

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) masih menjadi salah satu masalah kesehatan global yang signifikan. Menurut laporan Global Tuberculosis Report 2024 dari World Health Organization (WHO), diperkirakan sekitar 10,8 juta orang terinfeksi TB pada tahun 2023, sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan 10,7 juta kasus yang tercatat pada tahun 2022. Di Indonesia, tercatat sebanyak 820.789 kasus TB, yang hanya mencapai 77% dari estimasi 1.060.000 kasus baru yang diharapkan pada tahun 2023. Selain itu, angka kematian akibat TB di Indonesia mencapai 134.000 per tahun. Data ini menunjukkan bahwa TB masih merupakan tantangan besar dalam pengendalian kesehatan masyarakat secara global (World Health Organization, 2024)

Prevalensi TB juga tetap tinggi di kalangan anak. Diperkirakan sekitar 1,25 juta kasus TB terjadi pada anak, yang setara dengan 12% dari total kasus TB global. Berdasarkan data yang ada, tingkat pelaporan kasus TB pada anak hanya mencapai 55% dari estimasi insiden yang sebenarnya, jauh lebih rendah dibandingkan pada orang dewasa. Hal ini menunjukkan bahwa banyak kasus TB pada anak tidak terdeteksi, yang sebagian besar disebabkan oleh kesulitan dalam melakukan skrining TB pada anak dibandingkan pada orang dewasa. Oleh karena itu, diperlukan parameter diagnostik yang lebih mudah diakses, terjangkau, dan efisien untuk membantu dalam diagnosis TB pada anak (Kemenkes RI, 2023; World Health Organization, 2024)

Pemeriksaan profil darah lengkap (CBC) adalah alat bantu yang sangat penting dalam membantu diagnosis dan memantau perkembangan penyakit TB paru pada anak. Pemeriksaan ini mencakup beberapa parameter penting, seperti jumlah sel darah putih (leukosit), kadar hemoglobin, jumlah trombosit, hematokrit dan laju endap darah (LED). Pada pasien TB, terutama anak, sering kali ditemukan perubahan signifikan pada profil darah, seperti adanya anemia mikrositik hipokrom, leukositosis, trombositosis, neutrofilia, dan bahkan peningkatan LED. Dengan mengenali pola perubahan tersebut, dokter dapat lebih mudah memantau kondisi pasien dan mengevaluasi respons terhadap terapi TB. (S Sangeetha *et al.*, 2020)

Selain itu, pemeriksaan darah lengkap juga berperan penting dalam mengidentifikasi komplikasi yang mungkin terjadi akibat penyakit atau efek samping dari pengobatan. Pemantauan yang rutin memungkinkan intervensi yang lebih cepat dan tepat untuk mencegah kondisi yang lebih buruk. Hal ini menjadi sangat relevan mengingat dampak buruk yang dapat ditimbulkan TB pada anak, seperti gangguan pertumbuhan, penurunan indeks massa tubuh, dan peningkatan risiko stunting. Oleh karena itu, pemeriksaan darah lengkap menjadi salah satu parameter penting yang dapat membantu dalam dan pengelolaan penyakit TB pada anak. (Han *et al.*, 2024)

Penelitian telah banyak dilakukan untuk mendukung penegakan pengobatan tuberkulosis (TB). Namun, masih terbatas penelitian yang metodologi, khususnya pada pasien TB anak. Padahal, pemeriksaan hematologi pada pasien anak dengan TB dapat memberikan gambaran penting hematologi yang terjadi, baik akibat infeksi itu sendiri maupun efek



samping dari pengobatan. Oleh karena itu, penulis merasa penting untuk mengkaji lebih dalam mengenai gambaran profil darah lengkap pada pasien TB anak, yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam membantu proses diagnostik dan pemantauan penatalaksanaan TB pada anak. (Alabi *et al.*, 2020)

Pemahaman yang lebih baik mengenai perubahan hematologi seperti anemia mikrositik, leukositosis, atau trombositopenia pada pasien TB anak akan memudahkan tenaga medis dalam mendeteksi perkembangan penyakit dan memberikan intervensi yang lebih cepat dan tepat. Selain itu, pemantauan profil darah lengkap juga memungkinkan deteksi dini terhadap komplikasi atau efek samping terapi, sehingga pengobatan dapat dilakukan secara lebih efektif dan terarah. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi penting dalam diagnosis dan tatalaksana TB pada anak, serta memperkaya pengetahuan tentang aspek hematologi pada pasien TB anak. (Alabi *et al.*, 2020).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut: bagaimana gambaran profil darah lengkap pada pasien anak dengan TB paru?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran profil darah lengkap pada pasien anak dengan TB paru

