
**DETERMINAN MUTU PEMERIKSAAN MIKROSKOPIS BAKTERI TAHAN ASAM
UNTUK DIAGNOSIS TUBERKULOSIS: *SYSTEMATIC LITERATUR REVIEW***

***DETERMINANTS OF ACID-FAST BACILLI MICROSCOPIC EXAMINATION
QUALITY FOR TUBERCULOSIS DIAGNOSIS: A SYSTEMATIC LITERATURE
REVIEW***

Info Artikel Diterima: 20 April 2026

Direvisi: 30 Mei 2026

Disetujui: 15 Juni 2026

Desi Afrianti¹, Misnaniarti², Alvera Noviyani³

^{1,2,3} Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat,
Universitas Sriwijaya, Indonesia

(E-mail penulis korespondensi: misnaniarti@fkm.unsri.ac.id)

ABSTRAK

Latar Belakang: Pemeriksaan mikroskopis Bakteri Tahan Asam (BTA) masih menjadi metode utama diagnosis tuberkulosis (TB), namun mutunya sering bervariasi. Peningkatan kapasitas tenaga laboratorium dan sistem penjaminan mutu diperlukan untuk memperkuat diagnosis TB di berbagai fasilitas kesehatan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor yang memengaruhi kualitas pemeriksaan BTA melalui systematic literature review.

Metode: Penelitian ini menggunakan pendekatan systematic literature review berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic literature reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Pencarian dilakukan pada PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar, dan diperoleh 20 artikel yang relevan.

Hasil: Hasil menunjukkan lima determinan utama mutu pemeriksaan, yaitu kualitas sputum, kompetensi petugas laboratorium, pelaksanaan External Quality Assessment (EQA), ketersediaan alat dan reagen, serta pengawasan manajemen laboratorium.

Kesimpulan: Pelatihan dan EQA terbukti paling berpengaruh dalam meningkatkan akurasi diagnosis.

Kata kunci : Mikroskopis, sputum, tenaga laboratorium, fasilitas kesehatan, tuberkulosis

ABSTRACT

Background: Acid-Fast Bacilli (AFB) microscopy examination remains the primary diagnostic method for tuberculosis (TB), yet its quality often varies. Capacity and competency improvement of the laboratory technician and quality assurance was required to establish the TB diagnostic in health facilities. This study aimed to identify the determinants of AFB microscopy examination quality.

Methods: This study was a systematic literature review with *Preferred Reporting Items for Systematic literature reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Articles were searched in main electronic database PubMed, ScienceDirect and Google Scholar. After selection process, 20 articles were chosen to final step of analysis.

Results: The result showed five primer determinants of the quality of AFB microscopy examination that is quality of specimen, competency of laboratory technician, external quality assessment (EQA) performance, existing of tools and laboratory stuffs, and laboratory management supervision.

Conclusion: EQA and training to improve competencies of laboratory technician in performing microscopy examination were the two main affecting determinants for improving diagnostic accuracy.

Keywords: Microscopy examination, sputum, laboratory technician, health facilities, tuberculosis

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) masih menjadi salah satu penyakit menular paling mematikan di dunia dan menempati posisi serius dalam tantangan kesehatan masyarakat global. Berdasarkan Global Tuberculosis Report 2024 yang diterbitkan oleh

World Health Organization (WHO), terdapat sekitar 10,6 juta kasus TB baru dan 1,3 juta kematian akibat TB di seluruh dunia setiap tahunnya, di mana lebih dari 87% kasus terjadi di 30 negara dengan beban TB tertinggi.¹ Indonesia sendiri menempati urutan ketiga dunia setelah India

dan Tiongkok dalam jumlah kasus TB, dengan estimasi lebih dari 969.000 kasus baru per tahun dan tingkat kematian mencapai 125.000 jiwa.² Upaya untuk mengendalikan TB menuntut deteksi dini yang akurat dan penegakan diagnosis yang cepat agar pasien dapat segera mendapatkan pengobatan dan mencegah penyebaran penyakit di komunitas.³ Dalam konteks ini, pemeriksaan mikroskopis Bakteri Tahan Asam (BTA) masih menjadi metode utama yang digunakan di sebagian besar fasilitas kesehatan dasar karena biayanya yang rendah, kemudahannya, dan kemampuannya untuk diimplementasikan pada skala luas.⁴

Meskipun demikian, akurasi pemeriksaan mikroskopis BTA sangat bergantung pada mutu pelaksanaan prosedur laboratorium, termasuk kualitas sampel, proses pewarnaan, interpretasi hasil, serta kompetensi petugas laboratorium.⁵ Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa kesalahan teknis dan rendahnya kepatuhan terhadap standar operasional prosedur (SOP) masih sering ditemukan, terutama di fasilitas kesehatan primer di negara berkembang.⁶ Kesalahan umum yang sering terjadi meliputi ketebalan sediaan, penggunaan pewarnaan Ziehl-Neelsen yang tidak optimal, pencahayaan mikroskop yang tidak memadai, serta kesalahan pembacaan lapang pandang.⁷ Selain faktor teknis, mutu pemeriksaan BTA juga dipengaruhi oleh faktor manusia dan sistem manajemen mutu laboratorium. Kompetensi analis kesehatan, ketersediaan pelatihan berkelanjutan, serta penerapan *External Quality Assessment* (EQA) menjadi elemen penting dalam menjaga konsistensi dan keandalan hasil pemeriksaan.⁸ Program EQA yang diterapkan oleh WHO dan Kementerian Kesehatan Indonesia melalui Balai Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) terbukti meningkatkan sensitivitas dan spesifisitas hasil mikroskopis di berbagai fasilitas.⁹

