

SKRIPSI

KORELASI DIAGNOSTIK GENEXPERT DENGAN PEMERIKSAAN *FOLLOW-UP* MIKROSKOPIK BTA PADA PASIENT TUBERKULOSIS PARU DI RSUD KOTAMOBAGU



Oleh :

Aneke Febri Liswaty Badoa

NIM : 2410263668

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS

FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA

PADANG

2026

SKRIPSI

KORELASI DIAGNOSTIK GENEXPERT DENGAN PEMERIKSAAN *FOLLOW-UP* MIKROSKOPIK BTA PADA PASIENT TUBERKULOSIS PARU DI RSUD KOTAMOBAGU

*Skripsi ini Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Terapan*

Oleh :

Aneke Febri Liswaty Badoa

NIM : 2410263668

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS

FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA

PADANG

2026



a).Tempat/Tgl : Gorontalo/23 Februari 1997; b). Nama Orang Tua: (Ayah) Fredrik Badoa (Ibu) Esrini Sagulani; c). Program Studi : D.IV Analisis Kesehatan/TLM; d). Fakultas: Ilmu Kesehatan; e). No NIM: 2410263668; f). Tgl Lulus;.....2026; g). Predikat lulus:; h). IPK:;i) Lama Studi: 1 Tahun; j). Alamat: Kelurahan Pobundayan, Kecamatan Kotamobagu Selata, Kota Kotamobagu, Provinsi Sulawesi Utara

KORELASI DIAGNOSTIK GENEXPERT DENGAN PEMERIKSAAN FOLLOW-UP MIKROSKOPIK BTA PADA PASIEN TUBERKULOSIS PARU DI RSUD KOTAMOBAGU

SKRIPSI

Oleh : Aneke Febri Liswaty Badoa

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

ABSTRAK

Tuberkulosis (TB) Paru tetap menjadi masalah kesehatan global yang signifikan, dengan Indonesia menempati peringkat kedua beban TB tertinggi di dunia. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya sistem pemantauan pengobatan yang efektif untuk menurunkan angka kegagalan terapi. Meskipun alat *Tes Cepat Molekuler* (TCM) GeneXpert memiliki sensitivitas tinggi untuk diagnosis awal, pemeriksaan mikroskopik Basil Tahan Asam (BTA) masih menjadi standar pemantauan *follow-up* rutin sesuai pedoman nasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara hasil diagnostik GeneXpert dengan pemeriksaan *follow-up* mikroskopik BTA pada pasien TB Paru di RSUD Kotamobagu. Metode penelitian yang digunakan adalah analitik dengan desain *cross-sectional*. Sampel penelitian berjumlah 192 responden yang dipilih melalui teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi, yaitu pasien TB Paru Sensitif Obat yang memiliki data *follow-up* lengkap pada bulan ke-2, ke-5, dan ke-6. Data dianalisis secara univariat untuk melihat karakteristik responden dan bivariat menggunakan uji *Kendall's tau*. Hasil penelitian menunjukkan mayoritas responden adalah laki-laki (66%) dengan rentang usia produktif 46-65 tahun (46,4%). Secara statistik, ditemukan hubungan signifikan antara kategorik GeneXpert dengan hasil mikroskopik BTA pada bulan ke-2 pengobatan dengan nilai $p = 0,009$ ($p < 0,05$) dan koefisien korelasi sebesar 0,171 yang menunjukkan kekuatan hubungan sangat lemah. Hasil positif BTA pada bulan ke-2 lebih banyak ditemukan pada pasien dengan kategori beban bakteri *high* pada awal diagnosis. Sebaliknya, pada pemantauan bulan ke-5 dan ke-6 tidak ditemukan hubungan yang signifikan karena seluruh sampel telah mengalami konversi dahak menjadi negatif.

Kata Kunci: Tuberkulosis Paru, GeneXpert, Mikroskopik BTA, *Follow-up* Pengobatan.

