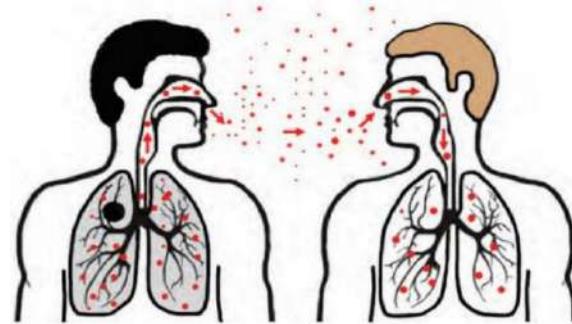
Di Provinsi Lampung kasus TB masih cukup tinggi, tercatat pada tahun 2022 jumlah penderita TB paru sebanyak 17.946 ribu kasus. Pada tahun 2022, Puskesmas panjang menduduki peringkat ke 2 di Provinsi Lampung (Dinkes Provinsi Lampung, 2022).

c. Penularan

Mycobacterium tuberculosis ditularkan melalui udara atau percikan (*droplet*), bukan melalui kontak permukaan. Ketika penderita TB paru aktif (BTA positif dan foto rontgen positif). Batuk, bersin, berteriak atau bernyanyi, bakteri akan terbawa keluar dari paru-paru menuju udara. Bakteri ini akan berada di dalam gelembung cairan bernama *droplet nuclei*. Partikel kecil ini dapat bertahan di udara selama beberapa jam dan tidak dapat dilihat oleh mata karena memiliki diameter sebesar 1-5 μm (Irianti dkk, 2016).

Penularan TB terjadi ketika seseorang menghirup *droplet nuclei* seperti ilustrasi gambar 2.2, *droplet nuclei* akan melewati mulut/saluran hidung, saluran pernafasan atas, bronkus kemudian menuju alveolus (CDC, 2016). Setelah *tuberculosis bacillus* sampai di jaringan paru-paru, bakteri akan mulai memperbanyak diri. Lambat laun, bakteri akan menyebar ke kelenjar limfe. Proses ini disebut sebagai primary TB infection. Ketika seseorang dikatakan penderita primary TB infection, *tuberculosis bacillus* berada di tubuh orang tersebut. Seseorang dengan primary TB infection tidak dapat menyebarluaskan penyakit ke orang lain dan juga tidak menunjukkan gejala penyakit (Irianti dkk, 2016).

Dosis penularan droplet nuclei dilaporkan diantara 1 hingga 200 bacili per orang, dimana satu droplet dapat mengandung 1 hingga 400 bacili, namun belum jelas anggapan dosis relevan ini (Sakamoto, 2012). Walaupun TB biasanya tidak ditularkan saat kontak singkat, siapa saja berbagi udara dengan penderita TB paru pada tahap infeksius maka dia berisiko tinggi tertular (Irianti dkk, 2016).



(Sumber : Buku Anti Tb 2016)

Gambar 2.2 : Penyebaran bakteri tahan asam

d. Faktor Resiko

Terdapat beberapa kelompok orang yang memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami penyakit TB, kelompok tersebut adalah :

- 1) Orang dengan HIV positif dan penyakit imunokompromais lain.
- 2) Orang yang mengonsumsi obat imunosupresan dalam jangka waktu panjang.
- 3) Perokok.
- 4) Konsumsi alkohol tinggi.
- 5) Anak usia <5 tahun dan lansia.
- 6) Memiliki kontak erat dengan orang dengan penyakit TB aktif yang infeksius.
- 7) Berada di tempat dengan risiko tinggi terinfeksi tuberkulosis (contoh: lembaga permasyarakatan, fasilitas perawatan jangka panjang).
- 8) Petugas kesehatan (Kemenkes Jakarta, 2020).

e. Gejala klinis

Gejala penyakit TB tergantung pada lokasi lesi, sehingga dapat menunjukkan manifestasi klinis sebagai berikut:

- 1) Batuk \leq 2 minggu
- 2) Batuk berdahak
- 3) Batuk berdahak dapat bercampur darah
- 4) Dapat disertai nyeri dada
- 5) Sesak napas

Dengan gejala lain meliputi :

- 1) Malaise
- 2) Penurunan berat badan
- 3) Menurunnya nafsu makan
- 4) Menggigil
- 5) Demam
- 6) Berkeringat di malam hari (Kemenkes Jakarta, 2020).

f. Diagnosa Laboratorium Untuk *Mycobacterium Tuberculosis*.

