

BAB II

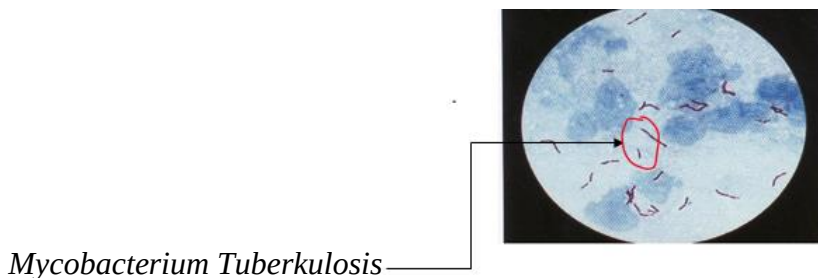
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tuberkulosis paru

Tuberkulosis paru (TB paru) merupakan penyakit infeksi kronis yang menyerang organ paru-paru dan disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini menyebar melalui udara ketika penderita TB aktif mengeluarkan droplet saat batuk, bersin, atau berbicara. Beberapa gejala umum TB paru meliputi batuk yang berlangsung lama, demam, penurunan berat badan, serta keringat malam. Untuk menegakkan diagnosis TB paru, dokter akan melakukan pemeriksaan klinis, evaluasi radiologi seperti rontgen dada, serta berbagai tes laboratorium, termasuk analisis dahak menggunakan mikroskop smear, kultur bakteri, dan metode molekuler seperti GeneXpert MTB/RIF. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri dan menentukan tingkat keparahan infeksi (WHO, 2021).

2.1.1. *Mycobacterium Tuberculosis*

Mycobacterium tuberculosis merupakan bakteri patogen yang menjadi penyebab utama penyakit tuberkulosis pada manusia. Bakteri ini pertama kali ditemukan oleh Robert Koch pada tahun 1882 dan dikenal dengan sebutan *Bacillus Koch*. *M. tuberculosis* bersifat aerobik, yang berarti membutuhkan kadar oksigen tinggi untuk pertumbuhannya. Bakteri ini memiliki dinding sel yang mengandung asam mikolat, sehingga membuatnya tahan terhadap pewarnaan Gram serta lebih resisten terhadap beberapa jenis antibiotik. Meskipun umumnya menginfeksi paru-paru, bakteri ini juga dapat menyebar ke organ lain seperti ginjal, tulang belakang, dan otak (WHO, 2020).



Gambar 2.1 *Mycobacterium Tuberculosis* dalam sediaan dahak pewarnaan
Sumber: Ziehl Neelsen (Babulhosen, 2022)

2.1.2. Faktor risiko terkena Tuberkulosis Paru

Berikut adalah beberapa faktor yang dapat meningkatkan risiko seseorang terkena TB Paru:

1. Infeksi HIV/AIDS dan Gangguan Imun

Orang yang memiliki HIV/AIDS atau kondisi lain yang melemahkan sistem kekebalan tubuh lebih rentan terhadap TB Paru. Hal ini terjadi karena sistem imun yang lemah tidak mampu melawan infeksi *Mycobacterium tuberculosis*.

2. Gizi Buruk dan Malnutrisi

Kurangnya asupan gizi dapat menurunkan daya tahan tubuh terhadap infeksi, sehingga meningkatkan kemungkinan TB laten berkembang menjadi TB aktif.

3. Kondisi Sosial Ekonomi dan Kepadatan Penduduk

Hidup di lingkungan yang padat penduduk, memiliki sanitasi yang buruk, serta kondisi ekonomi yang kurang baik dapat meningkatkan paparan terhadap TB, karena bakteri penyebabnya lebih mudah menyebar dalam situasi tersebut.

4. Penyakit Kronis seperti Diabetes

Penderita diabetes mellitus lebih berisiko mengalami TB Paru karena penyakit ini dapat melemahkan respons imun tubuh terhadap infeksi.

