

SKRIPSI

PERBANDINGAN HASIL PEMERIKSAAN *Mycobacterium tuberculosis* DENGAN GENEXPERT DAN PEWARNAAN ZIEHL NEELSEN DI RSUD DR. M. ZEIN PAINAN



Oleh :

QURATULAINI

NIM : 2410263617

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM

MEDIS

FAKULTAS ILMU KESEHATAN

UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA

PADANG

2025



a). Tempat/Tgl : Tapan, 05-06-2003; b). Nama Orang Tua: (Ayah) Bustami (Ibu) Afrideti; c). Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis; d). Fakultas : Ilmu Kesehatan; e). No NIM : 2410263617; f). Tgl Lulus : 27 Juli 2025; g). Predikat Lulus : Pujian ; h). IPK : 3,93 ; i). Lama Studi : 1 Tahun; j). Alamat: Air Dingin, Kec. Basa Ampek Balai Tapan, Kab. Pesisir Selatan, Prov. Sumatera Barat

**PERBANDINGAN HASIL PEMERIKSAAN *Mycobacterium tuberculosis*
DENGAN GENEXPERT DAN PEWARNAAN ZIEHL NEELSEN
DI RSUD DR. M. ZEIN PAINAN**

SKRIPSI

Oleh : Quratul Aini

Pembimbing: 1. Putra Rahmadea Utami, A.Md.AK., S.Si., M.Biomed
2. Melly Siska Suryani, S.S., M.Hum

Abstrak

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Diagnosis dini sangat penting untuk mencegah penyebaran penyakit. Di Indonesia, diagnosis TB masih banyak menggunakan metode pewarnaan Ziehl Neelsen yang memiliki keterbatasan dalam sensitivitas. Sebagai alternatif, metode GeneXpert menawarkan deteksi molekuler yang lebih cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* menggunakan metode GeneXpert dan pewarnaan Ziehl Neelsen. Penelitian ini merupakan studi deskriptif komparatif dengan rancangan *cross-sectional*, dilakukan terhadap 30 sampel sputum pasien suspek TB paru di Laboratorium RSUD dr. M. Zein Painan. Data diperoleh dari hasil pemeriksaan menggunakan metode GeneXpert dan Ziehl Neelsen, kemudian dianalisis dengan menghitung sensitivitas dan spesifisitas pewarnaan Ziehl Neelsen terhadap GeneXpert sebagai pembanding. Dari 30 sampel yang diperiksa, metode GeneXpert menunjukkan 14 sampel (46,7%) positif dan 16 sampel (53,3%) negatif. Metode Ziehl Neelsen menunjukkan 11 sampel (36,7%) positif dan 19 sampel (63,3%) negatif. Nilai sensitivitas metode Ziehl Neelsen sebesar 78,6% dan spesifisitas sebesar 100%.

Kata kunci: Tuberkulosis, *Mycobacterium tuberculosis*, GeneXpert, Ziehl Neelsen.

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dinyatakan **LULUS** pada 27 Juli 2025.

Abstrak telah disetujui oleh penguji

Tanda Tangan	1.	2.	3.
Quratul Aini	Putra Rahmadea Utami, A.Md.AK., S.Si., M.Biomed	Melly Siska Suryani, S.S., M.Hum	Dr. Almurdi, DMM, M.Kes

Mengetahui,
Ketua Program Studi: Dr. Apt. Dewi Yudiana Shinta, M.Si





a). Place/Date of Birth: Tapan, 05-06-2003; b). Parents' Names: (Father) Bustami (Mother) Afrideti; c). Study Program: Applied Bachelor in Medical Laboratory Technology; d). Faculty: Health Sciences; e). Student ID Number NIM: 2410263617; f). Graduation Date: 27 Juli 2025; g). Graduation Predicate: Cumlaude; h). GPA: 3,93; i). Length of Study: 1 Years; j). Address: Air Dingin, Kec. Basa Ampek Balai Tapan, Kab. Pesisir Selatan, Prov. Sumatera Barat

COMPARISON OF *Mycobacterium tuberculosis* DETECTION RESULTS USING GENEXPERT AND ZIEHL NEELSEN STAINING METHODS AT DR. M. ZEIN PAINAN REGIONAL HOSPITAL