1) Pemeriksaan Bakteriologis BTA

Pemeriksaan mikroskopis BTA untuk menentukan potensi penularan dan menilai keberhasilan pengobatan. Pemeriksaan mikroskopis BTA untuk penegakan diagnosis dilakukan dengan mengumpulkan 2 contoh uji dahak yang dikumpulkan berupa dahak Sewaktu-Pagi (SP) dan Sewaktu-Sewaktu (SS) (Kemenkes RI, 2019).

2) Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM)

Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler menggunakan pemeriksaan Xpert MTBC/RIF. TCM merupakan sarana untuk penegakan diagnosis, namun tidak dapat dimanfaatkan untuk evaluasi hasil pengobatan (Kemenkes RI, 2019).

3) Pemeriksaan Biakan

Pemeriksaan biakan dapat digunakan untuk penegakan diagnosis dan juga pemantauan pengobatan TBC-RO. Pemeriksaan biakan dapat dilakukan pada media padat (*Lowenstein-Jensen/LJ*) dan media cair (*Mycobacteria Growth Indicator Tube/MGIT*). Pemeriksaan biakan pada media padat membutuhkan waktu yang lebih lama (4-8 minggu), sedangkan biakan pada media cair membutuhkan waktu yang relatif lebih cepat (2 - 4 minggu) namun dengan biaya yang lebih mahal. Pemeriksaan biakan hanya dapat dilakukan pada laboratorium yang terstandarisas (Kemenkes RI, 2019).

4) Pemeriksaan seologis

Uji serologis, juga disebut tes antibodi, merupakan uji reaksi antigen-antibodi secara in-vitro. Uji ini satu dari beberapa prosedur laboratorium

yang dilakukan pada sampel serum darah untuk tujuan mendeteksi antibodi atau antigen secara khusus dalam hubungannya dengan penyakit tertentu. Beberapa uji serologi yang digunakan antara lain uji *Enzym linked immunosorbent assay* (ELISA), uji hemagglutin ininhibitor, uji netralisasi, uji Mycodot (LAM), uji peroksidase anti peroksidase (pap), uji serologi yang baru atau igG Tb, dan immunochromatogaraphy atau di singkat ict (Buchari, 2019).

Uji serologi yang digunakan untuk pemeriksaan diagnosis TB metode direct atau indirect. Sebagian besar uji serologis memiliki TAT yang rendah, *negative predictive value* yang tinggi dan sangat berguna untuk skrining. Keterbatasan uji ini adalah sensitivitasnya yang rendah pada penderita BTA negatif, HIV positif, dan pada negara endemis tinggi dengan rate infeksi yang tinggi (Buchari, 2019).

Adapun serologi metode *direct* dan *indirect* sebagai berikut:

Uji serologi Metode Direct

Tes ini berdasarkan capture antibody derived dari murine source (murine monoclonal antibody terhadap LAM). Antiserum kelinci terhadap MTB dipakai sebagai sumber deteksi antibodi. Pemeriksaan deteksi LAM ini spesifik dan sensitif sehingga potensial untuk diagnosis TB (Buchari, 2019).

Antigen yang sering digunakan adalah *Mycobacterial Sonicates*, *Axtracted Glycolipid*, *Cord Factor (threhalose dimyolate)* dan antigen *Lipoarabinomannan*. Sebagian besar menggunakan *Polyclonal Antibody* terhadap antigen *Mycobacterium* terutama antigen 5 dan LAM (Buchari, 2019).