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dinyatakan lulus pada 12 Maret 2026. Abstrak telah disetujui oleh penguji

Tangan	1	2 an. Vetro.	3
Nama Terang	Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji, M.Si	Muhammad Diki Juliandi, M. Biotek	Def Primal, M.Biomed., PAK

Mengetahui

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





a). Place/Date of birth : Gorontalo/23 Februari 1997; b). Parent's Names: Fredrik Badoa (Father) Esrini Sagulani (Mother); c). Study Program : Bachelor of Applied Science in Medical Laboratory Technology; d). Faculty: Health Sciences; e). Student ID Number: 2410263668; f). Graduation Date; June 10, 2026; g). Graduation Predicate:; h). GPA:; i) Length of Study: 1 Year; j). Address: Pobundayan Village, South Kotamobagu District, Kotamobagu City, North Sulawesi Province

CORRELATION BETWEEN GENEXPERT DIAGNOSTICS AND MICROSCOPIC AFB FOLLOW-UP EXAMINATIONS IN PULMONARY TUBERCULOSIS PATIENTS AT KOTAMOBAGU REGIONAL GENERAL HOSPITAL

THESIS

Oleh : Aneke Febri Liswaty Badoa

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

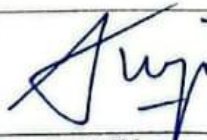
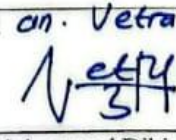
ABSTRACT

Pulmonary Tuberculosis (PTB) remains a significant global health problem, with Indonesia ranking second in the world for the highest TB burden. This study is motivated by the importance of an effective treatment monitoring system to reduce therapy failure rates. Although the GeneXpert Molecular Rapid Test (MRT) has high sensitivity for early diagnosis, Microscopic Acid-Fast Bacilli (AFB) examination remains the standard for routine follow-up monitoring according to national guidelines. This study aims to determine the correlation between GeneXpert diagnostic results and microscopic AFB follow-up examinations in pulmonary TB patients at Kotamobagu Regional General Hospital. The research method used is analytical with a cross-sectional design. The research sample consisted of 192 respondents selected through a purposive sampling technique based on inclusion criteria, specifically Drug-Sensitive Pulmonary TB patients with complete follow-up data at the 2nd, 5th, and 6th months. Data were analyzed univariately to observe respondent characteristics and bivariate using the Kendall's tau test. The results showed that the majority of respondents were male (66%) within the productive age range of 46-65 years (46,4%). Statistically, a significant correlation was found between the GeneXpert category and microscopic AFB results at the 2nd month of treatment with a p-value = 0.009 ($p < 0.05$) and a correlation coefficient of 0.171, indicating a very weak correlation strength. Positive AFB results in the 2nd month were more frequently found in patients with a high bacterial load category at the time of initial diagnosis. Conversely, no significant correlation was found in the 5th and 6th-month monitoring because all samples had undergone sputum conversion to negative.

Keywords: *Pulmonary Tuberculosis, GeneXpert, Microscopic AFB, Treatment Follow-up.*

The thesis has been defended before the examiners and declared PASSED on March 12, 2026

This abstract has been approved by the examiners

Signature	1 	2 	3 
Name	Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji, M.Si	Muhammad Diki Juliandi, M. Biotek	Def Primal, M.Biomed., PAK

Acknowledged

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



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini merupakan salah satu masalah kesehatan utama di dunia termasuk di Indonesia dengan tingkat insidensi yang cukup tinggi.

Menurut data *Global Tuberculosis Report*, Indonesia merupakan negara dengan beban TB tertinggi kedua di dunia pada tahun 2022, dengan estimasi kasus meningkat dari 824.000 pada tahun 2021 menjadi 1.060.000 kasus pada tahun 2022 dan angka kematian mencapai 134.000 (WHO, 2023). Tahun 2023 Indonesia menempati peringkat dua dunia dari lima besar negara dengan menyumbang dua per tiga dari total kasus TB terbanyak di dunia dengan prevalensi 10%, setelah negara India 26% kemudian diikuti oleh negara China 6,8% , Filipina 6,8% dan Pakistan 6,3% (WHO, 2024).