5. Kebiasaan Merokok dan Penyalahgunaan Zat

Merokok dapat merusak paru-paru dan mengganggu mekanisme pertahanan tubuh, sementara penyalahgunaan zat juga dapat melemahkan sistem imun, meningkatkan risiko terkena TB (WHO, 2021).

2.1.3. Penularan Tuberkulosis Paru

Infeksi tuberkulosis menular melalui droplet atau percikan. Pada saat pengidap tuberkulosis batuk, 5.000 lebih bakteri tuberkulosis dilepaskan dari paru-paru ke udara. bakteri yang berada diudara terkontaminasi basil TBC bisa terhirup orang-orang dan dapat menyebabkan penularan dan penyakit TBC. Siapa saja bisa terpapar TBC, khususnya jika melakukan kontak dekat pada penderita Tuberkulosis (Yanti, 2021).

2.1.3. Gejala Tuberkulosis Paru

1. Batuk Parah
2. Batuk berdahak yang terjadi lebih dari 2 minggu
3. Batuk disertai dahak berdarah
4. Hemoptisis (batuk berdarah)
5. Sesak napas
6. Tidak selera makan
7. Berat badan menurun
8. Kelelahan
9. Keringat di malam hari bahkan tidak disertai kegiatan fisik, demam yang berlangsung melebihi satu bulan (Pralambang dan Setiawan, 2021).

2.1.4. Pengobatan Tuberkulosis Paru

Pengobatan Tuberkulosis Paru umumnya menggunakan terapi antibiotik jangka panjang yang disebut Terapi Pencegahan Tuberkulosis (TPT) atau Terapi Obat Anti Tuberkulosis (OAT). Pengobatan ini bertujuan untuk membunuh *Mycobacterium tuberculosis* dan mencegah resistensi obat.

Berikut beberapa contoh pengobatan Tuberkulosis Paru:

1. Pengobatan dengan Obat Anti Tuberkulosis (OAT)

Menurut World Health Organization (WHO), pengobatan TB standar terdiri dari kombinasi beberapa obat yang dikonsumsi selama minimal 6 bulan secara rutin. Berikut adalah empat jenis obat utama dalam terapi TB:

1. Isoniazid (INH)
2. Rifampisin (RIF)
3. Pyrazinamide (PZA)
4. Ethambutol (EMB)

Pada tahap awal (2 bulan pertama), penderita akan menerima keempat obat tersebut, diikuti dengan tahap lanjutan selama 4 bulan dengan dua obat utama (Isoniazid dan Rifampisin) (WHO, 2023).

2. Pengobatan TB Resistan Obat (TB-RO)

Beberapa penderita mengalami resistensi terhadap OAT, yang menyebabkan TB lebih sulit diobati. Dalam kasus TB-RO, WHO merekomendasikan penggunaan obat lini kedua, seperti:

- 1) Levofloxacin atau Moxifloxacin
- 2) Bedaquiline
- 3) Linezolid

Pengobatan TB-RO memerlukan durasi yang lebih lama, yaitu sekitar 9–24 bulan, tergantung tingkat keparahan dan respons penderita terhadap obat (WHO, 2023).

3. Kepatuhan dan Efek Samping Pengobatan

Kepatuhan dalam mengonsumsi obat sangat penting untuk mencegah kekambuhan dan resistensi obat. Efek samping yang mungkin terjadi meliputi:

- a. Mual, muntah, atau sakit perut
- b. Gangguan fungsi hati
- c. Perubahan warna urin menjadi merah/oranye akibat Rifampisin

Menurut Kementerian Kesehatan RI, pengawasan langsung oleh petugas kesehatan atau keluarga (DOTS – *Directly Observed Treatment, Short-course*) diperlukan untuk memastikan penderita mengonsumsi obat secara teratur (Kemenkes RI, 2022).