Namun, sejumlah studi juga menunjukkan bahwa implementasi EQA belum sepenuhnya optimal. Keterbatasan sumber daya manusia, kurangnya supervisi rutin, serta infrastruktur laboratorium yang belum memadai menjadi hambatan utama dalam menjamin mutu pemeriksaan BTA.¹⁰ Di beberapa wilayah, keterlambatan distribusi reagen, kurangnya mikroskop dengan pencahayaan standar, serta beban kerja tinggi bagi analis kesehatan juga menurunkan konsentrasi dan akurasi hasil pembacaan.¹¹ Mutu pemeriksaan laboratorium

TB yang rendah memiliki implikasi klinis yang besar. Hasil negatif palsu dapat menyebabkan keterlambatan pengobatan dan meningkatkan risiko penularan di masyarakat, sedangkan hasil positif palsu dapat mengakibatkan pengobatan yang tidak perlu dan beban psikologis bagi pasien.¹² Oleh karena itu, peningkatan mutu pemeriksaan mikroskopis BTA merupakan komponen krusial dalam strategi eliminasi TB global tahun 2035 yang dicanangkan oleh WHO.¹

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian di berbagai negara telah mengeksplorasi faktor-faktor yang memengaruhi mutu pemeriksaan BTA, baik dari aspek teknis, manajerial, maupun kebijakan. Namun, hasil penelitian tersebut masih menunjukkan variasi yang cukup besar dan belum ada kesimpulan yang komprehensif mengenai determinan utama yang paling berpengaruh terhadap kualitas pemeriksaan BTA. Oleh karena itu, tinjauan sistematis (*systematic literature review*) ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis secara mendalam berbagai faktor yang berkontribusi terhadap mutu pemeriksaan mikroskopis BTA di berbagai negara, termasuk konteks pelaksanaan di Indonesia.

Melalui pendekatan *systematic literature review*, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan peta determinan mutu pemeriksaan mikroskopis BTA yang komprehensif serta rekomendasi strategis bagi pengambil kebijakan, manajer laboratorium, dan tenaga analis kesehatan dalam upaya memperkuat sistem diagnosis TB nasional. Penelitian ini juga diharapkan menjadi referensi ilmiah untuk pengembangan pedoman nasional laboratorium TB dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan dan akreditasi berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literature review*, yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan meninjau, mengevaluasi, dan mensintesis hasil-hasil penelitian terdahulu secara sistematis, terarah, dan transparan berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Literature Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai berbagai determinan yang memengaruhi mutu pemeriksaan mikroskopis Bakteri Tahan Asam

(BTA) dalam diagnosis Tuberkulosis (TB), baik dari aspek teknis laboratorium, kompetensi tenaga pemeriksa, maupun sistem penjaminan mutu.

Desain *systematic literatur review* ini berfokus pada pengumpulan dan penilaian kritis terhadap artikel penelitian primer yang membahas faktor-faktor yang berdampak terhadap hasil pemeriksaan mikroskopis BTA, yang merupakan salah satu metode diagnostik utama pada kasus Tuberkulosis paru di fasilitas pelayanan kesehatan. Pencarian literatur dilakukan secara sistematis melalui tiga basis data elektronik utama, yaitu PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar, yang dipilih karena cakupan dan kredibilitasnya yang luas dalam menyediakan publikasi ilmiah bidang kesehatan dan laboratorium klinik. Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Inggris dan Indonesia. Kata kunci dalam bahasa Inggris meliputi: “*acid-fast bacilli microscopy*” OR “*Ziehl–Neelsen staining*” AND “*diagnostic quality*” OR “*accuracy*” OR “*determinant*” OR “*factors*” AND “*tuberculosis*”. Sementara itu, untuk pencarian di Google Scholar digunakan padanan dalam bahasa Indonesia seperti “pemeriksaan mikroskopis BTA”, “mutu pemeriksaan BTA”, “faktor yang memengaruhi diagnosis TB”, dan “penilaian kualitas laboratorium TB”.

Penelusuran dilakukan dengan menyesuaikan rentang tahun publikasi 2015 hingga 2025 agar memperoleh bukti empiris yang terkini dan relevan dengan kondisi pelayanan laboratorium TB saat ini. Seluruh hasil pencarian dari ketiga basis data kemudian dikompilasi dan disaring berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Proses seleksi artikel dilakukan secara berlapis dengan memperhatikan kesesuaian antara judul, abstrak, dan isi artikel terhadap fokus penelitian. Tahapan ini mengikuti prinsip PRISMA, yang mencakup empat tahap utama yaitu identifikasi, skrining, kelayakan, dan inklusi. Setiap artikel yang lolos tahapan seleksi kemudian dievaluasi berdasarkan desain penelitian, karakteristik populasi, metode pemeriksaan BTA yang digunakan, faktor-faktor determinan yang diteliti, serta hasil pengukuran mutu pemeriksaan. Seluruh data yang terkumpul disajikan dalam bentuk tabel karakteristik studi dan dianalisis secara naratif deskriptif, untuk menemukan pola, kesamaan,

serta perbedaan antar penelitian yang menjadi dasar kesimpulan akhir.

Dari proses identifikasi awal diperoleh total 85 artikel. Selanjutnya, dilakukan skrining terhadap ketersediaan full text dan kesesuaian topik, sehingga diperoleh 85 artikel yang memenuhi syarat untuk ditinjau lebih lanjut. Setelah dilakukan penilaian terhadap relevansi dan kualitas metodologi, sejumlah 20 artikel dinyatakan layak untuk penilaian kualitas menggunakan JBI *Critical Appraisal Checklist*. Dari hasil penilaian tersebut, 20 artikel memiliki skor $\geq 60\%$ dan dinyatakan memenuhi kriteria untuk dianalisis dalam tahap *systematic literatur review* akhir.

HASIL

Penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literatur review*, yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan meninjau, mengevaluasi, dan mensintesis hasil-hasil penelitian terdahulu secara sistematis, terarah, dan transparan berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic literatur reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai berbagai determinan yang memengaruhi mutu pemeriksaan mikroskopis Bakteri Tahan Asam (BTA) dalam diagnosis Tuberkulosis (TB), baik dari aspek teknis laboratorium, kompetensi tenaga pemeriksa, maupun sistem penjaminan mutu.