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menghitung nilai rerata setiap komponen profil darah lengkap (eritrosit, leukosit, hemoglobin, hematokrit, MCV, MCH, MCHC, monosit, limfosit, neutrofil, trombosit, dan laju endap darah) pada anak dengan TB paru
2. Memberikan distribusi nilai setiap komponen profil darah lengkap (eritrosit, leukosit, hemoglobin, hematokrit, MCV, MCH, MCHC, monosit, limfosit, neutrofil, trombosit, dan laju endap darah) pada anak dengan TB paru
3. Mengidentifikasi perubahan hematologi yang terjadi pada anak dengan TB paru.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Klinis

Penelitian ini memiliki implikasi yang signifikan. Penelitian ini akan memberikan informasi tambahan bagi praktisi kesehatan mengenai gambaran profil darah pada pasien anak dengan TB paru, yang dapat membantu dalam deteksi dini TB



akademis

segi akademis penelitian ini dapat menambahkan bukti empiris dan ensi pada literatur medis mengenai gambaran profil darah lengkap anak dengan TB paru serta memberikan data mengenai pola rofil darah lengkap pasien anak dengan TB paru. Diharapkan dapat menjadi dasar untuk riset lebih lanjut.

1.5. Hipotesis Penelitian

1. Terdapat penurunan jumlah eritrosit pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
2. Terdapat peningkatan jumlah leukosit pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
3. Terdapat penurunan kadar hemoglobin pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
4. Terdapat penurunan nilai hematokrit pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
5. Terdapat penurunan nilai MCV (Mean Corpuscular Volume) pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
6. Terdapat penurunan nilai MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin) pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
7. Terdapat penurunan nilai MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
8. Terdapat peningkatan jumlah monosit pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
9. Terdapat penurunan jumlah limfosit pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
10. Terdapat peningkatan jumlah neutrofil pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
11. Terdapat peningkatan jumlah trombosit pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.
12. Terdapat peningkatan laju endap darah pada pasien anak dengan TB paru terhadap nilai normal.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi dan Etiologi Tuberkulosis

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit infeksi kronik yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (M.TB) dan biasanya menyerang paru-paru, meskipun juga dapat memengaruhi organ lain seperti kulit, usus, otak, ginjal, dan tulang. Penularan terjadi melalui droplet yang dikeluarkan oleh penderita TB aktif ketika batuk, bersin, atau berbicara, dan droplet tersebut kemudian terhirup oleh individu lain. Proses infeksi ini menghasilkan granuloma pada jaringan yang terinfeksi dan melibatkan reaksi hipersensitivitas yang dimediasi oleh sel. (WHO, 2016)

M.TB merupakan bakteri batang tahan asam gram positif dengan dinding sel kaya lipid dan lapisan tebal peptidoglikan, yang membuatnya tumbuh secara lambat. M. tuberculosis adalah bakteri aerobik yang lebih sering menginfeksi jaringan dengan kandungan oksigen tinggi seperti paru-paru (WHO, 2016)

Tuberkulosis (TB) tetap menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat global yang signifikan. Menurut laporan dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), pada tahun 2022 terdapat sekitar 10,6 juta kasus TB baru di dunia, dengan 1,6 juta orang meninggal akibat penyakit ini. Penyakit ini tidak mengenal batas usia, baik pada dewasa maupun anak. (World Health Organization, 2023)

2.2. Epidemiologi Tuberkulosis

Pada dewasa, TB terutama menyerang paru-paru, yang dapat menyebabkan gejala seperti batuk berdarah, demam, penurunan berat badan, dan keringat malam. WHO mencatat bahwa sekitar 85% dari seluruh kasus TB global terjadi pada orang dewasa, dengan prevalensi tertinggi berada di negara-negara berpenduduk padat dan dengan kondisi sistem kesehatan yang terbatas (World Health Organization, 2023)

Selain itu, TB pada anak sering kali lebih sulit didiagnosis karena gejalanya yang kurang spesifik dan ringan. Meskipun demikian, TB pada anak tetap menjadi masalah penting di negara-negara dengan tingkat prevalensi TB yang tinggi. Pada 2022, WHO melaporkan bahwa terdapat sekitar 1 juta kasus TB pada anak di dunia, dengan sebagian besar kasus terjadi pada anak berusia di bawah lima tahun. Anak yang terinfeksi TB biasanya mendapatkan penularan dari orang dewasa yang terinfeksi, namun pada anak, bentuk TB yang sering ditemukan lebih berat, seperti TB milier atau meningitis TB. (World Health Organization, 2023)

Indonesia adalah salah satu negara dengan beban TB tertinggi di dunia. Berdasarkan data WHO dan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, pada tahun 2022 terdapat sekitar 800.000 kasus TB baru di Indonesia. Prevalensi TB pada orang tetap tinggi, dengan lebih dari 60% kasus terjadi pada kelompok ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kepadatan penduduk, tingkat pengangguran yang tinggi, dan prevalensi HIV yang tinggi, yang memengaruhi penyebaran TB di masyarakat. (Kemenkes RI, 2023)

