

SKRIPSI

**PERBEDAAN PROFIL HEMATOLOGI PADA *MTB DETECTED* DAN *MTB
NON DETECTED* MELALUI TES CEPAT MOLEKULER (TCM)
GENEXPERT DI UPTD PUSKESMAS AIR MANJUNTO
KABUPATEN MUKOMUKO**



OLEH :

**YOSI SEPRIANA
NIM. 2410263730**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2026**

	a). Tempat/Tgl: Manna/01/12/1998; b). Nama Orang Tua: (Ayah) Kuswinarto (Ibu) Sefti Warni; c). Program Studi : DIV Teknologi Laboratorium Medis Non Reguler; d). Fakultas: Ilmu Kesehatan ; e). NIM: 2410263730 ; f). Tgl Lulus : 03/03/2026; g). Predikat ; Pujian h). IPK:3,96 ; i) Lama Studi: 1 Tahun ; j). Alamat: Desa Agung Jaya, Kec. Air Manjuntjo, Kab.Mukomuko, Prov. Bengkulu.
---	---

PERBEDAAN PROFIL HEMATOLOGI PADA *MTB DETECTED* DAN *MTB NON DETECTED* MELALUI TES CEPAT MOLEKULER (TCM) GENEXPERT DI UPTD PUSKESMAS AIR MANJUNTO KABUPATEN MUKOMUKO

Oleh : Yosi Sepriana

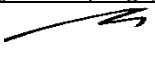
ABSTRAK

Pembimbing : 1. M. Diki Juliandi, M.Biotek 2. Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji, S.Si., M.Si

Tuberkulosis (TB) merupakan salah satu penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat global. *World Health Organization* (WHO) melaporkan bahwa pada tahun 2023 terdapat sekitar 10,6 juta kasus baru TB di seluruh dunia dengan 1,3 juta kematian, sehingga TB masih termasuk dalam 10 besar penyebab kematian global. Kasus TB di Indonesia menempati peringkat kedua dengan jumlah kasus terbanyak di dunia setelah India, dengan estimasi insidensi sebesar 394 per 100.000 penduduk. Pemeriksaan hematologi rutin berperan penting dalam mengevaluasi kondisi pasien TB selain pemeriksaan molekuler. Perubahan pada parameter hematologi seperti hemoglobin, leukosit, trombosit, eritrosit sering dijumpai pada pasien TB aktif. Profil hematologi dapat menggambarkan respons imun tubuh terhadap infeksi MTB, sekaligus berpotensi menjadi indikator prognosis dan pemantauan terapi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan profil hematologi pada *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* melalui TCM GeneXpert. Manfaat dari penelitian ini memberi pengetahuan dan pemahaman tentang perbedaan profil hematologi pada *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* melalui TCM GeneXpert. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian analitik dengan rancangan penelitian *cross sectional*. Hasil penelitian terhadap 62 jumlah sampel yang terdiri dari 31 sampel *MTB Detected* dan 31 sampel *MTB Not Detected*. Berdasarkan hasil penelitian tentang perbedaan profil hematologi pada pasien *MTB Detected* dan *MTB Not Detected*, didapatkan distribusi profil hematologi pada *MTB detected* dengan *mean* yaitu hemoglobin 11.24 ± 1.45 (g/dl), eritrosit 4.37 ± 0.76 Juta/mm³, leukosit 10.983 ± 3.25 (/mm³), trombosit 376.510 ± 1.25 (/mm³). Sedangkan pada *MTB Not Detected* hemoglobin $12,87 \pm 1.18$ (g/dl), Eritrosit $4,56 \pm 0.61$ Juta/mm³, Leukosit 9.209 ± 3.32 (/mm³), Trombosit 345.190 ± 1.58 (/mm³). Hasil uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan antara *MTB detected* dan *MTB non detected* dengan nilai hemoglobin (p-value=0,000), leukosit (p-value=0,012). Tidak terdapat perbedaan antara *MTB detected* dan *MTB non detected* trombosit (p-value=0,275) dan eritrosit p-value=0,558).