Uji Serologi Metode indirek (tidak langsung)

a) Rapid test

Rapid test merupakan teknik baru uji cepat dalam menegakkan diagnosa Tb dengan menggunakan immunochromatography Tb (Ict) yang merupakan uji serologi untuk medeteksi antibodi Mtb dalam serum. Uji Ict Tb ini menggunakan lima antigen spesifik yang berasal dari membran sotoplasma yang menghasilkan warna (Buchari, 2019).

b) ELISA/*Enzyme linked immunosorbent assay*

Teknik ini merupakan salah satu uji serologi yang dapat mendeteksi respon humorai berupa proses antigen-antibodi yang terjadi yang memiliki sensitivitas dan spesivitas yang tinggi dengan berlabel enzim sebagai penanda reaksi. ELISA memiliki 4 teknik yaitu: direct, indirect, sanwich dan competitive ELISA. Ada beberapa metode prinsip uji ini yang dapat untuk mendeteksi Ag atau antibodi dengan solid phase. Prinsip dari pemeriksaan ELISA adalah reaksi antigen-antibodi (Ag-Ab) dimana setelah penambahan konjugat, yaitu antigen atau antibodi yang dilabel enzim dan substrat, akan terjadi perubahan warna. Perubahan warna ini yang akan diukur intensitasnya dengan alat pembaca yang disebut spektrofotometer atau ELISA reader dengan menggunakan panjang gelombang tertentu (Buchari, 2019).

c) Tuberculin skin test (TST)

Tuberculin skin test TST banyak digunakan untuk mendeteksi penderita TB aktif, untuk mengetahui prevalensi TB di masyarakat dan untuk mengetahui penderita yang peka atau *high risk* terhadap vaksin BCG. TST dilakukan dengan injeksi intradermal 0,1 mL 5 TU PPD di lengan bawah kemudian diamati munculnya reaksi positif berupa eritema dan indurasi > 10 mm setelah 48-72 jam. TST mempunyai sensitivitas 70% sehingga ada 30% penderita yang luput terdiagnosis penderita yang peka atau high risk terhadap vaksin BCG (Buchari, 2019).

g. Diagnosa Penunjang Lainnya

1) Pemeriksaan foto toraks

Foto toraks pada pemeriksaan radiologi berperan penting sebagai pendekripsi TB paru dini. Pada pasien dengan sputum BTA positif, foto toraks digunakan untuk menilai luas lesi serta komplikasi yang terjadi. Foto toraks juga berperan dalam penilaian sekuele di paru dan di pleura pada akhir pengobatan TB. Foto toraks merupakan teknik pencitraan yang cepat dan salah satu alat utama yang memiliki sensitifitas tinggi untuk

menegakkan diagnosis TB. Temuan radiologis yang paling umum yaitu infiltrat, konsolidasi, fibrosis, efusi pleura dan kavitas (Dian dkk,2022).

2) Pemeriksaan histopatologi

Gejala klinis yang paling sering adalah batuk, nyeri dada, dan demam. Gejala TB lain seperti penurunan berat badan, malaise, keringat malam hari dapat terjadi. Ukuran efusi pleura biasanya kecil sampai dengan sedang dan unilateral, dapat bersifat lokulasi pada sepertiga kasus. Diagnosis TB pleura berdasarkan pada terdapatnya basil tuberkulosis pada cairan pleura, biopsi pleura maupun granuloma di pleura pada pemeriksaan histopatologis (Kemenkes Jakarta, 2020).

2. Feritin

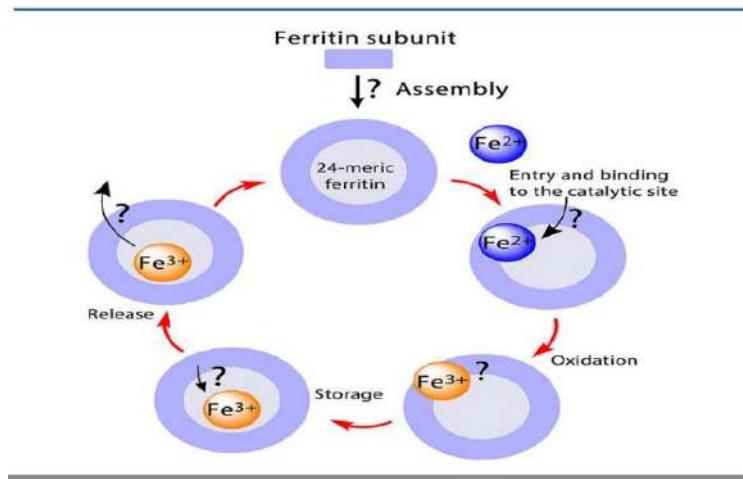
a. Definisi

Feritin merupakan protein di dalam darah dan berperan penting dalam metabolisme zat besi yang berperan sebagai pengikat zat besi, feritin merupakan depot zat besi di dalam tubuh, ukuran konsentrasi feritin di dalam serum plasma merupakan ukuran yang baik dari total simpanan zat besi di dalam tubuh, namun di lain sisi feritin juga merupakan protein fase akun dan kadar nya akan meningkat pada kondisi peradangan dan infeksi seperti infeksi pada TB paru (Larasti dkk, 2024).