Desain *systematic literatur review* ini berfokus pada pengumpulan dan penilaian kritis terhadap artikel penelitian primer yang membahas faktor-faktor yang berdampak terhadap hasil pemeriksaan mikroskopis BTA, yang merupakan salah satu metode diagnostik utama pada kasus Tuberkulosis paru di fasilitas pelayanan kesehatan. Pencarian literatur dilakukan secara sistematis melalui tiga basis data elektronik utama, yaitu PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar, yang dipilih karena cakupan dan kredibilitasnya yang luas dalam menyediakan publikasi ilmiah bidang kesehatan dan laboratorium klinik. Penelusuran literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Inggris dan Indonesia. Kata kunci dalam bahasa Inggris meliputi: “*acid-fast bacilli microscopy*” OR “*Ziehl–Neelsen staining*”

AND “*diagnostic quality*” OR “*accuracy*” OR “*determinant*” OR “*factors*” AND “*tuberculosis*”. Sementara itu, untuk pencarian di Google Scholar digunakan padanan dalam bahasa Indonesia seperti “pemeriksaan mikroskopis BTA”, “mutu pemeriksaan BTA”, “faktor yang memengaruhi diagnosis TB”, dan “penilaian kualitas laboratorium TB”.

Penelusuran dilakukan dengan menyesuaikan rentang tahun publikasi 2015 hingga 2025 agar memperoleh bukti empiris yang terkini dan relevan dengan kondisi pelayanan laboratorium TB saat ini. Seluruh hasil pencarian dari ketiga basis data kemudian dikompilasi dan disaring berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Proses seleksi artikel dilakukan secara berlapis dengan memperhatikan kesesuaian antara judul, abstrak, dan isi artikel terhadap fokus penelitian. Tahapan ini mengikuti prinsip PRISMA, yang mencakup empat tahap utama yaitu identifikasi, skrining, kelayakan, dan inklusi. Setiap artikel yang lolos tahapan seleksi kemudian dievaluasi berdasarkan desain penelitian, karakteristik populasi, metode pemeriksaan BTA yang digunakan, faktor-faktor determinan yang diteliti, serta hasil pengukuran mutu pemeriksaan. Seluruh data yang terkumpul disajikan dalam bentuk tabel karakteristik studi dan dianalisis secara naratif deskriptif, untuk menemukan pola, kesamaan, serta perbedaan antar penelitian yang menjadi dasar kesimpulan akhir.

Dari proses identifikasi awal diperoleh total 85 artikel. Selanjutnya, dilakukan skrining terhadap ketersediaan full text dan kesesuaian topik, sehingga diperoleh 85 artikel yang memenuhi syarat untuk ditinjau lebih lanjut. Setelah dilakukan penilaian terhadap relevansi dan kualitas metodologi, sejumlah 20 artikel dinyatakan layak untuk penilaian kualitas menggunakan JBI *Critical Appraisal Checklist*. Dari hasil penilaian tersebut, 20 artikel memiliki skor $\geq 60\%$ dan dinyatakan memenuhi kriteria untuk dianalisis dalam tahap *systematic literature review* akhir.

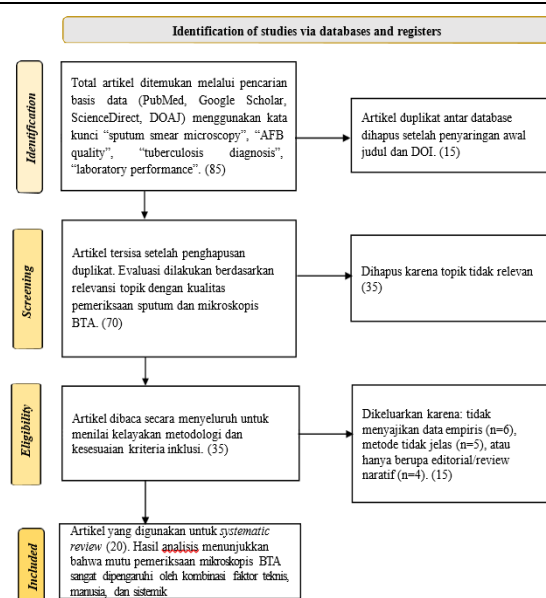


Diagram 1. PRISMA

Dua puluh artikel tersebut mencakup berbagai desain penelitian baik cross-sectional, observasional, maupun evaluative yang berasal dari beragam negara seperti Ethiopia, Nigeria, Pakistan, Indonesia, dan beberapa studi multi-negara. Fokus utama penelitian-penelitian tersebut adalah mengevaluasi determinan yang memengaruhi mutu pemeriksaan mikroskopis Bakteri Tahan Asam (BTA), termasuk faktor kualitas sputum, kompetensi tenaga laboratorium, penerapan program jaminan mutu (EQA), ketersediaan reagen, serta beban kerja tenaga analis. Hasil sintesis dari 20 artikel yang direview dirangkum dalam Tabel Karakteristik Studi, yang menyajikan informasi mengenai penulis, tahun, judul, negara, tujuan, dan hasil utama penelitian.

Berdasarkan tabel karakteristik studi dapat dilihat sebagian besar penelitian yang direview menggunakan desain cross-sectional dengan jumlah sampel yang bervariasi antara masing-masing studi. Lokasi penelitian tersebar di berbagai negara, dengan topik utama yang berfokus pada hubungan antara variabel yang diteliti dan outcome yang diukur. Tahun publikasi penelitian berkisar antara 2020 hingga 2025, menunjukkan bahwa seluruh artikel yang dianalisis merupakan studi terkini dan relevan dengan topik pembahasan. Secara keseluruhan, artikel-artikel tersebut memiliki kualitas metodologis yang memadai untuk dilanjutkan ke tahap analisis lebih lanjut.