Hasil Survei Kesehatan Indonesia Tahun 2023, prevalensi TB paru berdasarkan riwayat diagnosis dokter menurut Provinsi sebesar 0,30% mencapai 877.531 jiwa dari jumlah penduduk. Provinsi Papua Tengah memiliki prevalensi TB paru tertinggi yaitu sebesar 1,15 %. Sedangkan Provinsi Sulawesi Utara sebesar 0,32%, serta Provinsi Bali dengan prevalensi kasus terendah yaitu 0,09% (Kemenkes RI, 2023)

Data dari Dinas Kesehatan Kotamobagu kasus TB paru di Kotamobagu setiap tahun semakin bertambah pada tahun 2020 kasus TB ada 241 dan sampai tahun 2024 bertambah hingga mencapai 446 kasus.

Pemeriksaan laboratorium untuk menunjang diagnosa TB paru menggunakan GeneXpert yang merupakan alat tes cepat molekuler (TCM) untuk diagnosis utama mendeteksi bakteri *Mycobacterium tuberculosis* dan untuk mengetahui status resistensi terhadap rifampisin. Jika sampel terdeteksi positif dengan sensitif rifampisin ataupun positif dengan resisten rifampisin maka setelah dilakukan pengobatan, akan dilakukan pemeriksaan mikroskopik untuk pemantauan pengobatan pada penderita TB paru. Tetapi tidak semua fasilitas pelayanan kesehatan (Fasyankes) memiliki alat untuk melakukan pemeriksaan TCM. Bagi Fasyankes yang mengalami kendala mengakses layanan TCM maka penegakan diagnosis dapat dilakukan dengan pemeriksaan mikroskopis. Pasien TB Paru yang terdiagnosis dengan pemeriksaan mikroskopis harus dilakukan pemeriksaan lanjutan menggunakan TCM untuk mengetahui status resistensi terhadap rifampisin. Pasien TB Paru sensitif obat yang diobati harus melakukan pemeriksaan mikroskopik basil tahan asam (BTA) *follow-up* rutin pada akhir bulan 2, akhir bulan 5 dan akhir pengobatan. (Kemenkes RI, 2022)

Penyebab kasus TB ini terus meningkat , salah satunya ada pada faktor rendahnya efektivitas pengobatan. Untuk membuktikan kerja obat efektif, maka dapat dilihat dengan proses monitoring pengobatan. Pemantauan keberhasilan membunuh bakteri tidak bisa dilihat dalam jangka waktu pendek, tetapi dapat dilihat dalam jangka waktu panjang yaitu 6 bulan hingga 8 bulan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan yang efektif. Untuk saat ini pemeriksaan diagnosa

yang digunakan adalah TCM GeneXpert dan pemantauan pengobatan dengan mikroskopik BTA. Namun, kedua pemeriksaan tersebut memiliki sistem kerja yang berbeda. Di mana alat GeneXpert lebih canggih serta memiliki sensitivitas dan spesifitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan mikroskopik BTA.

Penelitian yang telah dilakukan Sadaq A. dkk (2020), pemeriksaan *follow-up* mikroskopik pada hasil pemeriksaan diagnostik tes cepat molekuler (TCM) GeneXpert menunjukkan bahwa hasil dari GeneXpert mempengaruhi hasil pemeriksaan *follow-up* mikroskopik BTA (Sadaq et al., 2020) . Penelitian tersebut hanya menganalisis waktu konversi BTA mikroskopik terhadap obat anti tuberkulosis (OAT) tanpa mengkaji secara mendalam korelasi hasil GeneXpert dengan hasil pemeriksaan *follow-up* BTA serta efektivitas pemeriksaan mikroskopik BTA sebagai pemantauan pengobatan.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian tentang korelasi diagnostik GeneXpert dengan pemeriksaan *follow-up* mikroskopik BTA pada pasien tuberkulosis paru di RSUD Kotamobagu.

1.2 Perumusan Masalah

- a. Apakah terdapat korelasi antara hasil diagnostik GeneXpert dengan pemeriksaan *follow-up* mikroskopik BTA pada pasien Tuberkulosis Paru di RSUD Kotamobagu?
- b. Apakah pemeriksaan mikroskopik BTA masih efektif sebagai pemeriksaan pemantauan pengobatan tuberkulosis?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui korelasi diagnostik GeneXpert dengan pemeriksaan *follow-up* mikroskopik BTA pada pasien Tuberkulosis Paru di RSUD Kotamobagu.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Menganalisis hasil diagnostik GeneXpert dengan hasil *follow-up* mikroskopik BTA
- b. Mengetahui efektivitas pemeriksaan mikroskopik BTA terhadap pemantauan pengobatan pasien Tuberkulosis Paru berdasarkan hasil diagnostik GeneXpert

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Peneliti

Menambah pengetahuan dan dapat berkontribusi dalam menambah literatur ilmiah terkait penatalaksanaan penanggulangan penyakit Tuberkulosis Paru.