Untuk mengetahui kegunaannya dalam mendeteksi cadangan zat besi yang rendah atau defisiensi zat besi pada populasi, konsentrasi feritin dapat dibandingkan dengan zat besi yang terkandung dalam sumsum tulang. Tidak adanya zat besi yang dapat diwarnai pada aspirasi sumsum tulang yang mengandung spikula merupakan diagnostik defisiensi zat besi. Namun, dalam beberapa penelitian, aspirasi sumsum tulang gagal mendeteksi kekurangan zat besi, menunjukkan keterbatasan metodologis dan interpretasi. Meskipun sumsum tulang adalah jaringan yang tepat untuk menilai deposit zat besi, aspirasi atau biopsi adalah prosedur invasif dan mahal yang tidak bebas dari kesulitan metodologis (WHO GUIDELINE 2020).

Di sisi lain spektrum, biopsi hati biasanya digunakan untuk mendeteksi kelebihan zat besi, karena hati adalah organ penyimpan zat besi yang dominan, konsentrasi zat besi hati berkorelasi erat dengan keseimbangan zat besi total

dan hati adalah satu-satunya organ di mana konsentrasi zat besi menurun pada terjadinya inflamasi atau peradangan (WHO GUIDELINE 2020).



(Sumber : Peter dkk, 2015)

Gambar 2.3 : mekanisme kerja feritin

b. Sintesis feritin pada penderita *Mycobacterium tuberculosis* paru

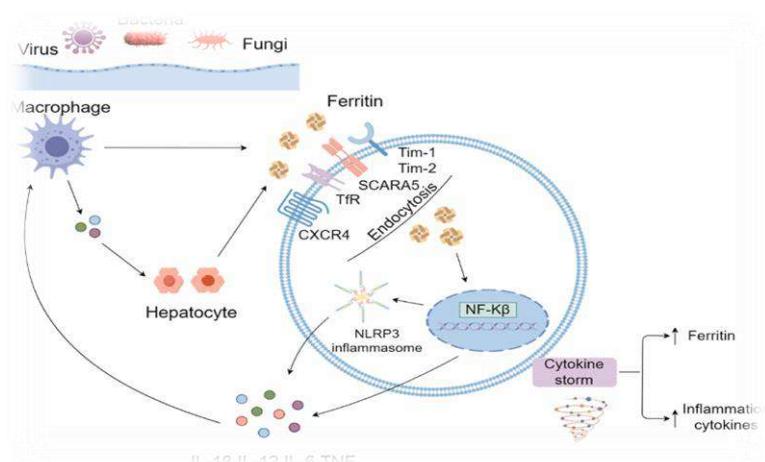
Masalah yang saat ini ada di lapangan saat ini adalah infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* sangat erat kaitannya dengan anemia, salah satunya anemia defisiensi zat besi. Metabolisme besi (Fe) dalam kondisi normal yang terganggu akibat kondisi patogenis baik kelebihan dan kekurangan akan mempengaruhi fungsi seluler dan kekebalan tubuh, sehingga kadar Fe ini juga sangat berpengaruh pada morbilitas dan mortalitas pada penderita TB (Larasti dkk, 2024)