4. Pencegahan Kekambuhan dan Perawatan Tambahan

Selain konsumsi obat, penderita TB juga disarankan untuk:

- a. Menjalani pola hidup sehat dengan gizi seimbang
- b. Menghindari merokok dan alkohol
- c. Menjaga ventilasi udara di rumah agar tidak lembap
- d. Melengkapi vaksinasi BCG untuk anak-anak sebagai pencegahan awal terhadap TB (CDC, 2023).

2.2. Eritrosit

Eritrosit, atau sel darah merah, adalah salah satu komponen utama darah yang berperan dalam mengangkut oksigen ke seluruh tubuh serta membuang karbon dioksida. Sel darah merah mengandung hemoglobin, protein yang memungkinkan pengikatan dan pelepasan oksigen sesuai kebutuhan tubuh (Guyton & Hall, 2021).

Eritrosit berfungsi sebagai kendaraan utama dalam sistem transportasi gas pernapasan, sehingga berperan vital dalam metabolisme tubuh.

2.2.1. Struktur dan Karakteristik Eritrosit

Struktur Eritrosit

1. Membran eritrosit

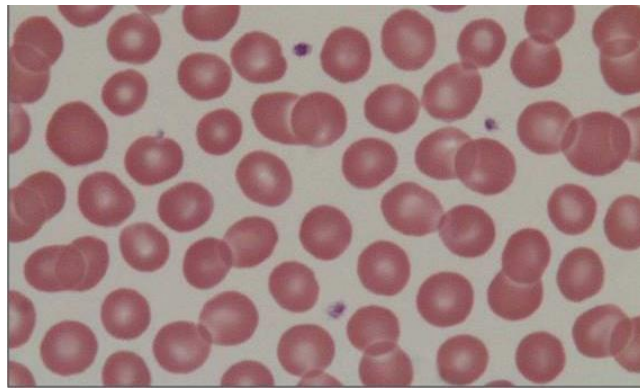
Terdiri dari lipid, protein, dan karbohidrat. Membran ini fleksibel sehingga eritrosit dapat berubah bentuk saat melewati pembuluh darah kecil.

2. Hemoglobin

Protein yang memberi warna merah cerah pada eritrosit dan berfungsi mengikat oksigen.

3. Sitoskeleton

Jaringan protein yang mempertahankan bentuk eritrosit dan memberikan fleksibilitas.



Gambar 2.2 Eritrosit dalam sediaan apus darah

Sumber: Hanggara, 2022.

Karakteristik eritrosit yaitu sebagai berikut :

1. Tidak memiliki inti sel, mitokondria, dan ribosom
2. Tidak dapat melakukan mitosis, fosforilasi oksidatif sel, atau pembentukan protein
3. Berukuran mikroskopis, diameter sekitar 7-8 mikrometer
4. Berbentuk seperti cakram pipih atau donat
5. Diproduksi di sumsum tulang
6. Memiliki siklus hidup yang relatif singkat, yakni sekitar 120 hari

2.2.2. Fungsi Eritrosit

Eritrosit memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

- 1) Mengangkut Oksigen (O_2): Hemoglobin dalam eritrosit mengikat oksigen dari paru-paru dan mendistribusikannya ke seluruh tubuh.
- 2) Mengangkut Karbon Dioksida (CO_2): Eritrosit juga berperan dalam membawa karbon dioksida dari jaringan kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan melalui pernapasan.
- 3) Menjaga Keseimbangan pH: Dengan mekanisme buffer hemoglobin, eritrosit membantu menjaga keseimbangan asam-basa dalam darah (Hall, 2021).

2.2.3. Faktor yang Memengaruhi Eritrosit

1. Hormon Eritropoietin (EPO):

Eritropoietin adalah hormon yang disintesis oleh ginjal dan berperan merangsang produksi eritrosit. Peningkatan kebutuhan oksigen, misalnya pada kondisi hipoksia atau altitud tinggi, akan meningkatkan sekresi hormon ini sehingga memicu produksi sel darah merah yang lebih banyak.