THESIS

By : Quratul Aini

Supervisors: 1. Putra Rahmadea Utami, A.Md.AK., S.Si., M.Biomed
2. Melly Siska Suryani, S.S., M.Hum


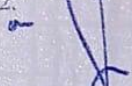
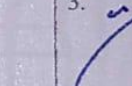

Abstract

Tuberculosis (TB) is a contagious infectious disease caused by *Mycobacterium tuberculosis*. Early diagnosis is crucial to prevent the spread of the disease. In Indonesia, TB diagnosis still predominantly uses the Ziehl Neelsen staining method, which has limitations in sensitivity. As an alternative, the GeneXpert method offers faster and more accurate molecular detection. This study aims to compare the results of *Mycobacterium tuberculosis* detection using GeneXpert and Ziehl Neelsen staining methods. This is a descriptive comparative study with a cross-sectional design, conducted on 30 sputum samples from suspected pulmonary TB patients at the Laboratory of dr. M. Zein Painan Regional Hospital. Data were obtained from both GeneXpert and Ziehl Neelsen tests and analyzed by calculating the sensitivity and specificity of the Ziehl Neelsen method using GeneXpert as the reference. Of the 30 samples tested, the GeneXpert method showed 14 (46,7%) positive and 16 (53,3%) negative results. The Ziehl Neelsen method showed 11 (36,7%) positive and 19 (63,3%) negative results. The sensitivity of the Ziehl Neelsen method was 78,6%, and its specificity was 100%.

Keywords: Tuberculosis, *Mycobacterium tuberculosis*, GeneXpert, Ziehl Neelsen.

This thesis has been defended before the examination committee and was declared **PASSED** on July 27, 2025.

The abstract has been approved by the examiners

Signature	1.	2.	3.
			
Quratul Aini	Putra Rahmadea Utami, A.Md.AK., S.Si., M.Biomed	Melly Siska Suryani, S.S., M.Hum	Dr. Almurdi, DMM, M.Kes

Knowing,

Head of Study Program: Dr.Apt.Dewi Yudiana Shinta, M.Si

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit tuberkulosis paru merupakan penyakit infeksi yang menjadi salah satu masalah kesehatan di masyarakat. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (Murtafi'ah *et al.*, 2020). Gejala utama tuberkulosis adalah batuk yang berlangsung lebih dari 2 minggu, disertai gejala tambahan seperti batuk berdahak, dahak bercampur darah, sesak napas, kelemahan, hilangnya nafsu makan, penurunan berat badan, nyeri, keringat malam tanpa aktivitas fisik, dan demam yang berlangsung lebih dari satu bulan. Tuberkulosis (TB) dapat menular dari satu individu ke individu lain melalui droplet yang keluar saat batuk atau bersin dari orang yang terinfeksi. TB dapat menginfeksi paru-paru, kelenjar getah bening, tulang, dan sistem saraf (Kemenkes RI, 2018).

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* berbentuk batang lurus atau sedikit melengkung, tidak memiliki spora maupun kapsul, dengan ukuran lebar 0,3–0,6 μm dan panjang 1–4 μm . Dinding sel bakteri ini memiliki struktur yang sangat kompleks, mengandung lapisan lemak tinggi (60%). Bakteri *M. tuberculosis* tumbuh secara perlahan dan memiliki suhu optimum pertumbuhan 37°C (Murtafi'ah *et al.*, 2020). Sel *Mycobacterium* mempunyai kemampuan saat penambahan asam tidak mengalami dekolorisasi (perusakan warna secara buatan) yang di sebut sebagai *Acid fast*. Sifat *Acid-fastness* ini mempunyai kandungan lipid kadar tinggi pada dinding sel, sehingga *Mycobacterium* bersifat *waxy*, hidrofobik dan susah diwarnai (Juhlin, 1967).

Menurut laporan WHO tahun 2024, Indonesia masih menempati peringkat kedua dengan kasus tuberkulosis (TB) tertinggi di dunia. Indonesia berkontribusi sekitar 10% dari total kasus TB global. Selain Indonesia, negara dengan beban TB tertinggi lainnya adalah India (26%), China (6,8%), Filipina (6,8%), dan Pakistan (6,3%). Pada tahun 2023, diperkirakan terdapat 10,8 juta kasus TB secara global, dengan 87% di antaranya berasal dari 30 negara dengan tingkat infeksi tinggi. Meskipun jumlah kematian akibat TB menurun dari 1,32 juta pada tahun 2022 menjadi 1,25 juta pada tahun 2023, penyakit ini tetap menjadi penyebab utama kematian akibat infeksi di dunia (WHO, 2024).