Meskipun TB tidak seumum pada orang dewasa, tetapi tetap menjadi ancaman diperkirakan sekitar 10% dari seluruh kasus TB di Indonesia terjadi



pada anak, dengan mayoritas kasus ditemukan pada anak berusia di bawah lima tahun. Meskipun program imunisasi BCG telah dilaksanakan secara luas di Indonesia, tingkat penularan TB pada anak tetap tinggi. Kementerian Kesehatan Indonesia (2023) menyebutkan bahwa rendahnya kesadaran masyarakat mengenai TB pada anak menyebabkan keterlambatan dalam diagnosis dan pengobatan, yang berkontribusi pada tingginya angka kejadian TB pada anak. (Kemenkes RI, 2023)

Makassar, ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan, juga menghadapi tantangan besar terkait dengan epidemiologi TB. Berdasarkan laporan dari Dinas Kesehatan Makassar, tercatat sekitar 6.000 kasus TB baru di kota ini, dengan sebagian besar kasus terjadi pada kelompok dewasa. Meskipun ada penurunan jumlah kasus TB, namun angka ini tetap signifikan. Beberapa faktor penyebab tingginya angka TB di Makassar adalah tingginya tingkat urbanisasi, mobilitas penduduk yang tinggi, serta faktor sosioekonomi yang memengaruhi akses terhadap layanan kesehatan. (Sukarna, Wahyuni and Syam, 2021)

Pada anak, meskipun jumlah kasus TB lebih sedikit dibandingkan pada dewasa, namun anak tetap berisiko tinggi terinfeksi TB, terutama di daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan kondisi sanitasi yang buruk. Dinas Kesehatan Makassar melaporkan bahwa sekitar 10-15% dari total kasus TB di kota ini terjadi pada anak. Kasus-kasus TB pada anak di Makassar lebih banyak ditemukan pada kelompok usia di bawah lima tahun. Penyakit ini seringkali terlambat didiagnosis karena gejalanya yang mirip dengan penyakit pernapasan lainnya. Oleh karena itu, pendekatan yang lebih intensif dalam diagnosis dan pengobatan TB pada anak sangat diperlukan untuk menurunkan angka kejadian TB di kota ini. (Sukarna, Wahyuni and Syam, 2021)

2.3. Klasifikasi Tuberkulosis

Penyakit Tuberkulosis (TB) memiliki beberapa klasifikasi berdasarkan lokasi organ terinfeksi, dan patogenesis penyakit. Berdasarkan lokasi infeksi, TB diklasifikasikan menjadi TB Paru dan TB Ekstra Paru. TB Paru merupakan bentuk yang paling umum, terjadi di jaringan paru-paru dan memiliki risiko penularan lebih tinggi melalui droplet nuklei yang dilepaskan saat penderita batuk atau bersin. Sementara itu, TB Ekstra Paru adalah infeksi yang melibatkan organ di luar paru-paru, seperti pleura, kelenjar getah bening, sistem saraf pusat, tulang, sendi, dan organ lainnya. Bentuk ini sering kali diakibatkan oleh penyebaran hematogen atau limfogen dari infeksi primer di paru-paru. Kasus TB gabungan, yang mencakup TB Paru dan Ekstra Paru, memerlukan perhatian khusus karena kompleksitasnya. (Tetikurt, 2022)

Berdasarkan patogenesis, TB dapat diklasifikasikan menjadi TB Primer, TB Post Primer dan TB Laten. TB Primer adalah bentuk penyakit yang berkembang dan menunjukkan gejala klinis, seperti batuk berdarah, demam, dan penurunan berat badan, serta dapat menular ke orang lain. TB primer yang terjadi setelah infeksi pertama kali



jukkan sedikit atau tanpa gejala, tipe ini lebih sering terjadi pada terjadi akibat reaktivasi atau reinfeksi setelah bertahun-tahun. TB um pada orang dewasa dan menunjukkan gejala yang lebih parah. ten adalah kondisi di mana seseorang terinfeksi bakteri M.TB tetapi gejala, dan infeksi tersebut tidak menular. Meskipun demikian, TB aktif kembali jika sistem kekebalan tubuh melemah. Klasifikasi ini unkan metode diagnosis dan strategi pengobatan yang tepat sesuai

dengan lokasi dan tingkat keparahan infeksi, sehingga membantu pengelolaan klinis yang lebih efektif. (Kementerian Kesehatan RI, 2016; Coussens *et al.*, 2024)

2.4. Patofisiologi Tuberkulosis

TB adalah infeksi kronis yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* (M.TB), bakteri yang terutama menyerang paru-paru tetapi juga dapat menyebar ke organ lain. Penyakit ini memiliki perjalanan yang kompleks, dimulai ketika droplet udara yang mengandung M.TB terhirup oleh seseorang. Bakteri ini masuk ke alveolus paru-paru dan segera dihadapi oleh makrofag alveolar, sel imun tubuh yang bertugas menghancurkan patogen. Sebagian besar patogen yang masuk akan mati namun, M.TB memiliki mekanisme pertahanan unik, yaitu kemampuannya untuk menghindari penghancuran di dalam makrofag dengan menghambat proses fusi fagosom-lisosom. (Wani, 2013; Sharma and Sarkar, 2018)