Kekurangan zat besi dapat meningkatkan kerentanan terhadap berbagai penyakit menular karena makrofag membutuhkan zat besi untuk berfungsi dengan baik. Di sisi lain, respon imun logis bawaan dari hipoferremia selama infeksi adalah menahan zat besi dari patogen melalui penyerapan zat besi dan mengurangi penyerapan makanan. Seperti banyak patogen, *Mycobacterium tuberculosis* perlu mendapatkan zat besi untuk bertahan hidup dan tumbuh di dalam inangnya. *Mycobacterium tuberculosis* yang berada di dalam sel mencoba mendapatkan zat besi dengan berbagai cara. *Mycobacterium tuberculosis* akan menghasilkan siderofor untuk mengikat besi sitoplasma. *Mycobacterium tuberculosis* dapat memodifikasi homeostasis besi sel inang

untuk meningkatkan ketersediaan zat besi. *Mycobacterium tuberculosis* menekan ekspresi ferroportin, yang meningkatkan kadar Fe dalam fagosom. Beberapa mikroorganisme intra- seluler memperoleh Fe dengan meningkatkan ekspresi reseptor *transferrin* TFR. (Nasrum dkk, 2023).

Pada pasien TB, feritin plasma rendah diprediksi peningkatan risiko independen kegagalan pengobatan, moralitas, dan kekambuhan di antara pasien yang terinfeksi HIV. Pendekatan untuk mempertahankan tingkat status zat besi yang tepat pada pasien TB dapat bermanfaat dalam menurunkan morbiditas. Namun, karena efek peradangan pada biomarker status zat besi yang umum digunakan seperti feritin dan soluble TFR, sulit untuk membedakan antara anemia peradangan dan anemia defisiensi besi pada pasien tuberkulosis. Selain itu, suplementasi zat besi dapat memperburuk tuberkulosis karena *Mycobacterium tuberculosis* membutuhkan zat besi untuk jalur metabolisme (Nasrum dkk, 2023).

Mycobacterium tuberculosis memerlukan zat besi untuk pertumbuhan. Karena alasan ini, ada berbagai mekanisme yang digunakan oleh respon host untuk mengurangi ketersediaan zat besi. Respon inflamasi yang meningkat dengan hepsidin, protein penyerap zat besi, dan fagosit yang besaing untuk mendapatkan zat besi di lokasi infeksi dan eritropoiesis yang lebih rendah semuanya berkontribusi terhadap ketersediaan zat besi yang lebih rendah untuk *Mycobacterium tuberculosis* (Arista dkk, 2023).



(Sumber : Y. Liao dkk, 2025)

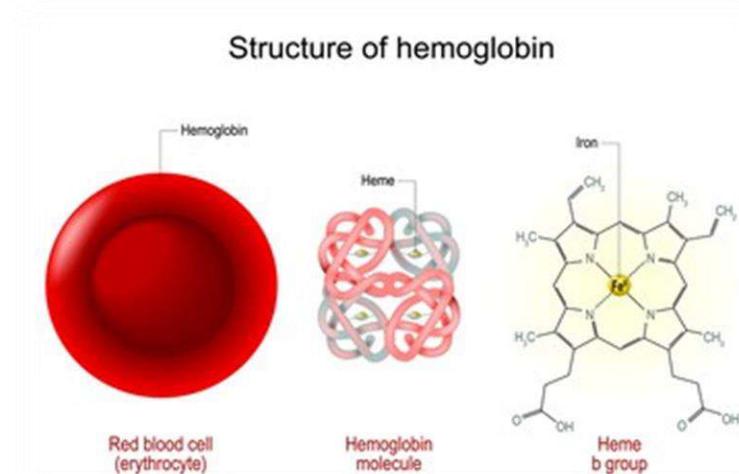
Gambar 2.4 : Fertin dan respon inflamasi

3. Hemoglobin

a. Definisi

Hemoglobin merupakan zat protein yang di temukan dalam sel darah merah, hemoglobin terdiri dari zat besi sebagai pembawa oksigen ke seluruh tubuh penurunan kadar hemoglobin pada penderita TB diakibatkan status nutrisi yang buruk, kadar hemoglobin rendah dapat menyebabkan menyusutnya oksigen yang terdapat pada paru-paru sehingga hal ini dapat menyebabkan gejala TB yang salah satu nya adalah sesak nafas (Mursalim dkk, 2022).