2. Ketersediaan Nutrisi:

Nutrisi seperti zat besi, vitamin B12, dan asam folat sangat krusial dalam proses sintesis hemoglobin dan pembentukan eritrosit. Kekurangan salah satu dari nutrisi ini dapat mengganggu produksi eritrosit dan berpotensi menyebabkan anemia.

3. Faktor Genetik:

Kelainan genetik seperti anemia sel sabit atau thalassemia dapat mempengaruhi bentuk, jumlah, dan fungsi eritrosit. Gangguan pada gen yang mengatur produksi atau struktur hemoglobin bisa mengakibatkan eritrosit yang abnormal.

4. Faktor Lingkungan (Hipoksia):

Paparan terhadap kondisi dengan kadar oksigen rendah, seperti di altitud tinggi, memicu mekanisme kompensasi tubuh untuk meningkatkan jumlah eritrosit guna mengoptimalkan pengangkutan oksigen.

5. Kondisi Kesehatan dan Penyakit:

Penyakit infeksi, peradangan kronis, dan gangguan autoimun dapat mempengaruhi produksi dan umur eritrosit. Kondisi-kondisi ini seringkali mengganggu proses hematopoiesis (pembentukan sel darah) dan memperpendek masa hidup eritrosit dalam sirkulasi darah.

2.2.4. Nilai Normal Eritrosit

Nilai normal eritrosit (sel darah merah) dapat bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, dan metode pengukuran di laboratorium. Secara umum, untuk orang dewasa, kisaran normalnya adalah:

- a. Pria: sekitar 4,7 – 6,1 juta sel/ μ L
- b. Wanita: sekitar 4,2 – 5,4 juta sel/ μ L

Perlu diingat bahwa angka-angka tersebut bisa berbeda antar laboratorium, sehingga hasil pemeriksaan sebaiknya selalu dikonsultasikan dengan dokter untuk interpretasi yang tepat.

2.2.5. Hubungan eritrosit dengan Tuberkulosis paru

Pada banyak penderita TB paru, ditemukan anemia, yang merupakan kondisi penurunan jumlah atau fungsi eritrosit. Anemia pada TB umumnya dikategorikan sebagai *anemia penyakit kronis* atau *anemia inflamasi*. Mekanismenya melibatkan pelepasan sitokin inflamasi (misalnya interleukin-6/IL-6) yang meningkatkan produksi hepcidin. Hepcidin berperan menghambat pelepasan zat besi dari sel-sel penyimpanan dan penyerapan usus, sehingga mengganggu sintesis hemoglobin dan produksi eritrosit. Kondisi ini mengakibatkan penurunan jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin pada penderita TB.

Kehadiran anemia pada TB paru memiliki implikasi klinis yang penting, antara lain:

- a. Penurunan Kualitas Hidup: Anemia dapat menyebabkan gejala seperti kelelahan, lemah, dan penurunan kapasitas fisik.
- b. Gangguan Pengiriman Oksigen: Eritrosit yang kurang optimal mengurangi kemampuan darah dalam mengangkut oksigen, yang bisa memperburuk kondisi penderita.

- c. Perlu Evaluasi Tambahan: Pemantauan parameter hematologi, termasuk jumlah dan morfologi eritrosit, penting dalam penatalaksanaan penderita TB untuk mengidentifikasi dan mengatasi komplikasi anemia

2.3. Leukosit

Leukosit, atau sel darah putih, adalah komponen vital dari sistem kekebalan tubuh yang berperan dalam mendeteksi, menyerang, dan mengeliminasi patogen seperti bakteri, virus, dan mikroorganisme lain. Sel-sel ini juga membantu dalam mengatur respon imun melalui sekresi sitokin dan proses fagositosis. Leukosit terdiri dari berbagai jenis—seperti neutrofil, limfosit, monosit, eosinofil, dan basofil—yang masing-masing memiliki peran spesifik dalam mempertahankan tubuh dari infeksi (Fil, 2021).