Menurut data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan dalam deteksi kasus tuberkulosis (TB) pada tahun 2023. Pada tahun tersebut, lebih dari 809.000 kasus TB baru ditemukan, meningkat dibandingkan dengan 724.000 kasus pada tahun 2022 (Kemenkes RI, 2024). Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar tahun 2018, prevalensi TB paru di Sumatera Barat mencapai 0,31%. Jumlah kasus TB terbanyak ditemukan di Kota Padang, yaitu sebanyak 1.478 kasus. Prevalensi tertinggi ditemukan di Kota Solok dan Kota Bukittinggi, masing-masing sebesar 20 per 10.000 penduduk. Kabupaten dengan prevalensi TB terendah adalah Kabupaten Dharmasraya, yakni 4 per 10.000 penduduk (Masnarivan Y, *et al.*, 2020). Kabupaten Pesisir Selatan merupakan salah satu wilayah di Sumatera Barat dengan jumlah penduduk yang cukup besar, yakni mencapai 531.494 jiwa per 16 Desember 2024 (Antara Sumbar, 2024). Berdasarkan estimasi nasional sebesar 354 kasus TB per 100.000 penduduk (Kementerian Kesehatan RI, 2023), potensi kasus baru TB di wilayah ini diperkirakan sekitar 1.880–1.900 kasus.

Diagnosis tuberkulosis (TB) di Indonesia masih banyak mengandalkan pemeriksaan mikroskopis Bakteri Tahan Asam (BTA) dengan metode pewarnaan Ziehl Neelsen sebagai

deteksi awal penyakit TB (Suryawati *et al.*, 2019). Pemeriksaan mikroskopis dengan metode pewarnaan Ziehl Neelsen tetap menjadi pilihan utama dalam mendeteksi TB pada tahap awal. Teknik ini dikenal sebagai metode yang sederhana, terjangkau, dan memiliki spesifisitas tinggi dalam mendeteksi Bakteri Tahan Asam (BTA) pada sputum. Beberapa penelitian melaporkan bahwa metode ini memiliki sensitivitas yang cukup rendah, berkisar antara 20-60%.

Teknik pewarnaan bakteri tuberkulosis yang digunakan adalah metode Ziehl Neelsen, yang memungkinkan deteksi BTA menggunakan mikroskop biasa. Metode pemeriksaan mikroskopis BTA dilakukan dengan membuat sediaan langsung dari spesimen dahak. Pemeriksaan dilakukan pada tiga spesimen dahak yang diambil dalam pola waktu tertentu, yaitu sewaktu, pagi, dan sewaktu (SPS) (Murtafi'ah *et al.*, 2020). Pemeriksaan mikroskopis BTA memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya adalah biaya relatif lebih murah dan dapat dilakukan di laboratorium sederhana yang memiliki mikroskop. Kekurangannya adalah waktu yang diperlukan cukup lama. Sampel berupa dahak pagi membutuhkan waktu sekitar dua hari untuk menyelesaikan seluruh prosedur, mulai dari pembuatan sediaan, pewarnaan, hingga pemeriksaan di bawah mikroskop (Suryawati *et al.*, 2019).

Selain pemeriksaan mikroskopis BTA, terdapat beberapa metode lain yang dapat digunakan untuk mendiagnosis TB, di antaranya kultur TB dan Tes Cepat Molekuler (TCM). Tes Cepat Molekuler menggunakan metode GeneXpert, yang merupakan perkembangan alat diagnostik terbaru yang dapat secara otomatis mendeteksi keberadaan bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (MTB) melalui pemeriksaan molekuler. Alat ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi resistensi *Mycobacterium tuberculosis* terhadap rifampisin (Kristina *et al.*, 2020).