Sementara itu, sebagian kecil kuman yang tidak terhancurkan akan terus berkembang biak di dalam makrofag, yang pada akhirnya akan menyebabkan lisis makrofag tersebut. Proses ini menyebabkan pembentukan lesi pertama yang disebut fokus primer Ghon di paru-paru. Setelah terbentuknya fokus primer Ghon, kuman TB menyebar melalui saluran limfatik menuju kelenjar limfe regional. Kelenjar limfe regional adalah kelenjar yang memiliki hubungan langsung melalui saluran limfatik dengan lokasi fokus primer. Penyebaran ini mengakibatkan terjadinya inflamasi pada saluran limfe (limfangitis) dan pada kelenjar limfe (limfadenitis). Lokasi dari fokus primer menentukan kelenjar limfe yang terlibat. Gabungan dari fokus primer, limfangitis, dan limfadenitis ini dikenal sebagai kompleks primer. Tahap ini dapat dikategorikan sebagai TB Primer (Kementerian Kesehatan RI, 2016).

Untuk mengatasi infeksi ini, tubuh membentuk struktur granuloma, yang berfungsi mengisolasi bakteri dari jaringan sehat. Granuloma terdiri dari pusat nekrotik kaseosa yang dikelilingi oleh lapisan makrofag, sel epiteloid, sel raksasa Langhans, dan limfosit. Proses ini merupakan upaya tubuh untuk mengendalikan infeksi dan mencegah penyebaran M.TB. Namun, granuloma juga menjadi tempat persembunyian bakteri dalam kondisi dorman, kondisi ini yang disebut sebagai TB Laten. Dalam keadaan ini, M.TB tetap hidup tetapi tidak aktif secara metabolik, memungkinkan bakteri bertahan selama bertahun-tahun dalam tubuh inang tanpa menimbulkan gejala (Kementerian Kesehatan RI, 2016; Sharma and Sarkar, 2018).

Hasil dari infeksi M.TB ini sangat bervariasi tergantung pada kekuatan respons imun tubuh. Pada sebagian individu, sistem imun berhasil mengeliminasi bakteri tanpa konsekuensi lebih lanjut. Namun, pada banyak kasus, terjadi TB Laten, di mana bakteri tetap tersembunyi dalam granuloma tanpa menimbulkan gejala. Pada situasi tertentu, seperti penurunan imunitas akibat HIV/AIDS, malnutrisi, atau penggunaan obat immunosupresif, TB laten dapat berkembang menjadi TB Post Primer. TB Post Primer



etelah infeksi primer atau bertahun-tahun kemudian, dengan gejala demam, dan penurunan berat badan yang signifikan (Wani, 2013). an paru pada TB sebagian besar disebabkan oleh respons imunan. Ketika tubuh berusaha menghancurkan bakteri, respons oleh sitokin seperti TNF- α dan IFN- γ dapat merusak jaringan parunya, terjadi degradasi matriks ekstraseluler, pembentukan kavitas is. Selain itu, peran faktor genetik inang juga memengaruhi tingkat

keparahan kerusakan jaringan. Respons imun yang tidak terkontrol ini menjadikan TB sebagai penyakit yang sangat merusak jika tidak ditangani dengan baik (Ravimohan *et al.*, 2018).

Faktor risiko lain yang berkontribusi pada aktivasi kembali TB laten meliputi kondisi imunokompromisasi seperti HIV/AIDS, paparan ulang terhadap M.TB, lingkungan hidup yang padat, dan penyakit kronis seperti diabetes melitus. Faktor-faktor ini menegaskan pentingnya intervensi pencegahan dini dan pengendalian faktor risiko untuk meminimalkan progresi penyakit dan mencegah kerusakan jaringan yang lebih parah (Ravimohan *et al.*, 2018).

2.5. Metode Diagnosis Tuberkulosis

Diagnosis TB dilakukan dengan pendekatan yang mencakup gejala klinis, pemeriksaan laboratorium, dan pemeriksaan penunjang. Pada pasien dengan TB aktif, gejala klinis yang sering muncul meliputi gejala respiratorik seperti batuk yang berlangsung lebih dari tiga minggu, batuk berdarah, sesak napas, dan nyeri dada. Selain itu, gejala sistemik juga sering ditemukan, seperti demam, malaise (rasa lemas), keringat malam, anoreksia, dan penurunan berat badan. Gejala-gejala ini sering kali menunjukkan adanya infeksi TB, namun diagnosis yang tepat memerlukan konfirmasi dari pemeriksaan penunjang. Salah satu pemeriksaan penunjang yang sangat penting adalah pemeriksaan radiologi, seperti rontgen dada, yang dapat menunjukkan gambaran infiltrasi pada segmen apikal dan posterior lobus atas paru, yang sering kali menjadi lokasi utama infeksi TB paru. Pada TB yang lebih lanjut, dapat ditemukan kavitas (rongga paru) yang disebabkan oleh nekrosis jaringan atau bercak milier, yang merupakan tanda khas dari TB milier (CDC, 2024).