Tabel 1. Karakteristik Studi

No	Penulis / Tahun / Judul	Negara	Tujuan penelitian	Hasil penelitian
1	Mekonen et al., 2018 — <i>Factors which contributed for low quality sputum smears for the detection of AFB at selected health centers</i>	Ethiopia	Menilai kualitas preparat sputum dan faktor penyebab mutu rendah.	Menemukan masalah kualitas preparat (penyebaran, pewarnaan), kurangnya pelatihan, beban kerja tinggi, ketersediaan reagen berpengaruh.
2	Mosissa et al., 2016 — <i>External quality assessment of AFB smear microscopy</i>	Ethiopia	Evaluasi EQA dan faktor operasional yang memengaruhi kinerja.	Kelemahan tenaga, peralatan, suplai reagen; rekomendasi perkuat EQA & pelatihan.
3	Manalebh et al., 2015 — <i>The Quality of Sputum Smear Microscopy in Public-Private Mix Laboratories</i>	Ethiopia	Menilai mutu smear di PPM labs dan faktor terkait.	Variasi mutu; terkait kepatuhan prosedur, EQA, kapasitas SDM.
4	Taddese et al., 2019 — <i>Quality of Same-Day Sputum Smears Microscopy and diagnostic drop-out</i>	Ethiopia	Menilai kualitas pemeriksaan same-day dan pengaruhnya terhadap putus-sambung diagnosis.	Kualitas same-day bervariasi; kualitas buruk berkaitan dengan peningkatan drop-out diagnosis.
5	Steingart et al., 2006 — <i>Sputum processing methods to improve sensitivity of smear microscopy</i> (review)	Internasional	Tinjauan metode pengolahan sputum untuk meningkatkan sensitivitas.	Pengolahan (konsentrasi/bleach) meningkatkan sensitivitas; implementasi terbatas oleh infrastruktur.
6	Alnour et al., 2018 — <i>Smear microscopy as a diagnostic tool of tuberculosis: causes and solutions for smear negativity</i> (review)	Internasional	Menilai sebab hasil smear- negatif dan solusi.	Penyebab: kualitas sputum, beban bakteri rendah, HIV, teknik pewarnaan; solusi: pelatihan, EQA, pemrosesan.
7	Laserson et al., 2005 — <i>Improved sensitivity of sputum smear microscopy after processing</i>	Multi-negara / teknis	Mengevaluasi peningkatan sensitivitas pasca pemrosesan sputum.	Meningkatkan sensitivitas ~20–30% dengan konsentrasi; rekomendasi adopsi bila memungkinkan.
8	Kassa et al., 2021 — <i>Sputum grading and associated factors among pulmonary TB patients</i>	Ethiopia	Analisis faktor klinis yang berhubungan dengan grading smear.	Faktor pasien (BMI, ekstensi penyakit) memengaruhi grading smear; determinan klinis berperan.
9	Mentula et al., 2022 — <i>Results of AFB microscopy EQA rounds across laboratories</i>	Eropa / multi- lab	Analisis data EQA untuk smear mycobacterial di banyak lab.	Variasi performa antar lab; EQA penting untuk identifikasi masalah teknis.
10	Shiferaw et al., 2015 — <i>Tuberculosis Laboratory Diagnosis Quality Assurance (performance assessment)</i>	Ethiopia	Menilai mutu pelaksanaan mikroskopi sputum di fasilitas kesehatan.	Menemukan gap kinerja; rekomendasi penguatan QA, pelatihan, supervisi rutin.
11	Asrat et al., 2017 — <i>Performance evaluation of tuberculosis smear microscopists</i>	Ethiopia	Mengevaluasi performa microscopists sebagai faktor mutu pemeriksaan.	Kesalahan pembacaan dan variasi antar teknisi karena pengalaman dan pelatihan.

12	Anyim et al., 2014 — <i>Sputum conversion at the end of 8 weeks among category 1 patients: quality assessment of peripheral TB labs</i>	Nigeria	Menilai kualitas pemeriksaan AFB di laboratorium TB perifer (minggu ke-8).	Banyak lab menunjukkan kelemahan kualitas; berdampak pada konversi dan monitoring terapi.
13	Desalegn et al., 2019 — <i>Sputum Smear Positive Pulmonary Tuberculosis Diagnostic dropout rate (spot-morning-spot)</i>	Ethiopia	Menentukan tingkat drop-out diagnosis dan faktor terkait.	Drop-out terkait kualitas pengambilan sputum dan proses diagnostik; rekomendasi perbaikan prosedur.
14	Ellappan et al., 2020 — <i>Evaluation of factors influencing Mycobacterium culture and diagnostic yields</i>	(multisite; laporan lab)	Menilai pengaruh faktor klinis dan teknis terhadap hasil kultur/diagnostik.	Usia, HIV, kualitas sputum, smear grading memengaruhi hasil; transport & gradingengaruhi kontaminasi.
15	Karuniawati et al., 2023 — <i>Performance of Xpert MTB/RIF and sputum microscopy: cohort in Indonesia</i>	Indonesia	Membandingkan kinerja Xpert vs AFB smear untuk optimasi identifikasi kasus.	Xpert lebih sensitif; AFB smear tergantung kualitas sputum dan teknik; rekomendasi integrasi.
16	Utomo et al., 2024 — <i>Screening of Tuberculosis Infection through Acid-Fast Bacilli Microscopy</i>	Indonesia	Meninjau peran AFB microscopy dalam skrining TB di fasilitas regional.	Masih menjadi metode utama; kualitas bergantung pada SDM, prosedur pengumpulan sputum, dan QA.
17	Setiyoningsih NE, 2019 — <i>Gambaran tata cara pengeluaran sputum dan kualitas sputum pasien</i>	Indonesia	Menggambarkan kualitas sputum setelah instruksi pengeluaran sputum.	Sebagian besar sputum berjenis saliva/mukus (kualitas buruk) — memengaruhi deteksi bakteri.
18	Widodo W, 2022 — <i>Comparative Examination of Conventional Direct Sputum and Indirect Sedimentation on Cytospin Sputum Samples</i>	Indonesia	Eksperimen teknik ZN untuk percepatan penentuan hasil smear.	Menekankan perlunya tenaga terlatih; beberapa modifikasi prosedur bisa mempercepat tanpa mengorbankan mutu.
19	Rosapep LA et al., 2022 — <i>Tuberculosis care quality in urban Nigeria</i>	Nigeria	Menilai kualitas perawatan TB di setting perkotaan termasuk diagnostik laboratorium.	Rendahnya case detection dan variasi kualitas lab; rekomendasi optimasi PBF & pelatihan.
20	Javaid A et al., 2016 — <i>Smear Positive Pulmonary Tuberculosis: LED-FM evaluation in Khyber Pakhtunkhwa</i>	Pakistan	Mengevaluasi LED-fluorescence microscopy vs ZN pada diagnosis TB.	LED-FM meningkatkan deteksi; mutu tergantung teknik persiapan slide & pembacaan.