1.4.2 Bagi Institusi Pendidikan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam pengembangan ilmu pengetahuan, serta dapat menjadi sumber informasi bagi penelitian selanjutnya

1.4.3 Bagi Masyarakat

- a. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pemantauan pengobatan Tuberkulosis Paru
- b. Memberikan informasi metode pemeriksaan pemantauan pengobatan yang lebih akurat untuk pengendalian kasus Tuberkulosis Paru.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Karakteristik Responden

- 5.1.1 Berdasarkan hasil penelitian, mayoritas responden dalam penelitian ini adalah laki-laki sebanyak 127 orang (66%). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa laki-laki lebih beresiko terkena TB paru dibandingkan perempuan. Hal yang menjadi penyebabnya adalah gaya hidup laki-laki yang tidak sehat misalnya merokok dan minum minuman beralkohol, sehingga menyebabkan sistem pertahanan tubuh menjadi turun dan lebih mudah terpapar dengan agen penyebab TB paru. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa laki-laki memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan perempuan, sehingga kemungkinan terpapar dengan agen penyebab lebih besar dibandingkan perempuan (Maryah et al., 2024). Dominasi laki-laki dalam data penelitian ini didukung oleh temuan Gupta dkk (2023), yang menyatakan bahwa perbedaan hormonal memberikan peran penting dalam patogenesis TB. Secara bakteriologis, estrogen pada perempuan bertindak sebagai pendorong sistem imun yang meningkatkan kemampuan makrofag untuk menghambat replikasi *Mycobacterium tuberculosis* melalui produksi sitokin Th1. Sebaliknya, pada laki-laki, testosteron justru memberikan efek supresif yang melemahkan aktivitas oksidatif makrofag. Hal ini menciptakan kondisi paru yang permisif bagi bakteri untuk menghindari degradasi fagosom-lisosom, sehingga beban kuman menjadi lebih tinggi dan meningkatkan probabilitas diagnosis TB aktif pada laki-laki (Gupta et al., 2023)
- 5.1.2 Karakteristik usia subjek menunjukkan distribusi yang signifikan pada kelompok usia dewasa hingga lanjut usia, dengan mayoritas berada pada rentang 46-65 tahun (46,4%). Tingginya prevalensi tuberkulosis (TB) pada kelompok usia produktif akhir dan lansia ini berkaitan erat dengan

penurunan sistem imun atau *immunosenescence*. Seiring bertambahnya usia, fungsi sel T dan makrofag yang merupakan pertahanan utama tubuh

melawan *Mycobacterium tuberculosis* mengalami degradasi, sehingga meningkatkan risiko reaktivasi infeksi laten menjadi TB aktif. Selain itu, pada rentang usia 46-65 tahun, individu sering kali memiliki penyakit penyerta (komorbid) seperti diabetes melitus atau penyakit kardiovaskular yang memperparah kerentanan tubuh terhadap bakteri TB. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kelompok usia 26-45 tahun menyumbang 27,0% dari total frekuensi, yang merupakan usia produktif dengan mobilitas sosial yang tinggi. Mobilitas ini memperluas peluang paparan terhadap sumber penularan di lingkungan kerja maupun tempat umum. Di sisi lain, meskipun kelompok >65 tahun hanya berjumlah 14,1%, kelompok ini merupakan populasi yang paling rentan terhadap komplikasi dan efek samping obat antituberkulosis (OAT) karena penurunan fungsi organ tubuh. Dominansi data pada kelompok usia di atas 46 tahun secara keseluruhan mengindikasikan perlunya pemantauan yang lebih intensif pada orang dewasa dan lansia, mengingat gejala TB pada kelompok ini sering kali atipikal atau tidak spesifik, sehingga sering terlambat didiagnosis (Ulfah, A., et al., 2023)