Berbagai metode lain telah dikembangkan untuk mendiagnosis TB, mulai dari teknologi mutakhir seperti Tes Cepat Molekuler (TCM), hingga pendekatan klasik seperti mikroskopik BTA, kultur bakteri, dan pemeriksaan darah lengkap (CBC). Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangannya, yang menjadikannya lebih atau kurang cocok tergantung pada situasi klinis dan ketersediaan sumber daya. Sekarang, metode Tes Cepat Molekuler (TCM) seperti GeneXpert menjadi pilihan utama di banyak fasilitas modern karena kemampuannya mendeteksi DNA M.TB dengan cepat, bahkan pada sampel dengan beban bakteri rendah. Metode ini juga dapat mengidentifikasi resistensi terhadap rifampisin, salah satu obat utama untuk TB. TCM menawarkan sensitivitas tinggi hingga 99% dan memberikan hasil dalam beberapa jam. Namun, biaya alat dan kebutuhan infrastruktur canggih menjadi hambatan besar untuk implementasi TCM di banyak daerah, terutama di wilayah dengan sumber daya terbatas (Bojang *et al.*, 2016).

Sementara itu, metode mikroskopik BTA menggunakan pewarnaan Ziehl-Neelsen untuk mendeteksi basil tahan asam dalam sampel dahak. Metode ini relatif murah dan mudah diterapkan, menjadikannya solusi yang umum di fasilitas kesehatan dasar.



ya hanya sekitar 63%-73%, sehingga hasil negatif palsu sering da kasus dengan beban bakteri rendah. Untuk meningkatkan konsentrasi atau pewarnaan fluoresensi dapat digunakan, tetapi ini banyak pelatihan dan peralatan khusus (Chandra, Selvaraj and

asih dianggap sebagai standar emas untuk diagnosis TB karena sangat tinggi. Proses ini melibatkan pertumbuhan Mycobacterium

tuberculosis dalam media kultur, seperti Lowenstein-Jensen, yang memungkinkan identifikasi yang akurat. Namun, prosesnya membutuhkan waktu lama, hingga 8 minggu, yang dapat menunda pengobatan (Bojang *et al.*, 2016).

Di sisi lain, pemeriksaan darah lengkap (CBC) menawarkan solusi sederhana untuk mendukung diagnosis TB. Penelitian menunjukkan bahwa pasien TB memiliki kadar hemoglobin yang lebih rendah, serta peningkatan jumlah neutrofil dan trombosit dibandingkan dengan individu sehat. Parameter ini dapat digunakan sebagai indikator hematologis yang sederhana dan hemat biaya untuk membantu penegakan diagnosis serta memantau perkembangan penyakit TB. Mengingat rendahnya biaya dan ketersediaannya yang luas, CBC menjadi alat yang relevan untuk diagnosis awal di daerah dengan sumber daya terbatas, serta untuk melacak komplikasi yang mungkin terjadi (Shah, Desai and Maru, 2022)

2.6. Tantangan Diagnosis Pada Anak

Diagnosis tuberkulosis (TB) pada anak memiliki berbagai tantangan yang membedakannya dengan diagnosis pada orang dewasa. Salah satu kendala utama adalah gejala yang seringkali tidak spesifik, seperti batuk ringan, demam, penurunan berat badan, dan malaise. Gejala-gejala ini mudah disalahartikan sebagai infeksi saluran pernapasan lainnya atau penyakit umum, sehingga membuat dokter sulit membedakan apakah anak tersebut terinfeksi TB atau tidak. Hal ini sering mengarah pada keterlambatan diagnosis, yang memperburuk prognosis pasien, karena pengobatan yang terlambat dapat menyebabkan komplikasi yang lebih serius. (Caminero and Scardigli, 2016; Jaganath, Beaudry and Salazar-Austin, 2022)

Selain gejala yang tidak spesifik, masalah lain yang mempersulit diagnosis adalah kondisi pauci-bacillary pada anak. TB pada anak biasanya memiliki beban bakteri yang lebih rendah dibandingkan pada orang dewasa, yang berarti jumlah bakteri dalam sputum sangat sedikit. Oleh karena itu, meskipun anak tersebut terinfeksi TB, hasil pemeriksaan sputum sering kali negatif. Kondisi ini menyebabkan tantangan besar dalam melakukan diagnosis berbasis mikrobiologi seperti pewarnaan Bakteri Tahan Asam (BTA) atau tes cepat molekuler (TCM), yang membutuhkan konsentrasi bakteri yang lebih tinggi dalam sampel untuk dapat mendeteksinya dengan akurat. (Caminero and Scardigli, 2016; Maphalle *et al.*, 2022)