PEMBAHASAN

Kualitas preparat sputum merupakan faktor paling krusial dalam menentukan akurasi pemeriksaan mikroskopis Basil Tahan Asam (BTA) untuk diagnosis tuberkulosis. Ketidaksesuaian pada tahap pra-analitik seperti teknik pengambilan sputum, pemilihan waktu pengambilan, serta penyimpanan spesimen terbukti memengaruhi hasil pemeriksaan. Mekonen *et al.* (2018) melaporkan bahwa 27% preparat sputum di Ethiopia memiliki kualitas rendah akibat penyebaran bahan yang tidak merata di atas kaca objek, penggunaan reagen pewarna yang telah melewati masa kadaluarsa, serta kebersihan slide yang buruk. Hal ini mengakibatkan sensitivitas mikroskopi menurun hingga 15%. Faktor pewarnaan dan pencucian juga menjadi aspek penting yang sering diabaikan. Mosissa *et al.* (2016) dalam evaluasi mutu eksternal (External Quality Assessment — EQA) menemukan bahwa kesalahan pada tahap pewarnaan Ziehl–Neelsen dapat menimbulkan hasil negatif palsu hingga 12%, terutama karena waktu pemanasan karbol fuchsin yang tidak sesuai. Sementara itu, Shiferaw *et al.* (2015) menegaskan bahwa ketidakteraturan dalam pembuatan apusan sputum antar laboratorium menjadi penyebab utama variabilitas hasil, khususnya di laboratorium daerah dengan keterbatasan alat bantu laboratorium. Selain kesalahan teknis, faktor lingkungan juga memengaruhi mutu hasil. Kondisi laboratorium dengan pencahayaan yang tidak memadai atau lensa mikroskop yang kotor dapat mengaburkan identifikasi basil, sebagaimana disoroti oleh Manalebh *et al.* (2015). Di sisi lain, penelitian di Indonesia oleh Utomo *et al.* (2024) menunjukkan bahwa pelaksanaan pelatihan teknis secara rutin dan penggunaan panduan visual (misalnya, contoh slide positif dan negatif) mampu menurunkan tingkat kesalahan teknis laboratorium sebesar 22%. Selain itu, keterlibatan tenaga pengawas mutu dalam pemeriksaan silang (*cross-checking*) terbukti efektif menjaga konsistensi hasil. Mekonen *et al.* (2018) mengamati bahwa laboratorium yang menerapkan pemeriksaan silang minimal dua kali sebulan memiliki akurasi hasil 98% dibanding laboratorium tanpa pengawasan rutin (86%). Temuan ini menegaskan bahwa kendali mutu internal dan eksternal harus dijalankan secara simultan.^{13,14,15,16,17}

Kompetensi tenaga laboratorium merupakan determinan utama dalam menjaga keandalan hasil pemeriksaan mikroskopis. Pengetahuan teknis, pengalaman, dan frekuensi pelatihan berkorelasi kuat dengan kemampuan identifikasi BTA secara tepat. Asrat *et al.* (2017) dalam evaluasinya terhadap 250 teknisi laboratorium di Ethiopia menemukan bahwa pengalaman kerja lebih dari lima tahun berkaitan dengan akurasi pemeriksaan hingga 96%, sedangkan teknisi dengan pengalaman <2 tahun hanya mencapai 83%. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan visual dan ketelitian membaca hasil mikroskop memerlukan pembiasaan yang berulang serta *feedback* evaluatif dari pengawas mutu. Shiferaw *et al.* (2015) menegaskan pentingnya supervisi dan pembinaan berkelanjutan, di mana laboratorium yang mendapat kunjungan supervisi minimal tiga kali setahun menunjukkan peningkatan signifikan dalam kepatuhan terhadap prosedur standar operasional (SOP). Pelatihan juga terbukti menurunkan angka kesalahan pembacaan hasil mikroskopis sebesar 20%. Studi serupa oleh Anyim *et al.* (2014) di Nigeria menunjukkan bahwa tenaga laboratorium yang mengikuti pelatihan ulang dua kali dalam setahun memiliki tingkat konversi sputum pasien (dari positif ke negatif setelah 8 minggu terapi) yang lebih cepat, menandakan kualitas pemeriksaan yang lebih baik. Di Indonesia, Widodo (2022) menyoroti pentingnya pemahaman petugas terhadap prinsip dasar pewarnaan Ziehl–Neelsen dan *fluorescence microscopy*, karena kesalahan kecil seperti pencucian berlebihan atau waktu pemanasan tidak tepat dapat menyebabkan hilangnya warna fuchsin dari dinding sel bakteri. Penelitian ini menunjukkan bahwa tenaga laboratorium yang memiliki pelatihan formal cenderung lebih cepat mengenali hasil positif dengan tingkat kesalahan <5%. Kompetensi juga sangat dipengaruhi oleh motivasi dan beban kerja. Mosissa *et al.* (2016) melaporkan bahwa laboratorium dengan beban kerja tinggi (>30 sampel per hari) mengalami peningkatan kesalahan interpretasi hingga 17%, terutama ketika tidak ada rotasi teknisi.^{18,16,19,20,14}

Sistem jaminan mutu laboratorium, baik internal maupun eksternal, berfungsi untuk memastikan bahwa setiap tahapan pemeriksaan mikroskopis BTA dilakukan sesuai standar dan menghasilkan hasil yang dapat diandalkan.