Kata Kunci : Tuberculosis, Profil Hematologi, GeneXpert, *MTB Detected*, *MTB Not Detected*

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dinyatakan lulus pada tanggal 03 Maret 2026 dan Abstrak telah disetujui oleh penguji :

Tanda tangan	1. 	2. 	3. 
Nama Terang	M. Diki Juliandi, M.Biotek	Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji, S.Si., M.Si	dr. Donaliazarti, M. Kes., Sp.PK

Mengetahui,

Ketua Program Studi: Endang Suriani, Am.Ak, SKM., M.Kes


TandaTangan

	a). Place/Date of birth : Manna/01/12/1998; b). Parent's names: (Father) Kuswinarto (Mother) Sefti Warni; c). Study Program : DIV Medical Laboratory Technology Non Regular; d). Faculty: Ilmu Kesehatan ; e). NIM: 2410263730 ; f). Date of Graduations : 03/03/2026; g). Academic Distinction ; Cumlaude h). GPA:3,96 ; i) Durations of study: 1 Years ; j). Address: Desa Agung Jaya, Kec. Air Manjunt, Kab.Mukomuko, Prov. Bengkulu.
---	--

DIFFERENCES IN HEMATOLOGICAL PROFILES BETWEEN *MTB-DETECTED* AND *MTB-NON-DETECTED* PATIENTS USING THE GENEXPERT MTB/RIF MOLECULAR RAPID TEST (TCM) AT THE UPTD AIR MANJUNTO PUBLIC HEALTH CENTER, MUKOMUKO REGENCY.

By : Yosi Sepriana

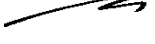
Supervisors: 1. M. Diki Juliandi, M.Biotek 2. Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji, S.Si., M.Si

ABSTRACT

Tuberculosis (TB) is one of the infectious diseases that remains a major global public health problem. The World Health Organization (WHO) reported that in 2023 there were approximately 10.6 million new TB cases worldwide with 1.3 million deaths, placing TB among the top ten causes of death globally. Indonesia ranks second after India in terms of the highest number of TB cases, with an estimated incidence of 394 per 100,000 population. Routine hematological examinations play an important role in evaluating the condition of TB patients in addition to molecular testing. Changes in hematological parameters such as hemoglobin, leukocytes, platelets, and erythrocytes are frequently observed in patients with active TB. Hematological profiles can reflect the immune response to *Mycobacterium tuberculosis* infection and may serve as indicators for prognosis and therapy monitoring. This study aimed to determine differences in hematological profiles between MTB Detected and MTB Not Detected cases using the TCM GeneXpert test. This research is expected to provide knowledge and understanding regarding differences in hematological profiles between MTB Detected and MTB Not Detected patients. This study employed an analytical research design with a cross-sectional approach. The study involved 62 samples, consisting of 31 MTB Detected samples and 31 MTB Not Detected samples. The results showed that the mean hematological values in the MTB Detected group were hemoglobin 11.24 ± 1.45 g/dL, erythrocytes 4.37 ± 0.76 million/mm³, leukocytes $10,983 \pm 3.25$ /mm³, and platelets $376,510 \pm 1.25$ /mm³. In contrast, the MTB Not Detected group showed mean values of hemoglobin 12.87 ± 1.18 g/dL, erythrocytes 4.56 ± 0.61 million/mm³, leukocytes $9,209 \pm 3.32$ /mm³, and platelets $345,190 \pm 1.58$ /mm³. Statistical analysis revealed significant differences between MTB Detected and MTB Not Detected groups in hemoglobin ($p = 0.000$) and leukocyte levels ($p = 0.012$). However, no significant differences were found in platelet ($p = 0.275$) and erythrocyte counts ($p = 0.558$).

Keywords : Tuberculosis, Hematological Parameters, GeneXpert, *MTB Detected*, *MTB Not Detected*

This thesis was defended before the examination board and was declared passed on 03 March 2026. The abstract has been approved by the examiners.