2.3.1. Struktur Leukosit

Leukosit, atau sel darah putih, memiliki struktur yang bervariasi sesuai dengan fungsi spesifik masing-masing sub tipe dalam sistem kekebalan tubuh. Secara umum, struktur leukosit meliputi:

- a. Inti Sel:
- b. Sitoplasma
- c. Granula



Gambar 2.3 Sel Leukosit pada sediaan apus darah
Sumber: Febryani, 2020.

2.3.2. Faktor yang memengaruhi leukosit

Berikut beberapa faktor yang memengaruhi leukosit

- 1) Infeksi
- 2) Peradangan
- 3) Imunosupresi atau kondisi saat daya tahan tubuh menurun
- 4) Stres emosional atau fisik, seperti cedera, pembedahan, dan demam
- 5) Luka bakar
- 6) Gangguan sistem kekebalan tubuh, seperti lupus atau rheumatoid arthritis
- 7) Masalah tiroid
- 8) Karies gigi (gigi berlubang)
- 9) Obat-obatan tertentu, termasuk lithium, kortikosteroid, dan beta-agonis
- 10) Reaksi alergi
- 11) Jenis kanker tertentu, seperti leukemia dan limfoma
- 12) Splenektomi (pengangkatan limpa)
- 13) Gangguan sumsum tulang, seperti polisitemia vera atau mielofibrosis
- 14) Merokok
- 15) Kegemukan
- 16) Kehamilan dan Selama Persalinan
- 17) Olahraga Berlebihan
- 18) Gangguan pernapasan, seperti batuk rejan dan tuberkulosis
- 19) Penyebab leukositosis yang paling sering adalah infeksi atau peradangan.

2.3.3. Nilai normal Leukosit

Nilai normal leukosit atau sel darah putih dalam darah bervariasi berdasarkan usia dan kondisi kesehatan.

Kadar normal leukosit dalam darah

- a. Bayi baru lahir: 13.000–38.000 per mikroliter darah
- b. Anak-anak: 5.000–20.000 per mikroliter darah
- c. Orang dewasa: 4.500–11.000 per mikroliter darah

- d. Wanita hamil trimester pertama: 5.700–13.600 per mikroliter darah
- e. Wanita hamil trimester kedua: 5.600–14.800 per mikroliter darah
- f. Wanita hamil trimester tiga: 5.800–12.200 per mikroliter darah

2.3.4. Hubungan Leukosit dengan Tuberkulosis Paru

Beberapa penelitian terkini mengindikasikan adanya korelasi signifikan antara perubahan profil keseluruhan leukosit dengan kondisi tuberkulosis paru. Misalnya, penelitian oleh Putra et al. (2021) mengamati bahwa penderita TB paru aktif cenderung mengalami peningkatan jumlah neutrofil serta terjadi perubahan dalam rasio monosit dan limfosit, yang menunjukkan adanya respons inflamasi yang intens terhadap infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Selain itu, terdapat juga pergeseran pada jumlah eosinofil, basofil, dan jenis leukosit lainnya, yang secara bersama-sama mempengaruhi mekanisme pertahanan tubuh dan berkontribusi pada proses patogenesis penyakit (Putra et al., 2021).

Selain itu, penelitian oleh Rahmi dan Wijaya (2020) menekankan bahwa peran semua jenis leukosit sangat krusial dalam pembentukan granuloma dan pengaturan respons imun seluler pada TB paru. Mereka menyimpulkan bahwa evaluasi menyeluruh terhadap profil leukosit tidak hanya memberikan wawasan mendalam mengenai mekanisme imunologis yang mendasari infeksi, tetapi juga memiliki potensi sebagai biomarker untuk menilai tingkat keparahan penyakit serta efektivitas terapi yang diberikan. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan komprehensif terhadap semua jenis leukosit dalam manajemen klinis penderita TB paru (Rahmi & Wijaya, 2020).