GeneXpert MTB/RIF merupakan alat uji alternatif untuk diagnosis TB yang menggunakan cartridge berbasis *Nucleic Acid Amplification Test* (NAAT) secara otomatis, dengan hasil yang dapat diperoleh dalam waktu sekitar 2 jam. Pemeriksaan GeneXpert menggunakan metode *Real-Time Polymerase Chain Reaction Assay* (RT-PCR) secara otomatis untuk mendeteksi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis* sekaligus mengidentifikasi resistensi bakteri tersebut terhadap rifampisin (Kemenkes, 2017). Keuntungan dari penggunaan GeneXpert dalam pemeriksaan adalah waktu yang cepat, sekitar 2 jam, untuk diagnosis awal TB, serta sistem diagnostik ini dapat meningkatkan kepastian diagnosis dengan cepat untuk semua pasien. Berdasarkan beberapa jurnal, hasil pemeriksaan TCM menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas yang baik. Kekurangan dari alat ini adalah biaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemeriksaan mikroskopis BTA (Murtafi'ah *et al.*, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Munir *et al.* (2015) menunjukkan bahwa tingkat positivitas, sensitivitas, dan spesifisitas metode pewarnaan Ziehl Neelsen pada sampel paru dalam diagnosis TB paru adalah masing-masing 67,5%, 77,7%, dan 91,4%. Metode GeneXpert MTB/RIF memiliki tingkat positivitas, sensitivitas, dan spesifisitas yang lebih tinggi, yakni 77,4%, 90,1%, dan 98,3%. Perbedaan hasil antara kedua metode ini menjadi penting dalam diagnostik TB. Menurut penelitian Murtafi'ah dkk. (2020), perbedaan hasil pada GeneXpert negatif dan BTA positif dapat terjadi karena GeneXpert hanya dapat mendeteksi bakteri *M. tuberculosis*, sementara pemeriksaan BTA dengan pewarnaan Ziehl Neelsen tidak dapat mendeteksi semua bakteri golongan *Mycobacterium*, sehingga tidak spesifik untuk diagnosis *M. tuberculosis*. Hasil GeneXpert negatif dan BTA positif ini dapat menunjukkan adanya infeksi *Mycobacterium Other Than Tuberculosis* (MOTT).

Berdasarkan latar belakang tersebut, pemeriksaan TB paru dapat dilakukan menggunakan dua metode, yaitu alat GeneXpert dan pewarnaan Ziehl Neelsen yang diamati langsung di bawah mikroskop. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Perbandingan Hasil Pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* dengan GeneXpert dan Pewarnaan Ziehl Neelsen di RSUD dr. M. Zein Painan.”

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah "Bagaimana perbandingan hasil pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* menggunakan metode GeneXpert dan pewarnaan Ziehl Neelsen di RSUD dr. M. Zein Painan".

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui perbandingan hasil pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* menggunakan metode GeneXpert dan metode pewarnaan Ziehl Neelsen pada pasien suspek TB paru di RSUD dr. M. Zein Painan.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui hasil pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* menggunakan metode GeneXpert.
2. Untuk mengetahui hasil pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* menggunakan metode pewarnaan Ziehl Neelsen.
3. Untuk mengetahui perbandingan hasil pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* antara metode GeneXpert dan pewarnaan Ziehl Neelsen.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Menambah pengetahuan dan pengalaman, khususnya di bidang bakteriologi, mengenai perbandingan hasil pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* menggunakan metode GeneXpert dan pewarnaan Ziehl Neelsen.

1.4.2 Bagi Institusi Pendidikan

Menambah referensi kepustakaan di Universitas Perintis Indonesia untuk memperluas informasi dan mendukung penelitian lebih lanjut.

1.4.3 Bagi Petugas Laboratorium

Sebagai sumber informasi dan untuk memberikan pemahaman mengenai perbandingan hasil pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis* menggunakan metode GeneXpert dan pewarnaan Ziehl Neelsen.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Sampel Berdasarkan Jenis Kelamin dan Umur pada Pemeriksaan GeneXpert dan Ziehl Neelsen