Signature	1. 	2. 	3. 
Full Name	M. Diki Juliandi, M.Biotek	Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji, S.Si., M.Si	dr. Donaliazarti, M. Kes., Sp.PK

Approved by,

Head of Study Program: Endang Suriani, Am.Ak, SKM., M.Kes


Signature

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) merupakan salah satu penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat global. *World Health Organization* (WHO) melaporkan bahwa pada tahun 2023 terdapat sekitar 10,6 juta kasus baru TB di seluruh dunia dengan 1,3 juta kematian, sehingga TB masih termasuk dalam 10 besar penyebab kematian global. Kasus TB di Indonesia menempati peringkat kedua dengan jumlah kasus terbanyak di dunia setelah India, dengan estimasi insidensi sebesar 394 per 100.000 penduduk (WHO Report, 2023).

Kasus TBC di Kabupaten Mukomuko terus mengalami peningkatan, hal ini terlihat dari jumlah pasien TB yang mendapatkan pengobatan dari jumlah 223 pasien pada tahun 2022 meningkat menjadi 334 pasien pada tahun 2023. Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Puskesmas Air Manjuntjo Kabupaten Mukomuko merupakan salah satu fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama yang telah melaksanakan program penanggulangan TBC dengan menggunakan alat Tes Cepat Molekuler. Peningkatan jumlah kasus TBC di wilayah kerja UPTD Puskesmas Air Manjuntjo Kabupaten Mukomuko juga terus bertambah jumlahnya dari tahun ke tahun. Jumlah kasus TBC yang sebelumnya berjumlah 17 orang ditahun 2023 bertambah jumlahnya menjadi 20 orang ditahun 2024 (Profil Dinkes Mukomuko, 2023).

Perkembangan teknologi diagnostik telah mempermudah deteksi TB. Salah satu metode yang direkomendasikan WHO adalah Tes Cepat Molekuler (TCM)

GeneXpert MTB/RIF, yang mampu mendeteksi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis* (MTB) sekaligus resistensi terhadap rifampisin dalam waktu relatif singkat dengan sensitivitas dan spesifisitas tinggi. Penggunaan TCM semakin meluas di fasilitas pelayanan kesehatan, termasuk rumah sakit rujukan TB dan laboratorium kesehatan masyarakat (Kemenkes RI, 2023).

Pemeriksaan hematologi rutin berperan penting dalam mengevaluasi kondisi pasien TB selain pemeriksaan molekuler. Perubahan pada parameter hematologi seperti hemoglobin, leukosit, trombosit, eritrosit sering dijumpai pada pasien TB aktif. Profil hematologi dapat menggambarkan respons imun tubuh terhadap infeksi MTB, sekaligus berpotensi menjadi indikator prognosis dan pemantauan terapi (Gumay *et al.*, 2024).

Perubahan hematologis pada penderita TB umumnya berkaitan dengan proses inflamasi kronis dan aktivitas sistem imun terhadap infeksi. Salah satu perubahan yang paling sering dijumpai adalah anemia normokrom normositik, yang terjadi akibat gangguan metabolisme zat besi dan penurunan produksi eritropoietin sebagai respon terhadap peradangan kronis. Kondisi ini sering disebut sebagai *anemia of chronic disease*. Selain itu, leukositosis atau peningkatan jumlah sel darah putih sering ditemukan pada penderita TB aktif, terutama pada kasus dengan infeksi luas atau komplikasi bakteri sekunder. Sebaliknya, leukopenia dapat terjadi pada TB berat yang disertai penurunan fungsi sumsum tulang (Ariyanto *et al.*, 2020).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pasien dengan TB aktif memiliki kecenderungan mengalami anemia normokrom normositik, leukositosis,

dan trombositosis reaktif. Namun, data mengenai perbedaan profil hematologi pada pasien dengan hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* melalui TCM GeneXpert masih terbatas, khususnya di Indonesia (Chedid *et al.*, 2020).

Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk menganalisis perbedaan profil hematologi pada pasien dengan hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* melalui TCM GeneXpert. Hasil penelitian ini kemudian dapat memberikan kontribusi dalam memahami gambaran hematologi pasien TB serta menjadi dasar bagi klinisi dalam penatalaksanaan pasien.