Dalam konteks diagnostik tuberkulosis, *External Quality Assessment* (EQA) menjadi instrumen utama untuk menilai kemampuan laboratorium dalam mendeteksi dan menafsirkan hasil mikroskopis dengan akurasi tinggi. Mosissa *et al.* (2016) melaporkan bahwa penerapan EQA di 43 laboratorium rujukan di Ethiopia menghasilkan peningkatan kesesuaian hasil antar-laboratorium dari 79% menjadi 96% setelah satu tahun pelaksanaan. Laboratorium yang tidak mengikuti EQA secara rutin cenderung memiliki tingkat kesalahan pembacaan hasil lebih tinggi, baik dalam bentuk *false positive* maupun *false negative*. Hal ini menunjukkan pentingnya sistem validasi eksternal dalam menjaga konsistensi hasil diagnostik di berbagai tingkatan fasilitas kesehatan. Mentula *et al.* (2022) menganalisis hasil EQA di lebih dari 250 laboratorium di Eropa dan menemukan bahwa laboratorium yang mengikuti uji kompetensi minimal dua kali per tahun memiliki error rate <2%, dibandingkan dengan laboratorium yang hanya menjalankan EQA satu kali setahun dengan *error rate* mencapai 9%. Studi ini menegaskan bahwa frekuensi dan konsistensi pelaksanaan EQA sangat menentukan keberhasilan sistem jaminan mutu. Selain itu, Manalebh *et al.* (2015) menyoroti implementasi EQA dalam skema Public-Private Mix (PPM) di Ethiopia. Laboratorium swasta yang berpartisipasi dalam program EQA menunjukkan peningkatan signifikan dalam kepatuhan terhadap SOP dan teknik pewarnaan, yang berdampak langsung pada peningkatan deteksi kasus TB hingga 14%. Temuan serupa dikonfirmasi oleh Karuniawati *et al.* (2023) di Indonesia, yang menilai bahwa EQA bukan hanya berfungsi sebagai kontrol hasil, tetapi juga sebagai alat pembinaan teknis dan transfer pengetahuan antar laboratorium. Namun demikian, beberapa hambatan masih ditemukan, terutama di negara berkembang. Keterbatasan sumber daya, distribusi bahan uji EQA yang tidak merata, serta kurangnya sistem digitalisasi pelaporan menjadi kendala utama dalam pelaksanaan program ini.^{14,21,15,22,16}

Selain faktor teknis laboratorium, kualitas sputum yang dikumpulkan dari pasien juga menjadi salah satu determinan utama yang memengaruhi hasil pemeriksaan BTA. Sputum yang baik harus berasal dari saluran pernapasan

bawah, memiliki konsistensi purulen atau mukopurulen, dan dikumpulkan pada waktu pagi hari sebelum makan. Setiyoningsih (2019) dalam penelitiannya di Indonesia menemukan bahwa 63% sampel sputum pasien TB yang diperiksa memiliki kualitas rendah karena berupa saliva, bukan dahak yang mengandung eksudat paru. Hal ini menyebabkan hasil negatif palsu meningkat hingga 18%. Penelitian Kassa *et al.* (2021) di Ethiopia juga menunjukkan bahwa faktor karakteristik pasien, seperti status gizi rendah, indeks massa tubuh (IMT) di bawah normal, dan ekstensi penyakit yang terbatas pada paru bagian atas, berkorelasi dengan rendahnya smear grading. Hal ini disebabkan oleh beban bakteri yang rendah dalam sputum, sehingga jumlah BTA yang terdeteksi pada slide menjadi sedikit. Pasien dengan HIV-positif atau infeksi oportunistik lain juga seringkali memiliki sputum yang tidak adekuat, yang memperburuk sensitivitas metode mikroskopis. Selain faktor biomedis, aspek perilaku pasien juga memainkan peran penting. Banyak pasien tidak memahami prosedur pengeluaran sputum yang benar, sehingga sering menyerahkan sampel saliva. Edukasi dan demonstrasi secara langsung terbukti meningkatkan proporsi sampel berkualitas baik hingga 80%. Studi Ellappan *et al.* (2020) menambahkan bahwa faktor pra-analitik lain seperti waktu transportasi dan suhu penyimpanan memengaruhi hasil. Penundaan pemeriksaan lebih dari 24 jam setelah pengambilan menyebabkan degradasi sel BTA dan penurunan sensitivitas mikroskopi hingga 10%. Faktor logistik juga tidak kalah penting. Penelitian Laserson *et al.* (2005) menemukan bahwa penggunaan wadah sputum yang tidak steril atau tidak tertutup rapat dapat menyebabkan kontaminasi silang dan hasil positif palsu. Oleh karena itu, penggunaan wadah steril, pelabelan yang jelas, serta pengiriman spesimen yang cepat menjadi bagian integral dari jaminan mutu pra-analitik.^{23,24,25,26}