Berdasarkan jenis kelamin pada pemeriksaan GeneXpert laki-laki menunjukkan 8 sampel (26,7%) positif, sedangkan perempuan 6 sampel (20,0%) positif. Pada pemeriksaan Ziehl Neelsen, laki-laki menunjukkan hasil positif pada 7 sampel (23,3%), sementara perempuan hanya pada 4 sampel (13,3%). Temuan ini sesuai dengan data epidemiologi nasional dan global yang menyatakan bahwa kasus TB lebih banyak ditemukan pada laki-laki. Hal ini dikaitkan dengan faktor risiko seperti kebiasaan merokok, pekerjaan di lingkungan berisiko tinggi, serta paparan terhadap polusi (WHO, 2024; Kemenkes RI, 2024). Hasil ini juga didukung oleh penelitian Lestari dkk. (2023) yang menunjukkan bahwa dari 109 sampel sputum pasien TB, mayoritas berasal dari laki-laki (63%), dengan proporsi kasus positif yang lebih tinggi pada kelompok tersebut. Penelitian oleh Ochei *et al.* (2022) di Nigeria menunjukkan hal serupa, di mana kelompok laki-laki menunjukkan proporsi hasil positif GeneXpert yang sedikit lebih tinggi dibandingkan perempuan, meskipun perbedaan tidak signifikan.

Berdasarkan kelompok umur hasil pemeriksaan GeneXpert menunjukkan positif tertinggi terdapat pada umur 46–55 sebanyak 4 orang (13,3%) diikuti kelompok umur 56–65 sebanyak 4 orang (13,3%). Pada pemeriksaan Ziehl Neelsen hasil positif tertinggi juga paling banyak ditemukan pada kelompok umur 46–55 sebanyak 4 orang (13,3%). Hal ini konsisten dengan laporan Kemenkes RI dan penelitian Beti & Haq (2024), yang menyatakan bahwa

usia produktif (15–55 tahun) merupakan kelompok dengan tingkat kejadian TB tertinggi. Faktor aktivitas sosial, mobilitas tinggi, dan paparan lingkungan menjadi penyebab utama kelompok usia ini rentan terhadap infeksi TB. Pada hasil negatif pada pemeriksaan Ziehl Neelsen. Hal ini dapat disebabkan oleh menurunnya sistem imunitas serta rendahnya jumlah bakteri dalam sputum sehingga sulit dideteksi dengan pewarnaan mikroskopik. Penelitian oleh Khattak *et al.* (2016) di Pakistan juga menunjukkan bahwa meskipun angka kejadian TB tetap tinggi pada usia lanjut, tingkat deteksi dengan metode Ziehl Neelsen cenderung lebih rendah dibanding GeneXpert.

5.2 Hasil Pemeriksaan GeneXpert dan Ziehl Neelsen

Pada hasil pemeriksaan GeneXpert hasil positif ditemukan pada 14 sampel, yang terdiri dari 9 sampel (30,3%) dalam kategori Low RIF Sensitive, 4 sampel (13,3%) dalam Medium RIF Sensitive, dan 1 sampel (3,3%) dalam High RIF Sensitive. Temuan ini menunjukkan bahwa GeneXpert tidak hanya mampu mendeteksi infeksi TB, tetapi juga memberikan informasi awal mengenai adanya resistensi rifampisin sangat penting dalam penanganan kasus TB-MDR (Kesuma & Abdullah, 2020). Pada hasil pemeriksaan Ziehl Neelsen tidak ditemukan kategori Scanty. Ditemukan 6 sampel (20,0%) pada tingkat 1+, 4 sampel (13,3%) pada tingkat 2+, dan 1 sampel (3,3%) pada tingkat 3+. Distribusi ini sejalan dengan penelitian oleh Utami *et al.* (2021), yang menganalisis 190 pasien suspek TB dan menemukan hubungan yang bermakna antara kategori hasil GeneXpert (Low, Medium, High) dengan tingkat positivitas BTA (1+, 2+, 3+) pada pemeriksaan Ziehl Neelsen. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat deteksi GeneXpert, cenderung diikuti oleh hasil positif yang lebih tinggi pada mikroskopis BTA, yang memperkuat kesesuaian dua metode

ini dalam mendeteksi kasus TB. Temuan ini juga mendukung bahwa metode mikroskopis Ziehl Neelsen hanya dapat mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* apabila jumlah bakterinya relatif tinggi dalam sputum. Keterbatasan lain dari metode ini adalah ketergantungan pada kualitas preparat dan keterampilan petugas laboratorium dalam melakukan pembacaan hasil mikroskopis (Latifah *et al.*, 2022).