1.2 Rumusan Masalah

Melalui latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah : Apakah terdapat perbedaan profil hematologi pada pasien dengan hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* melalui pemeriksaan TCM GeneXpert di UPTD Puskesmas Air Manjuntio Kabupaten Mukomuko?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui perbedaan profil hematologi pada pasien dengan hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* melalui TCM GeneXpert di UPTD Puskesmas Air Manjuntio Kabupaten Mukomuko.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Menggambarkan profil hematologi pada pasien dengan hasil *MTB Detected* melalui TCM GeneXpert di UPTD Puskesmas Air Manjuntio Kabupaten Mukomuko.

- b. Menggambarkan profil hematologi pada pasien dengan hasil *MTB Not Detected* melalui TCM GeneXpert di UPTD Puskesmas Air Manjuntjo Kabupaten Mukomuko..
- c. Menganalisis perbedaan parameter hematologi (hemoglobin, eritrosit, leukosit, trombosit) antara pasien dengan hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* di UPTD Puskesmas Air Manjuntjo Kabupaten Mukomuko.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Penulis

- a. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang ilmu hematologi klinik terkait gambaran profil hematologi pada pasien TB.
- b. Menambah literatur mengenai hubungan antara hasil pemeriksaan molekuler TB menggunakan TCM GeneXpert dengan profil hematologi pasien.

1.4.2 Manfaat Bagi Institusi

Bagi institusi, penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk studi lebih lanjut mengenai hubungan hematologi dengan derajat keparahan, respons terapi, maupun prognosis pasien TB.

1.4.3 Manfaat Bagi Masyarakat

- a. Memberikan pemahaman kepada masyarakat bahwa pemeriksaan laboratorium, baik TCM GeneXpert maupun hematologi rutin, sangat penting dalam mendukung diagnosis dan pemantauan penyakit tuberkulosis.

- b. Meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai tanda-tanda klinis dan dampak TB terhadap kondisi darah, sehingga masyarakat terdorong untuk melakukan pemeriksaan dini dan rutin.
- c. Secara tidak langsung membantu masyarakat mendapatkan pelayanan kesehatan yang lebih cepat, tepat, dan terintegrasi, sehingga dapat memperbaiki kualitas hidup pasien TB dan mengurangi risiko penularan di lingkungan sekitar.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Gambaran Umum Hasil Penelitian

Penelitian perbedaan profil hematologi pada pasien dengan hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* melalui pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert di UPTD Puskesmas Air Manjuntio Kabupaten Mukomuko dan RSUD Mukomuko dilakukan terhadap 62 sampel yang memenuhi kriteria, yang terdiri dari 31 sampel pada kelompok *MTB detected* dan 31 sampel pada kelompok *MTB non detected*. Pemenuhan kriteria didasarkan pada kelengkapan data rekam medik yang ada. Pasien dengan data rekam medik yang tidak lengkap atau bahkan tidak ada, tidak dimasukkan dalam penelitian ini. Parameter hematologi yang dianalisis meliputi hemoglobin, eritrosit, leukosit, dan trombosit.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap 62 responden terduga TB (*MTB Detected* dan *Not Detected*) menunjukkan bahwa jumlah penderita TB berjenis kelamin laki-laki adalah 20 orang (64,51%) lebih banyak daripada penderita TB berjenis kelamin perempuan 11 orang (35,48%). Hal ini sejalan dengan penelitian Kassa *et al.*, (2016) yang menemukan bahwa TB lebih banyak terjadi pada laki laki (56,5%). Selain itu, hasil penelitian ini juga sesuai dengan data Kemenkes RI tahun 2019 yang menunjukkan bahwa prevalensi TB pada laki-laki 1,4 kali lebih besar dibandingkan perempuan. Laki-laki lebih rentan terkena TB karena melakukan aktivitas fisik berat yang melemahkan sistem kekebalan tubuh, serta mobilitas sosial yang tinggi (Sanjaya, 2023).