5.2 Analisa Pemeriksaan GeneXpert dan *Follow-up* BTA pada Bulan Pengobatan

Data menunjukkan bahwa beban bakteri awal yang dideteksi melalui *GeneXpert* (MTB *detected* dari *very low* hingga *high*) memiliki korelasi dengan kecepatan konversi dahak mikroskopis selama masa pengobatan. Pada bulan ke-2 (akhir fase intensif), sebagian besar pasien dengan kategori beban bakteri *very low* hingga *medium* telah mengalami konversi (menjadi negatif secara mikroskopis), namun pada kategori *high*, masih terdapat 5 pasien yang hasil mikroskopisnya tetap positif (+). Hal ini menunjukkan bahwa pasien dengan beban bakteri tinggi memerlukan waktu pembersihan bakteri yang lebih lama dibandingkan mereka dengan beban rendah, meskipun pada bulan ke-5 dan ke-6 seluruh kategori telah mencapai konversi total (100% negatif). Berdasarkan hasil penelitian, kategori *high* pada pemeriksaan *GeneXpert* menunjukkan proporsi hasil mikroskopis positif yang paling tinggi pada

bulan ke-2 dibandingkan dengan kategori *very low*, *low*, dan *medium*. Hal ini berkaitan dengan beban bakteri (*bacterial load*) awal yang sangat tinggi di dalam jaringan paru, di mana jumlah kuman yang masif memerlukan waktu eliminasi yang lebih lama oleh sistem imun dan obat anti-tuberkulosis (OAT). Beban bakteri kategori *high* sering kali merepresentasikan adanya kavitas atau kerusakan jaringan paru yang luas, sehingga pada akhir fase intensif (bulan ke-2), meskipun telah terjadi penurunan jumlah kuman, konsentrasi bakteri masih berada di atas ambang batas deteksi mikroskopis (Ginting et al., 2024). Hal ini sejalan dengan teori bahwa nilai ambang siklus (*cycle threshold*) yang rendah pada *GeneXpert* (indikator kategori *high*) memiliki korelasi kuat dengan tingkat positivitas BTA yang persisten selama masa pengobatan.

Keterlambatan konversi dahak pada kelompok beban bakteri tinggi ini menjadi indikator penting dalam pemantauan klinis, karena risiko kegagalan pengobatan cenderung lebih besar pada pasien dengan status awal *high* jika dibandingkan dengan kategori *low* atau *very low*. Pada kategori beban rendah, jumlah bakteri yang relatif sedikit lebih cepat dibersihkan oleh regimen OAT fase intensif, sehingga hasil mikroskopis langsung menunjukkan negatif pada bulan ke-2. Sebaliknya, persistensi hasil positif pada kelompok *high* di bulan ke-2 menegaskan perlunya pengawasan ketat terhadap kepatuhan minum obat dan evaluasi terhadap kemungkinan resistensi kuman, meskipun secara klinis data menunjukkan seluruh kategori akhirnya mencapai konversi total pada bulan ke-5 dan ke-6 (Fajriah & Nurhayani, 2023).

Berdasarkan hasil penelitian, terlihat adanya keterbatasan metode mikroskopis dalam memantau konversi dahak, terutama pada bulan ke-2 di mana kategori *high* masih menunjukkan 5 hasil positif sementara kategori lainnya sudah hampir seluruhnya negatif. Secara ilmiah, penggunaan pemeriksaan mikroskopis Basil Tahan Asam (BTA) untuk *follow-up* pengobatan sering kali dianggap kurang akurat karena memiliki ambang batas deteksi (*limit of detection*) yang cukup tinggi, yakni memerlukan sekitar 5.000 hingga 10.000 kuman per ml dahak untuk memberikan hasil positif.

Fenomena negatif palsu sering terjadi ketika beban bakteri pasien sebenarnya masih ada namun jumlahnya berada di bawah ambang batas deteksi mikroskopis tersebut, sehingga evaluasi efektivitas pengobatan menjadi tidak sensitif (Purwaningsih et al., 2022).