Keterbatasan dalam akses terhadap metode diagnosis yang cepat dan efektif juga menjadi tantangan besar dalam diagnosis TB pada anak. Metode canggih seperti Interferon-Gamma Release Assays (IGRA) atau Xpert MTB/RIF yang dapat mendeteksi infeksi TB lebih cepat dan lebih sensitif sering kali tidak tersedia di banyak daerah, terutama di negara dengan sumber daya terbatas. Hal ini menghambat kemampuan untuk mendeteksi TB pada tahap dini, yang penting untuk pengobatan yang tepat waktu. Selain itu, beberapa pemeriksaan seperti Xpert MTB/RIF memerlukan



ng tidak selalu dapat diakses di fasilitas kesehatan dasar, dan mahal. (Pelosi *et al.*, 2023)

anak, pemeriksaan sputum menjadi tantangan tersendiri. Banyak , masih sangat muda, tidak dapat memberikan sputum secara ghalangi pengambilan sampel yang diperlukan untuk pemeriksaan ra, pemeriksaan sputum menjadi kurang efektif untuk mendeteksi bok usia ini. Melihat tantangan-tantangan tersebut, diperlukan

pendekatan diagnosis yang lebih mudah dicapai, murah, dan praktis untuk mendeteksi TB pada anak. Salah satu alternatif yang lebih sederhana adalah pemeriksaan darah lengkap, yang dapat memberikan indikasi adanya infeksi atau peradangan dalam tubuh anak. Pemeriksaan CBC dapat mendeteksi adanya leukositosis atau neutrofilia yang dapat menunjukkan respons imun terhadap infeksi. Hasil pemeriksaan darah lengkap dapat memberikan petunjuk awal yang berguna dalam mendiagnosis TB, terutama jika diikuti dengan tes diagnostik lainnya. (Maphalle *et al.*, 2022)

Dalam upaya meningkatkan diagnosis TB pada anak, pengembangan dan distribusi pemeriksaan yang lebih terjangkau dan mudah diakses, seperti pemeriksaan darah lengkap yang murah dan cepat, menjadi krusial. Selain itu, pelatihan tenaga medis untuk mengenali tanda-tanda klinis TB pada anak dengan lebih baik akan sangat membantu dalam mempercepat proses diagnosis dan pengobatan. Ketersediaan pemeriksaan laboratorium yang lebih sederhana dan efektif akan meningkatkan deteksi dini, yang pada gilirannya dapat mengurangi angka kesakitan dan kematian akibat TB pada anak. (Shah, Desai and Maru, 2022b)

2.7. Profil Darah Lengkap (CBC)

Profil Darah Lengkap (CBC) adalah tes laboratorium yang digunakan untuk memberikan informasi menyeluruh mengenai komponen-komponen utama dalam darah. Tes ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi kesehatan umum seseorang dan mendeteksi berbagai gangguan kesehatan, termasuk anemia, infeksi, dan berbagai penyakit lainnya. Dengan mengukur beberapa parameter penting dalam darah, seperti sel darah merah, sel darah putih, hemoglobin, hematokrit, trombosit, dan Laju Endap Darah (LED), CBC dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang fungsi tubuh, terutama sistem pembuluh darah dan kekebalan tubuh. (Iriani *et al.*, 2024)

Komponen utama yang dinilai dalam tes CBC meliputi sel darah merah (eritrosit), yang bertugas mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh. Sel darah merah mengandung hemoglobin (Hb), protein yang mengikat oksigen. Nilai hemoglobin yang rendah seringkali mengindikasikan adanya anemia, sebuah kondisi yang ditandai dengan kekurangan sel darah merah atau hemoglobin. Selain itu, tes CBC juga mengukur hematokrit (Hct), yang menggambarkan persentase volume darah yang terdiri dari sel darah merah. Sel darah putih (leukosit), yang berfungsi dalam sistem kekebalan tubuh untuk melawan infeksi, juga dihitung. Peningkatan jumlah sel darah putih dapat menunjukkan infeksi atau peradangan dalam tubuh. Selain itu terdapat juga trombosit, trombosit berperan penting dalam pembekuan darah. Jumlah trombosit yang rendah dapat meningkatkan risiko perdarahan, sedangkan jumlah yang terlalu tinggi dapat memicu pembekuan darah yang berlebihan. LED juga merupakan salah satu komponen penting dalam pemeriksaan CBC, komponen ini menunjukkan seberapa cepat sel darah mengalami pengendapan dalam waktu satu jam. Peningkatan LED dapat digunakan



adanya inflamasi atau infeksi didalam tubuh (Ahmed *et al.*, 2020; Wanda, 2024)

Pengambilan darah untuk tes CBC biasanya dilakukan yaitu pengambilan sampel darah dari pembuluh darah vena, bagian dalam. Sebelum pengambilan darah, area suntikan disinfektan untuk menghindari infeksi. Setelah jarum dimasukkan ke dalam pembuluh darah, darah akan diambil untuk dianalisis di laboratorium menggunakan alat

otomatis yang dapat menghitung jumlah sel darah merah, sel darah putih, trombosit, serta mengukur nilai hemoglobin dan hematokrit. Proses pengambilan darah ini relatif cepat dan tidak memerlukan waktu lama (Iriani *et al.*, 2024).