Berdasarkan distribusi hasil pemeriksaan *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* berdasarkan kelompok umur. Pada kelompok Dewasa (18–44 tahun), proporsi *MTB Detected* sebesar 29,03%, sedangkan *MTB Not Detected* sebesar 19,35%. Hal ini menunjukkan bahwa pada kelompok usia dewasa, kasus dengan hasil *MTB* terdeteksi masih cukup tinggi dibandingkan yang tidak terdeteksi. Pada kelompok pra lansia (45–59 tahun), persentase *MTB Detected* merupakan yang tertinggi, yaitu 38,70%, sementara *MTB Not Detected* sebesar 22,58%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kelompok pra lansia merupakan kelompok dengan kontribusi terbesar terhadap temuan kasus *MTB* terdeteksi. Sementara itu, pada kelompok lansia (>60 tahun), persentase *MTB Detected* sebesar 32,25%, namun persentase *MTB Not Detected* paling tinggi, yaitu 58,06%. Hal ini menunjukkan bahwa pada kelompok lansia lebih banyak ditemukan hasil pemeriksaan yang tidak mendeteksi *MTB* dibandingkan kelompok usia lainnya.

Usia 45–59 tahun merupakan kelompok usia dewasa akhir yang memiliki risiko lebih tinggi mengalami Tuberkulosis (TBC). Pada rentang usia ini terjadi penurunan fungsi sistem imun secara bertahap sehingga kemampuan tubuh dalam melawan infeksi *Mycobacterium tuberculosis* menjadi berkurang. Selain itu, pada usia tersebut banyak individu yang mulai mengalami penyakit penyerta seperti diabetes melitus, hipertensi, atau penyakit kronis lainnya yang dapat menurunkan daya tahan tubuh. Faktor lain yang berperan adalah lamanya paparan terhadap lingkungan kerja maupun lingkungan tempat tinggal yang berpotensi meningkatkan risiko terinfeksi TBC. Aktivitas sosial dan mobilitas yang masih cukup tinggi pada kelompok usia ini juga

dapat meningkatkan peluang kontak dengan penderita TBC. Oleh karena itu, kelompok usia 45–59 tahun sering ditemukan memiliki angka kejadian TBC yang lebih tinggi dibandingkan kelompok usia lainnya (Susilawaty *et al.*, 2024).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kadar hemoglobin pada pasien *MTB Detected* lebih rendah dibandingkan pasien *MTB Not Detected*, sedangkan jumlah leukosit menunjukkan nilai yang lebih tinggi. Hasil analisa secara statistik menunjukkan terdapat perbedaan antara *MTB detected* dan *MTB non detected* dengan nilai hemoglobin (p-value=0,000), leukosit (p-value=0,012). Tidak terdapat perbedaan antara *MTB detected* dan *MTB non detected* trombosit (p-value=0,275) dan eritrosit p-value=0,558).

5.2 Analisis Pemeriksaan Hemoglobin pada Pasien dengan Hasil *MTB*

Detected dan MTB Not Detected

Berdasarkan hasil penelitian, rerata kadar hemoglobin pada pasien dengan hasil *MTB Detected* lebih rendah dibandingkan dengan pasien *MTB Not Detected*, dan perbedaan tersebut menunjukkan hasil yang bermakna secara statistik ($p < 0,05$). Penurunan kadar hemoglobin pada pasien *MTB Detected* dapat dikaitkan dengan kondisi anemia yang sering dijumpai pada penderita tuberkulosis aktif. Anemia pada TB umumnya disebabkan oleh proses inflamasi kronik yang memengaruhi metabolisme besi, penurunan produksi eritropoietin, serta gangguan eritropoiesis di sumsum tulang. Mediator inflamasi seperti interleukin-6 (IL-6) berperan dalam meningkatkan produksi hepcidin, yang menyebabkan zat besi terperangkap dalam sistem retikuloendotelial sehingga tidak dapat dimanfaatkan secara optimal untuk

pembentukan eritrosit. Selain itu, faktor lain seperti status gizi yang kurang dan infeksi yang berlangsung lama juga berkontribusi terhadap terjadinya anemia pada pasien TBC. Infeksi *Mycobacterium tuberculosis* juga dapat menyebabkan peningkatan sitokin proinflamasi yang berperan dalam menekan pembentukan sel darah merah. Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pasien TB aktif cenderung mengalami penurunan kadar hemoglobin dibandingkan individu tanpa infeksi TB. Dengan demikian, kadar hemoglobin dapat menjadi salah satu indikator kondisi klinis pasien TB (Ariyanto *et al.*, 2020).