Untuk memastikan oksigenasi jaringan yang adekuat, kadar hemoglobin (Hb) yang cukup harus dipertahankan. Jumlah hemoglobin dalam darah lengkap dinyatakan dalam gram per desiliter (g/dl). Kadar Hb normal pada pria adalah 14 hingga 18 g/dl; dan kadar Hb untuk perempuan adalah 12 hingga 16 g/dl. Ketika kadar hemoglobin rendah, pasien menderita anemia. Kondisi eritrositosis terlalu banyak sel darah merah juga mengakibatkan kadar hemoglobin di atas normal (Fidayanti, 2023).



(Sumber : Shutteratock)

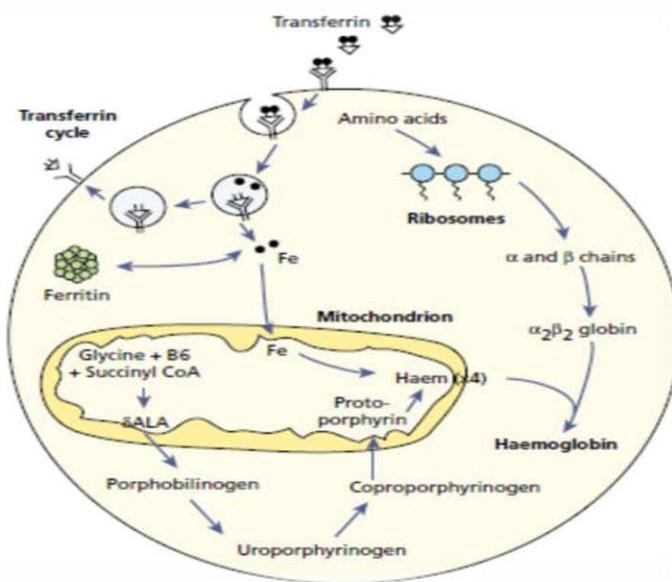
Gambar 2.5 : Struktur hemoglobin

b. Sintesis hemoglobin pada penderita *Mycobacterium tuberculosis* paru

Kadar hemoglobin yang menurun pada penderita *Tuberculosis* dapat disebabkan oleh proses infeksi pada Tuberculosis serta OAT difase pertama yang terdiri dari *Isoniazid*, *Pirazinamid*, *Rifampisin*, dan *Etambutol*. Pemberian

Isoniazid dan *Pirazinamid* dapat menyebabkan gangguan metabolisme B6 sehingga defisiensi B6. Vitamin B6 merupakan faktor dalam proses biosintesis heme. Defisiensi B6 akan mengganggu biosintesis heme dan mengakibatkan anemia (Mursalim dkk, 2022).

Kadar hemoglobin rendah dapat menyebabkan menyusutnya oksigen yang terdapat pada paru-paru sehingga hal ini dapat menyebabkan gejala TB yang salah satunya adalah sesak nafas. Anemia yang berarti kadar hemoglobin berada di bawah nilai normal merupakan salah satu kelainan hematologi. Tuberkulosis dapat menimbulkan kelainan hematologi. Adanya komplikasi atau merupakan komplikasi obat-obat anti tuberkulosis (OAT). Keseluruhan obat TB berfungsi untuk membunuh populasi kuman yang mana obat ini bersifat bakteri side. Kelainan hematologi pada seorang penderita TB paru dapat disebabkan karena proses infeksi TB, efek samping OAT atau kelainan dasar hematologis yang sudah ada pada kelainan sebelumnya (Mursalim dkk, 2022).



(Sumber : Doctorcare anemia)