Selain faktor ambang batas, kualitas sampel dan morfologi bakteri pasca-terapi antibiotik menjadi faktor penyebab utama ketidakefektifan mikroskopis sebagai alat pemantau tunggal. Proses pengobatan Tuberkulosis sering kali menyebabkan kerusakan pada dinding sel kuman *Mycobacterium tuberculosis*, yang mengakibatkan bakteri kehilangan sifat tahan asamnya dan tidak mampu mengikat zat warna primer secara maksimal. Akibatnya, pada pemeriksaan mikroskopis, bakteri yang secara klinis masih ada dalam sputum tidak akan terlihat, sehingga memberikan kesan kesembuhan semu. Hal ini diperburuk jika sampel yang diambil adalah dahak yang bersifat mukus atau saliva (air liur) daripada dahak purulen, yang secara otomatis menurunkan peluang ditemukannya kuman di bawah mikroskop (Azzahra & Zulaicha, 2023).

Keterbatasan ini menegaskan bahwa hasil negatif pada mikroskopis selama masa pengobatan tidak selalu berkorelasi dengan pembersihan bakteri secara total di dalam paru. Persistensi hasil positif pada kelompok *high* di bulan ke-2 menunjukkan bahwa metode mikroskopis hanya mampu mendeteksi kasus dengan beban kuman yang sangat masif, sementara kasus dengan beban kuman rendah setelah fase intensif sering kali terlewatkan. Oleh karena itu, penggunaan Tes Cepat Molekuler (TCM/GeneXpert) tetap menjadi standar yang lebih unggul karena mampu mendeteksi fragmen DNA bakteri dengan sensitivitas yang jauh melampaui metode mikroskopis konvensional (Sari & Ramadany, 2022).

5.3 Korelasi Pemeriksaan GeneXpert dan *Follow-up* Mikroskopik BTA Pada Pasien TB Paru

Berdasarkan hasil uji statistik Kendall's Tau, ditemukan hubungan yang signifikan antara beban bakteri awal pada pemeriksaan *GeneXpert* dengan hasil *follow-up* mikroskopis BTA pada bulan ke-2 pengobatan, dengan nilai p

= 0,009 ($p < 0,05$). Nilai koefisien korelasi $r = 0,171$) menunjukkan adanya arah hubungan positif, yang berarti semakin tinggi beban bakteri awal (kategori *high*), semakin besar peluang hasil mikroskopis tetap positif pada akhir fase intensif. Hal ini terlihat jelas pada data distribusi frekuensi, di mana kategori *high* menyumbang jumlah pasien terbanyak yang belum mengalami konversi dahak pada bulan ke-2 (5 pasien), dibandingkan kategori *very low* hingga *medium*. Secara klinis, tingginya populasi kuman *Mycobacterium tuberculosis* di awal diagnosis memerlukan waktu pembersihan bakteri (*clearance*) yang lebih lama melalui regimen Obat Anti Tuberkulosis (OAT). Hal ini berkaitan dengan kepadatan kuman yang melampaui kemampuan sistem imun untuk melakukan eliminasi cepat dalam dua bulan pertama (Fajriah & Nurhayani, 2023).

Meskipun terdapat korelasi signifikan, kekuatan hubungan yang tergolong lemah ($r = 0,171$) mengindikasikan bahwa pemeriksaan mikroskopis memiliki keterbatasan dalam memantau efektivitas pengobatan secara presisi. Hal ini disebabkan oleh ambang batas deteksi (*limit of detection*) mikroskopis yang tinggi, yakni memerlukan minimal 5.000–10.000 kuman/ml untuk memberikan hasil positif. Risiko negatif palsu menjadi sangat tinggi pada masa *follow-up* karena meskipun kuman masih ada secara molekuler, jumlahnya sering kali sudah turun di bawah ambang deteksi mikroskopis atau bakteri telah mengalami kerusakan morfologi akibat antibiotik sehingga tidak menyerap zat warna dengan sempurna. Oleh karena itu, sementara mikroskopis tetap menjadi standar pemantauan karena aksesibilitasnya, hasil negatif pada bulan ke-2, ke-5, dan ke-6 harus diinterpretasikan dengan hati-hati sebagai penurunan beban kuman, bukan serta-merta hilangnya kuman secara total dari sistem respirasi pasien (Sari & Ramadany, 2022).