Sebaliknya, pada kelompok *MTB Not Detected*, rerata kadar hemoglobin berada pada kisaran yang lebih tinggi dan relatif normal, yang mengindikasikan tidak adanya proses inflamasi kronik akibat infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Hal ini memperkuat dugaan bahwa penurunan hemoglobin pada kelompok *MTB Detected* berkaitan erat dengan patofisiologi tuberculosis (Gumay *et al.*, 2024).

5.3 Analisis Pemeriksaan Leukosit pada Pasien dengan Hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected*

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan jumlah leukosit yang bermakna secara statistik antara kedua kelompok ($p < 0,05$), dengan rerata jumlah leukosit yang lebih tinggi pada kelompok *MTB Detected*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah leukosit pada pasien *MTB Detected* lebih tinggi dibandingkan pasien *MTB Not Detected*, dengan perbedaan yang bermakna secara statistik. Peningkatan jumlah leukosit pada pasien *MTB Detected* mencerminkan

respons sistem imun tubuh terhadap adanya infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Tuberkulosis merupakan penyakit infeksi kronik yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Ketika bakteri ini menginfeksi tubuh, sistem imun akan merespons dengan mengaktifkan mekanisme pertahanan seluler. Aktivasi ini melibatkan pelepasan sitokin proinflamasi seperti interleukin-1 (IL-1), interleukin-6 (IL-6), dan tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), yang berperan dalam merangsang sumsum tulang untuk meningkatkan produksi leukosit. Akibatnya, pasien TB aktif dengan hasil *MTB Detected* cenderung mengalami leukositosis (Gumay *et al.*, 2024).

Leukositosis merupakan reaksi pertahanan tubuh akibat proses inflamasi dan aktivasi sel-sel imun untuk melawan agen infeksi. Sementara itu, pada kelompok *MTB Not Detected*, jumlah leukosit cenderung lebih rendah karena tidak terdapat atau lebih minimal rangsangan inflamasi akibat infeksi TB aktif. Hasil ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa infeksi bakteri kronik seperti TB dapat memicu peningkatan leukosit sebagai bagian dari mekanisme imun. Oleh karena itu, pemeriksaan leukosit dapat digunakan sebagai parameter pendukung dalam menilai aktivitas infeksi pada pasien TB. Selain status MTB, peningkatan leukosit juga dipengaruhi oleh derajat keparahan penyakit. Pasien *MTB Detected* umumnya memiliki lesi paru yang lebih luas atau proses infeksi yang lebih aktif, sehingga respons imun yang terjadi lebih intens. Hal ini mendukung temuan bahwa leukosit dapat digunakan sebagai salah satu indikator tidak spesifik adanya infeksi aktif, meskipun tidak dapat berdiri sendiri sebagai alat diagnostik TB (Gumay *et al.*, 2024).

Sebaliknya, pada pasien TB dengan hasil *MTB Not Detected*, jumlah leukosit cenderung lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain beban bakteri yang lebih rendah, fase infeksi yang tidak aktif, atau kondisi pasien yang telah mendapatkan pengobatan sebelumnya sehingga respons inflamasi menurun. Selain itu, hasil *MTB Not Detected* juga dapat ditemukan pada pasien dengan kondisi imun yang sudah mulai stabil, di mana reaksi inflamasi sistemik tidak sekuat pada TB aktif.

Dengan demikian, perbedaan kadar leukosit antara pasien *MTB Detected* dan TB negatif mencerminkan perbedaan aktivitas penyakit dan respons imun tubuh terhadap infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Hasil penelitian ini memperkuat konsep bahwa leukositosis pada *MTB Detected* merupakan manifestasi dari respons inflamasi sistemik akibat infeksi aktif, sehingga pemeriksaan leukosit dapat menjadi pemeriksaan penunjang dalam evaluasi kondisi klinis pasien TB. Temuan ini konsisten dengan beberapa penelitian sebelumnya yang melaporkan peningkatan jumlah leukosit pada pasien TBC aktif dibandingkan dengan individu tanpa infeksi TBC (Gumay *et al.*, 2024).