Hasil dari tes CBC memiliki banyak interpretasi klinis yang dapat membantu diagnosis berbagai kondisi medis. Misalnya, rendahnya jumlah sel darah merah atau hemoglobin dapat mengindikasikan anemia, sementara peningkatan jumlah sel darah putih dapat menunjukkan adanya infeksi atau peradangan. Kondisi lainnya, seperti trombositopenia (jumlah trombosit rendah) dapat menyebabkan masalah pembekuan darah, sedangkan trombositosis (jumlah trombosit tinggi) dapat meningkatkan risiko pembekuan darah yang tidak diinginkan, yang dapat mengarah pada gangguan seperti trombotik atau stroke. Dengan demikian, tes CBC sangat berguna dalam mendeteksi kondisi medis yang dapat mempengaruhi kesehatan secara keseluruhan. (Ahmed *et al.*, 2020)

Fungsi utama dari pemeriksaan CBC adalah untuk mendeteksi penyakit secara dini, bahkan sebelum gejala klinis muncul. Tes ini juga berguna untuk memantau perkembangan kondisi medis, seperti pada pasien yang menjalani perawatan kanker atau pengobatan penyakit darah. Selain itu, CBC memberikan gambaran tentang kesehatan seseorang secara keseluruhan, serta memungkinkan dokter untuk merencanakan pengobatan lebih lanjut berdasarkan hasil tes. Oleh karena itu, profil darah lengkap merupakan alat diagnostik yang sangat penting dalam bidang medis. (Iriani *et al.*, 2024)

2.8. Profil Darah Lengkap Tuberkulosis Paru Anak

Penyakit ini menyerang paru-paru sebagai organ utama, tetapi dapat pula memengaruhi organ lain, termasuk sumsum tulang. Hal ini sering kali menyebabkan perubahan signifikan pada parameter hematologis. Parameter-parameter ini meliputi anemia, leukositosis, neutrofilia, trombositopenia dan peningkatan LED. Selain menjadi indikasi dari penyakit itu sendiri, perubahan hematologis ini juga dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat keparahan penyakit, memantau respons terhadap pengobatan, dan memprediksi prognosis pasien. Perubahan hematologis pada TB kerap menjadi penanda awal yang sangat membantu terutama di wilayah dengan fasilitas diagnostik terbatas. (S Sangeetha *et al.*, 2020; Shah, Desai and Maru, 2022a)

Anemia adalah salah satu komplikasi hematologis yang paling sering ditemukan pada pasien TB. Kondisi ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk gangguan pembentukan sel darah merah akibat infiltrasi sumsum tulang oleh bakteri TB serta terganggunya metabolisme zat besi. Studi menunjukkan bahwa prevalensi anemia pada pasien TB berkisar antara 42% hingga 93,8%, dengan jenis anemia mikrositik hipokromik menjadi yang paling dominan. Anemia ini ditandai oleh kadar hemoglobin, hematokrit, dan volume sel darah merah rata-rata yang rendah. Menariknya, beberapa penelitian



anemia pada pasien TB cenderung membaik setelah pengobatan (Sangeetha *et al.*, 2020; Kaleem Ullah *et al.*, 2024).

, respons imun terhadap infeksi memicu pelepasan sitokin pro-inflamasi seperti interleukin-6 (IL-6), yang memainkan peran penting dalam mengganggu metabolisme zat besi. IL-6 meningkatkan kadar hepcidin, sebuah protein yang mengatur pelepasan zat besi dari makrofag dan

mengurangi penyerapan zat besi di usus, menyebabkan tubuh kekurangan zat besi yang dapat digunakan meskipun cadangan zat besi mencukupi. Akibatnya, proses pembentukan hemoglobin dan sel darah merah menjadi terganggu, menjadikan anemia penyakit kronis sebagai bentuk anemia yang umum pada pasien TB (Gil-Santana *et al.*, 2019).

Selain faktor metabolisme, inflamasi kronis juga mengurangi produksi eritropoietin, hormon yang penting untuk pembentukan sel darah merah. Kondisi ini diperparah oleh malnutrisi yang sering terjadi pada pasien TB, yang mengurangi asupan zat besi, vitamin B12, dan asam folat—semua nutrisi penting untuk eritropoiesis. Interaksi kompleks antara peradangan kronis, gangguan metabolisme zat besi, dan kekurangan nutrisi ini menjadi penyebab utama anemia pada pasien TB, yang biasanya membaik setelah infeksi aktif berhasil dikendalikan melalui pengobatan anti-TB (Ashenafi *et al.*, 2022).