Gambar 2.6 : Sintesis hemoglobin

4. Hubungan kadar feritin terhadap Hemoglobin

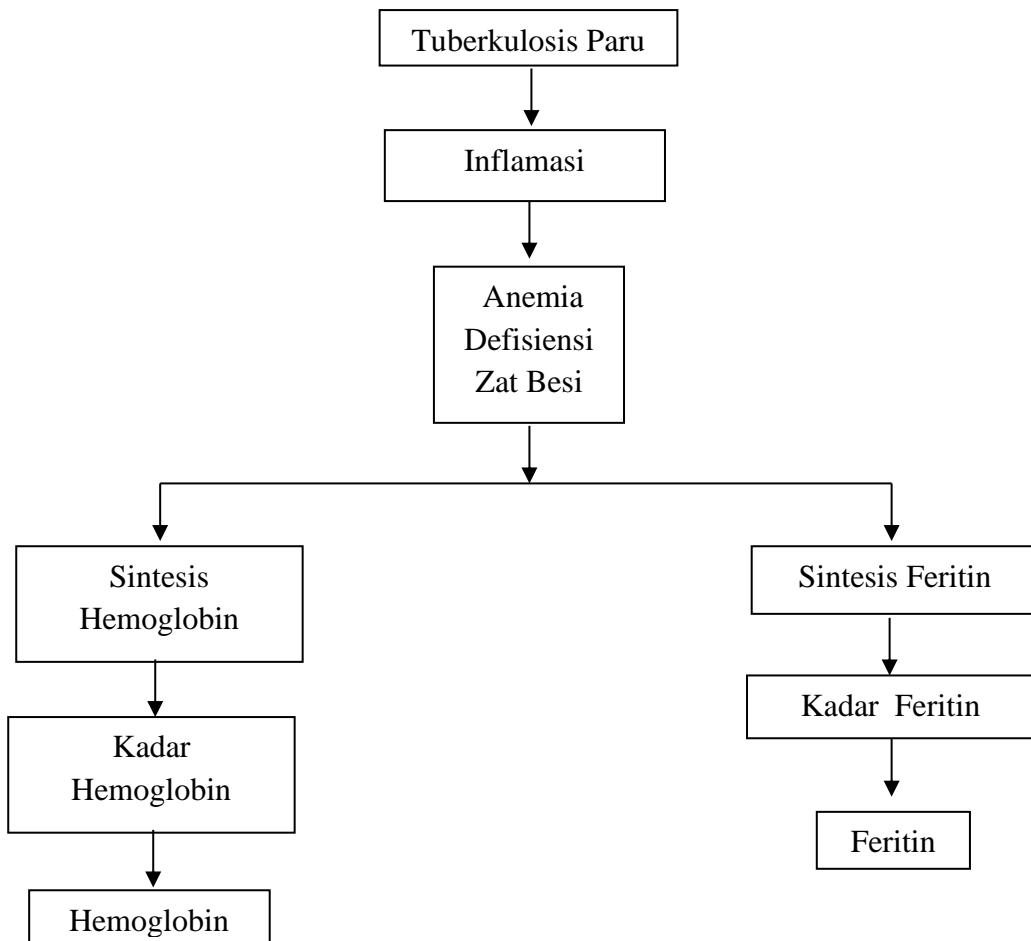
Infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* diduga sangat berpengaruh pada sistem hematopoietik yaitu pembentukan sel darah merah, sehingga kadar

hemoglobin cenderung menurun yang akhirnya menyebabkan anemia, salah satunya anemia defisiensi zat besi, serta mempengaruhi produksi dan masa hidup komponen darah yaitu eritrosit, *Mycobacterium tuberculosis* juga mempengaruhi hematopoiesis melalui mekanisme peradangan atau inflamasi yang dapat memicu produksi sitokin yang menghambat produksi sel darah merah (eritropoiesis) sehingga menyebabkan penurunan kadar hemoglobin dalam darah (Waluyo dkk, 2023).

Mycobacterium tuberculosis membutuhkan zat besi untuk bertahan hidup, ketika berkurangnya penyerapan dan ketersediaan zat besi serum berkurang, akan terjadi penurunan kadar zat besi dalam tubuh, sehingga menyebabkan kadar feritin serum dalam darah akan menurun (Arista dkk, 2023).

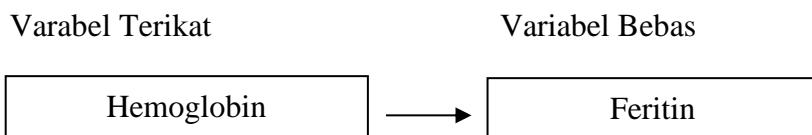
Oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan kadar hemoglobin dan feritin pada pasien tuberkulosis paru.

B. Kerangka Teori



Tabel 2.7 : Kerangka Teori

C. Kerangka Konsep



D. Hipotesis

Ho : Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kadar hemoglobin (Hb) dengan kadar feritin pada pasien Tuberkulosis paru.

Ha : Terdapat hubungan antara kadar hemoglobin (Hb) dengan kadar feritin pada pasien Tuberkulosis paru.