5.4 Analisis Pemeriksaan Eritrosit pada Pasien dengan Hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected*

Berdasarkan analisis statistik, tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada jumlah eritrosit antara pasien *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat perbedaan kadar hemoglobin, jumlah eritrosit pada kedua kelompok relatif serupa. Kondisi ini dapat disebabkan oleh

beberapa faktor, antara lain stadium penyakit TB yang bervariasi, status gizi pasien, serta kompensasi tubuh dalam mempertahankan jumlah eritrosit. Kadar eritrosit tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna antara pasien TB positif dan TB negatif karena jumlah eritrosit bukan merupakan parameter yang sensitif terhadap proses inflamasi kronik maupun infeksi spesifik *Mycobacterium tuberculosis*. Pada TB, respons inflamasi sistemik lebih sering memengaruhi kadar hemoglobin melalui mekanisme anemia penyakit kronik, tanpa selalu disertai perubahan signifikan pada jumlah eritrosit. Selain itu, eritropoiesis dipengaruhi oleh berbagai faktor non-spesifik seperti status nutrisi, hidrasi, usia, dan penyakit penyerta, sehingga kadar eritrosit memiliki nilai diagnostik yang rendah dalam membedakan status infeksi TB positif dan negatif. Parameter hematologi lain seperti laju endap darah (LED), C-reactive protein (CRP), dan hemoglobin lebih mencerminkan aktivitas inflamasi pada pasien TB (Weiss *et al.*, 2005).

Tidak semua pasien TB mengalami gangguan eritropoiesis yang signifikan, terutama pada tahap awal infeksi. Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang juga melaporkan tidak adanya perbedaan signifikan jumlah eritrosit antara pasien TB dan non-TB. Salah satu faktor utama adalah stadium dan derajat keparahan penyakit. Pada TB dengan derajat ringan, fase awal infeksi, atau beban bakteri yang rendah, respons inflamasi sistemik belum cukup kuat untuk menghambat eritropoiesis secara signifikan. Akibatnya, produksi eritrosit masih dapat berlangsung normal sehingga jumlah eritrosit tetap berada dalam batas normal (Farhadian *et al.*, 2024).

Selain itu, status gizi dan cadangan zat besi yang baik berperan penting dalam mempertahankan jumlah eritrosit. Pasien TB dengan asupan nutrisi yang adekuat, terutama protein, zat besi, vitamin B12, dan asam folat, mampu mempertahankan proses pembentukan eritrosit meskipun terdapat infeksi kronik. Kondisi ini menyebabkan tidak terjadinya penurunan eritrosit yang bermakna. Selain itu, hasil eritrosit yang tidak menurun dapat dipengaruhi oleh kompensasi fisiologis tubuh. Pada kondisi hipoksia kronik akibat gangguan paru, tubuh dapat meningkatkan produksi eritropoietin sebagai mekanisme adaptasi untuk mempertahankan kapasitas pengangkutan oksigen. Mekanisme ini dapat menyeimbangkan efek supresi inflamasi terhadap eritropoiesis, sehingga jumlah eritrosit tidak menunjukkan penurunan yang jelas (Sari *et al.*, 2024).

Dengan demikian, tidak cenderung menurunnya jumlah eritrosit pada pasien TB mencerminkan adanya keseimbangan antara proses inflamasi, status nutrisi, efek terapi, dan mekanisme kompensasi tubuh. Hal ini menunjukkan bahwa eritrosit bukan parameter yang selalu menurun pada TB dan tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya indikator keparahan atau aktivitas penyakit TB.

5.5 Analisis Pemeriksaan Trombosit pada Pasien dengan Hasil *MTB Detected* dan *MTB Not Detected*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya kadar trombosit pada pasien kelompok *MTB Detected* lebih banyak ditemukan dibandingkan pasien *MTB Not Detected*, namun perbedaan tersebut tidak bermakna secara statistik. Peningkatan trombosit pada pasien TB dapat terjadi sebagai trombositosis reaktif akibat proses

inflamasi kronik. Pada infeksi TB, pelepasan sitokin proinflamasi dapat merangsang produksi trombosit di sumsum tulang. Namun, tidak signifikkannya perbedaan trombosit dalam penelitian ini kemungkinan dipengaruhi oleh tingkat keparahan penyakit, variasi respons inflamasi antar individu, serta adanya faktor lain seperti status gizi dan kondisi klinis pasien (Garg *et al.*, 2020).

Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan jumlah trombosit tidak selalu konsisten pada semua pasien TB, sehingga parameter trombosit lebih tepat digunakan sebagai pemeriksaan pendukung dibandingkan sebagai indikator utama. Jumlah trombosit pada pasien TBC dapat bervariasi, mulai dari normal hingga meningkat, tergantung pada derajat inflamasi dan kondisi klinis pasien. Pada pasien tuberkulosis, jumlah trombosit tidak selalu meningkat meskipun TB merupakan penyakit infeksi kronik. Hal ini disebabkan oleh beberapa mekanisme patofisiologis yang memengaruhi proses produksi dan keseimbangan trombosit dalam tubuh (Garg *et al.*, 2020).

Salah satu penyebab utama adalah derajat dan fase inflamasi. Peningkatan trombosit (trombositosis reaktif) umumnya terjadi pada TB dengan proses inflamasi aktif dan cukup berat. Pada TB dengan beban bakteri rendah, fase penyakit awal, atau kondisi inflamasi yang tidak terlalu kuat, pelepasan sitokin proinflamasi seperti interleukin-6 (IL-6) tidak cukup tinggi untuk merangsang peningkatan produksi trombopoietin, sehingga jumlah trombosit tetap dalam batas normal. Selain itu, status gizi pasien berperan penting. Pasien TB sering mengalami malnutrisi, defisiensi protein, zat besi, vitamin B12, atau asam folat. Kekurangan nutrisi tersebut dapat

menghambat fungsi sumsum tulang, termasuk proses megakariopoiesis, sehingga produksi trombosit tidak meningkat meskipun terdapat infeksi (Taqarrasya *et al.*, 2025).

Faktor lain yang berperan adalah keterlibatan sumsum tulang oleh infeksi TB, terutama pada TB diseminata atau TB berat. Infiltrasi *Mycobacterium tuberculosis* ke dalam sumsum tulang dapat menekan pembentukan sel darah, termasuk trombosit, sehingga jumlah trombosit tidak meningkat atau bahkan menurun. Dengan demikian, tidak meningkatnya jumlah trombosit pada pasien TB mencerminkan kompleksitas respons tubuh terhadap infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Jumlah trombosit lebih mencerminkan tingkat inflamasi dan kondisi sistemik pasien, bukan semata-mata keberadaan infeksi TB itu sendiri. Oleh karena itu, trombosit tidak dapat digunakan sebagai indikator tunggal untuk menilai aktivitas penyakit TB (Garg *et al.*, 2020).

Tidak adanya perbedaan yang signifikan pada penelitian ini menunjukkan bahwa trombosit bukan merupakan parameter hematologi utama yang membedakan pasien *MTB Detected* dan *MTB Not Detected* pada lokasi dan populasi penelitian ini.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil penelitian. Desain penelitian yang digunakan adalah *cross sectional*, sehingga penelitian ini hanya menggambarkan kondisi profil hematologi pasien pada satu waktu tertentu dan tidak dapat menjelaskan hubungan sebab akibat antara hasil *MTB Detected* dan perubahan parameter hematologi. Selain itu, jumlah sampel yang relatif terbatas sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas ke populasi yang lebih besar. Penelitian ini juga tidak mempertimbangkan

beberapa faktor yang berpotensi memengaruhi profil hematologi, seperti status gizi, dan faktor lainnya. Keterbatasan tersebut memungkinkan terjadinya variasi hasil yang tidak sepenuhnya disebabkan oleh infeksi *Mycobacterium tuberculosis*. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan desain longitudinal dengan jumlah sampel yang lebih besar serta mempertimbangkan faktor-faktor klinis lain agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai perubahan profil hematologi pada pasien tuberkulosis.