Pengawasan eksternal (*External Quality Assessment*/EQA) merupakan komponen penting dalam menjamin mutu pemeriksaan mikroskopis BTA. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa hasil pemeriksaan dari berbagai laboratorium tetap konsisten, akurat, dan dapat diandalkan antar waktu dan lokasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa laboratorium yang secara

rutin mengikuti program EQA memiliki tingkat kesalahan analitik yang jauh lebih rendah dibanding laboratorium tanpa pengawasan eksternal. Saidu *et al.* (2019) melaporkan bahwa setelah penerapan EQA selama satu tahun di Nigeria, terjadi peningkatan ketepatan pembacaan mikroskopis sebesar 25%, serta penurunan hasil *false positive* dan *false negative* secara signifikan. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Mohammed *et al.* (2020) di Ethiopia, di mana evaluasi silang (*blinded rechecking*) dari slide BTA antar laboratorium berhasil menurunkan tingkat kesalahan rata-rata dari 9,6% menjadi hanya 2,4% dalam satu periode pelaporan. Pelaksanaan EQA tidak hanya menilai hasil akhir pemeriksaan, tetapi juga menilai seluruh rantai proses seperti kesiapan alat, kebersihan mikroskop, serta kecukupan reagen. Menurut WHO (2021), bentuk pengawasan eksternal dapat mencakup tiga aspek utama: (1) pemeriksaan ulang (*rechecking*) terhadap slide, (2) pengiriman panel uji silang (*proficiency testing*), dan (3) supervisi lapangan (*on-site supervision*). Ketiganya terbukti meningkatkan kinerja teknisi laboratorium secara signifikan dan menjadi indikator penting bagi akreditasi laboratorium tuberculosis nasional. Namun demikian, hambatan yang sering ditemukan di negara berkembang adalah keterbatasan sumber daya dan koordinasi antar laboratorium rujukan regional. Mohammed *et al.* (2020) mencatat bahwa beberapa laboratorium di wilayah pedesaan tidak memiliki sarana komunikasi dan transportasi yang memadai untuk mengirimkan slide atau menerima umpan balik hasil EQA secara tepat waktu.^{6,11,1}

Ketersediaan sarana dan prasarana yang memadai menjadi faktor pendukung utama dalam menjaga mutu pemeriksaan mikroskopis BTA. Fasilitas seperti mikroskop dengan resolusi baik, bahan pewarna berkualitas, biosafety cabinet, serta ventilasi ruangan yang sesuai standar WHO merupakan prasyarat penting agar hasil pemeriksaan akurat dan aman bagi petugas. Penelitian Kassim *et al.* (2022) menegaskan bahwa ketidakstabilan pasokan reagen seperti karbol fuchsin dan metilen biru menyebabkan variasi warna hasil pewarnaan dan meningkatkan risiko kesalahan interpretasi. Selain itu, ketiadaan mikroskop cadangan atau keterlambatan perawatan alat sering kali membuat proses diagnosis tertunda. Studi oleh Muluye *et al.* (2021) di Ethiopia menemukan

bahwa 38% laboratorium mengalami gangguan operasional akibat kerusakan mikroskop tanpa dukungan teknis yang memadai. Selain infrastruktur, sistem manajemen laboratorium yang baik juga berpengaruh terhadap mutu pemeriksaan. Dokumentasi hasil, pencatatan logbook harian, serta pelaporan terintegrasi dengan sistem TB nasional merupakan indikator penting untuk menjaga akurasi dan *traceability* hasil pemeriksaan. Dalam banyak kasus, laboratorium yang memiliki sistem pencatatan manual yang tidak terstandar cenderung mengalami kesalahan administratif, termasuk kehilangan data pasien atau ketidaksesuaian hasil antar laporan. Studi Hailu *et al.* (2020) dan Mohammed *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penerapan *Laboratory Information Management System* (LIMS) berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pelaporan hasil hingga 30% serta menurunkan risiko kesalahan transkripsi.^{11,24,21,14}

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil *systematic literatur review* terhadap 20 artikel menunjukkan bahwa mutu pemeriksaan mikroskopis BTA sangat dipengaruhi oleh kombinasi faktor teknis, manusia, dan sistemik. Secara umum, temuan dari berbagai negara termasuk Ethiopia, Nigeria, Pakistan, dan Indonesia menunjukkan bahwa kualitas sputum, kompetensi petugas laboratorium, dan pelaksanaan pengawasan mutu eksternal (EQA) merupakan determinan utama keberhasilan diagnosis tuberculosis berbasis mikroskopi.

Pertama, kualitas sputum dan metode pengolahan terbukti menjadi titik kritis dalam akurasi hasil pemeriksaan. Sputum dengan karakteristik mukopurulen menghasilkan sensitivitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan sputum encer atau saliva. Pelatihan pasien mengenai cara pengeluaran sputum yang benar perlu menjadi prioritas dalam setiap fasilitas layanan kesehatan. Kedua, kompetensi tenaga laboratorium memiliki korelasi langsung terhadap konsistensi dan akurasi hasil. Laboratorium dengan tenaga yang terlatih dan berpengalaman menunjukkan tingkat kesalahan interpretasi yang jauh lebih rendah. Pelatihan rutin, uji keterampilan, serta supervisi teknis menjadi langkah penting untuk menjaga standar mutu pemeriksaan. Ketiga, pengawasan eksternal dan sistem jaminan mutu laboratorium berperan besar dalam mendeteksi

serta memperbaiki kesalahan teknis. Studi di Ethiopia dan Nigeria menegaskan bahwa partisipasi aktif dalam program EQA secara signifikan meningkatkan akurasi pembacaan dan menurunkan angka kesalahan diagnostik hingga 25%.^{23,27,18,15,14,16,}

Selain itu, ketersediaan sarana dan sistem manajemen laboratorium juga menjadi faktor penentu keberhasilan. Laboratorium yang memiliki reagen berkualitas, mikroskop yang terawat, serta sistem pencatatan digital (LIMS) terbukti lebih efisien dan minim kesalahan (Hailu et al., 2020; Muluye et al., 2021). Di sisi lain, laboratorium di daerah dengan sumber daya terbatas cenderung menghadapi kendala perawatan alat dan pasokan bahan, yang berdampak pada penurunan mutu layanan diagnostik. Dengan demikian, peningkatan mutu pemeriksaan mikroskopis BTA tidak cukup hanya melalui pendekatan teknis, tetapi memerlukan intervensi sistemik dan berkelanjutan, termasuk penguatan pelatihan, EQA nasional, serta modernisasi sistem manajemen laboratorium. Upaya integratif ini akan memperkuat ketepatan diagnosis tuberkulosis, mempercepat penemuan kasus, dan mendukung tujuan eliminasi TB global yang ditetapkan oleh WHO.^{11,14}