Hasil pemeriksaan dengan Genexpert yang positif sebanyak 14 sampel, dengan pemeriksaan Ziehl Neelsen sebanyak 11 sampel yang positif. Hasil negatif palsu didapatkan karena pada hasil pemeriksaan Ziehl Neelsen menunjukkan hasil negatif tetapi pada hasil pemeriksaan TCM menunjukkan hasil positif. Hal ini mungkin dapat terjadi karena untuk mendapatkan hasil positif sampel sputum harus mengandung minimal 5000 kuman/ml sputum, banyaknya jaringan lendir akan memperbesar volume sampel sehingga memperkecil kemungkinan mendapatkan sampel yang mengandung bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (Murtafi'ah *et al.*, 2020).

5.3 Sensitivitas dan Spesifisitas GeneXpert dan Ziehl Neelsen

Nilai sensitivitas dan spesifisitas di hitung secara manual dengan rumus uji diagnostik dalam bentuk tabel 2x2 seperti pada tabel 4.7, nilai sensitivitas dan spesifisitas dari hasil pemeriksaan mikroskopis sputum BTA terhadap TCM terbesar 78,6% dan 100%. Hal ini menunjukkan bahwa pemeriksaan mikroskopis memiliki kemampuan tes 78,6% dalam mendeteksi individu yang sakit dari seluruh populasi yang benar-benar sakit, dan memiliki kemampuan tes 100% dalam mendeteksi individu yang tidak sakit dari populasi yang benar-benar tidak sakit. Nilai sensitivitas dan spesifisitas yang didapatkan menunjukkan bahwa

pemeriksaan mikroskopis memiliki validitas cukup baik sehingga dapat digunakan dalam mendiagnosa penyakit tuberkulosis Paru.

Hasil ini menunjukkan bahwa metode GeneXpert memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan metode mikroskopis Ziehl Neelsen. GeneXpert bekerja dengan prinsip real-time PCR yang secara otomatis mendeteksi DNA spesifik dari *Mycobacterium tuberculosis*, serta dapat mengidentifikasi resistensi terhadap obat rifampisin melalui gen *rpoB* (Kemenkes RI, 2023). Deteksi ini memungkinkan penegakan diagnosis secara dini infeksi MTB, bahkan pada jumlah bakteri yang rendah, serta sangat penting dalam menangani kasus tuberkulosis resisten obat (TB-RO). Dukungan terhadap temuan ini juga diperoleh dari penelitian oleh Murtafi'ah et al. (2020), yang menyatakan bahwa metode GeneXpert memiliki sensitivitas sebesar 90,1% dan spesifisitas sebesar 98,3%, sedangkan metode Ziehl Neelsen memiliki sensitivitas 77,7% dan spesifisitas 91,4%. Dengan demikian, potensi terjadinya hasil negatif palsu lebih tinggi pada metode Ziehl Neelsen, terutama jika jumlah bakteri dalam sputum rendah atau pengambilan sampel kurang optimal.

Perbandingan antara dua metode ini juga telah dilaporkan dalam penelitian oleh Indrayati *et al.* (2024), yang menyimpulkan bahwa GeneXpert memiliki tingkat deteksi yang lebih baik pada kasus TB dibanding metode mikroskopis, terutama dalam kasus dengan jumlah bakteri rendah atau pasien dengan HIV/AIDS. Meski demikian, metode Ziehl Neelsen, masih menjadi pemeriksaan standar yang banyak digunakan di fasilitas layanan primer karena murah, sederhana, dan tidak membutuhkan peralatan canggih.

Hasil ini menunjukkan bahwa metode GeneXpert memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan pewarnaan Ziehl Neelsen, sejalan dengan studi sebelumnya. Adanya kasus discordant menunjukkan bahwa kedua metode memiliki kelebihan dan kekurangan

yang perlu dipertimbangkan dalam praktik klinis. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi keduanya bisa meningkatkan akurasi diagnosis TB, terutama pada kasus dengan bacterial load rendah. Perbedaan hasil yang signifikan bisa disebabkan oleh keterbatasan sensitivitas pewarnaan Ziehl Neelsen dalam mendeteksi bakteri dengan jumlah rendah, sedangkan GeneXpert mampu mendeteksi DNA bakteri secara lebih sensitif dan cepat.