Leukositosis terjadi sebagai reaksi inflamasi sistemik terhadap infeksi M. TB. Bakteri ini merangsang pelepasan sejumlah sitokin proinflamasi, seperti interleukin-1 (IL-1), tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), dan interferon-gamma (IFN- γ). Sitokin-sitokin ini mendorong sumsum tulang untuk memproduksi lebih banyak leukosit, terutama neutrofil, sebagai upaya tubuh melawan infeksi. Respon ini mencerminkan aktivasi sistem imun bawaan yang berperan sebagai garis pertahanan pertama terhadap infeksi tuberkulosis (Fitri *et al.*, 2024).

Neutrofilia, atau peningkatan jumlah neutrofil, adalah ciri khas infeksi akut seperti tuberkulosis aktif. Neutrofil memainkan peran utama dalam fagositosis dan pelepasan enzim yang membantu menghancurkan bakteri. Respon ini diperkuat oleh produksi granulocyte-colony stimulating factor (G-CSF) selama infeksi. Namun, neutrofilia yang berlangsung lama bisa menunjukkan bahwa tubuh mengalami kesulitan mengendalikan infeksi karena M. TB memiliki mekanisme untuk bertahan dari penghancuran oleh fagosit neutrofil (Morris, Bird and Nell, 1989).

Sebaliknya, limfopenia, yaitu penurunan jumlah limfosit, sering terjadi karena dampak infeksi TB terhadap sistem imun adaptif. Berkurangnya limfosit, khususnya limfosit T, dapat disebabkan oleh redistribusi sel imun ke area infeksi di paru-paru atau oleh efek penekanan mediator inflamasi sistemik seperti TNF- α . Selain itu, TB juga dapat meningkatkan apoptosis limfosit melalui mekanisme yang melibatkan stres oksidatif dan pelepasan sitokin tertentu (Berhane *et al.*, 2019).

Trombosit reaktif atau trombositosis sering kali terkait dengan aktivitas inflamasi pada TB dan dapat menjadi penanda penting dalam diagnosis serta evaluasi keparahan penyakit. Peningkatan jumlah trombosit dikaitkan dengan biomarker inflamasi seperti interleukin-6 (IL-6), protein C-reaktif (CRP), dan laju endap darah (ESR). IL-6, sebagai salah satu sitokin inflamasi utama, memainkan peran kunci dalam merangsang produksi trombosit di sumsum tulang selama fase akut infeksi. Studi menunjukkan bahwa sering terjadi pada pasien dengan TB aktif dibandingkan kelompok kontrol. Terdapat korelasi kuat dengan hasil pewarnaan tahan asam (acid-fast) dalam granuloma, menandakan infeksi aktif M.TB (Rathod *et al.*,



n lain pada komponen darah seperti anemia, leukositosis, dan peningkatan laju endap darah (LED) juga merupakan indikator penting, termasuk pada anak-anak. Proses ini berkaitan dengan respon

inflamasi sistemik yang diinisiasi oleh infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Sitokin pro-inflamasi seperti interleukin-1 (IL-1), interleukin-6 (IL-6), dan tumor necrosis factor-alpha (TNF- α) memainkan peran utama dalam meningkatkan produksi protein fase akut seperti fibrinogen dan globulin. Protein-protein ini berkontribusi pada perubahan sifat fisik darah, membuat eritrosit lebih mudah menggumpal dan mengendap lebih cepat selama pengujian LED. Peningkatan LED ini mencerminkan aktivitas inflamasi yang sedang berlangsung dalam tubuh pasien. Di negara-negara dengan sumber daya diagnostik terbatas, LED menjadi salah satu tes hematologis yang paling ekonomis dan efektif untuk membantu diagnosis dini serta manajemen pasien TB (Wijyanthy and Ratonanda, 2024).

Pada anak-anak dengan TB aktif, LED sering digunakan sebagai alat bantu diagnostik untuk menilai tingkat keparahan inflamasi. Sebagian besar pasien TB menunjukkan LED yang signifikan, terutama mereka yang memiliki gejala klinis jelas atau bukti radiologis yang abnormal. Namun, LED tidak selalu meningkat, terutama pada tahap awal infeksi atau pada pasien dengan gangguan imunitas. Meskipun LED berkorelasi dengan peradangan, hubungan langsung antara LED dan biomarker inflamasi lainnya seperti C-Reactive Protein (CRP) tidak selalu konsisten. Kombinasi pemeriksaan LED dengan indikator lain, seperti kadar CRP atau uji Mantoux, dapat memberikan diagnosis yang lebih akurat dalam menilai aktivitas TB paru pada anak-anak (Al-Marri and Kirkpatrick, 2000; Martins *et al.*, 2014).