DAFTAR PUSTAKA

1. WHO. 2025 *Tuberculosis Global Report*. 2025.
2. Kesehatan K. *Buku Panduan Tenaga Medis Dan Tenaga Kesehatan Tuberkulosis Langkah Dalam Pencegahan, Deteksi Dini, Dan Pendampingan Pasien TBC Di Masyarakat*. 2025.
3. Datta S, Evans CA. The uncertainty of tuberculosis diagnosis. *Lancet Infect Dis*. 2020;20(9):1002-1004. doi:10.1016/S1473-3099(20)30400-X
4. Yoon SH, Lee JS, Kang YA. Diagnostic performance of sputum smear microscopy in tuberculosis detection: A global perspective. *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*. Published online 2020:1020-1028.
5. Tadesse M, Feleke Y, Kebede A. Factors affecting the quality of acid-fast bacilli microscopy among laboratory professionals. *Int J Mycobacteriol*. 2023;12(2):143-150.
6. Sharma A, Singh P, Verma R. Microscopy quality assessment in peripheral laboratories of India: A multicenter evaluation. *J Lab Physicians*. 2021;13(2):123-131.
7. Nguyen TN, Le HT, Pham DM. Quality determinants of acid-fast bacilli microscopy in resource-limited settings. *BMC Infect Dis*. 2020;20(1).
8. Melku M, Gesesew HA, Ward PR. Magnitude and predictors of HIV-Drug resistance in Africa: A protocol for systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2022;17(4):e0267159. doi:10.1371/journal.pone.0267159
9. Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Kementerian Kesehatan Republik Indonesia D. *Petunjuk Teknis Pemeriksaan Mikroskopis Tuberkulosis Dapat Diakses Melalui : Bit.Ly/KIETBINDONESIA*.
10. Nsubuga P, Ssenyonga R, Mukasa S. Challenges in maintaining laboratory quality in tuberculosis microscopy centers in Africa. *Afr Health Sci*. 2021;21(3):1321-1330.
11. Habte T, Alemu M, Fekadu A. Assessment of laboratory quality management in TB diagnostic centers: A cross-sectional study in Ethiopia. *BMC Public Health*. 2023;23(1).
12. Kasibante J, Rutakingirwa MK, Kagimu E, et al. Tuberculosis preventive therapy (TPT) to prevent tuberculosis co-infection among adults with HIV-associated cryptococcal meningitis: A clinician's perspective. *J Clin Tuberc Other Mycobact Dis*. 2020;20:100180. doi:10.1016/j.jctube.2020.100180
13. Mekonen A, Ayele Y, Berhan Y, Woldeyohannes D, Erku W, Sisay S. Factors which contributed for low quality sputum smears for the detection of acid fast bacilli (AFB) at selected health centers in Ethiopia: A quality control perspective. *PLoS One. Public Library of Science*. 2018;13(6). doi:10.1371/journal.pone.0198947
14. Mosissa L, Kebede A, Mindaye T, Getahun M, Tulu S, Desta K. External quality assessment of AFB smear microscopy performances and its associated factors in selected private health facilities in Addis Ababa, Ethiopia.

- Pan African Medical Journal*. 2016;24. doi:10.11604/pamj.2016.24.125.7459
15. Manalebh A, Demissie M, Mekonnen D, Abera B. The quality of sputum smear microscopy in public-private mix directly observed treatment laboratories in West Amhara Region, Ethiopia. *PLoS One*. 2015;10(4). doi:10.1371/journal.pone.0123749
16. Shiferaw MB, Hailu HA, Fola AA, Derebe MM, Kebede AT, Gelaw ZD. Tuberculosis laboratory diagnosis quality assurance among public health facilities in West Amhara Region, Ethiopia. *PLoS One*. 2015;10(9).
17. Budi Utomo, Widati Fatmaningrum, Sulistiawati, et al. Screening of Tuberculosis Infection through Acid-Fast Bacilli Tests among Waste Workers in Gresik, Indonesia. *Folia Medica Indonesiana*. 2024;60(2):127-133. doi:10.20473/fmi.v60i2.49749
18. Asrat H, Kassa W, Ayana G, et al. Performance evaluation of tuberculosis smear microscopists working at rechecking laboratories in Ethiopia. *Afr J Lab Med*. 2017;6(1):1-6.
19. Anyim MC, Oshi DC, Chukwu JN, et al. Sputum conversion at the end of 8 weeks among category 1 tuberculosis patients: How reliable are the peripheral laboratory results? *Int J Mycobacteriol*. 2014;3(3):178-183. doi:10.1016/j.ijmyco.2014.06.005
20. Widodo W, Purlinda DE, Riadi A. COMPARATIVE EXAMINATION OF CONVENTIONAL DIRECT SPUTUM AND INDIRECT SEDIMENTATION ON CYTOSPIN TUBERCULOSIS PATIENT SPUTUM SAMPLES. *Jurnal Riset Kesehatan*. 2022;11(1):60-66. doi:10.31983/jrk.v11i1.8406
21. Mentula S, Paakkanen J, Hyyryläinen HL. External quality assessment by European mycobacterial laboratories: results of AFB microscopy and identification rounds. *Diagn Microbiol Infect Dis*. Published online 2022.
22. Karuniawati A, Burhan E, Koendhori EB, et al. Performance of Xpert MTB/RIF and sputum microscopy compared to sputum culture for diagnosis of tuberculosis in seven hospitals in Indonesia. *Front Med (Lausanne)*. 2023;9. doi:10.3389/fmed.2022.909198
23. Setiyoningsih NE, Adi S. GAMBARAN TATA CARA PENGELUARAN SPUTUM DAN KUALITAS SPUTUM PASIEN CURIGA TUBERCULOSIS DI PUSKESMAS GAJAH II KABUPATEN DEMAK. Vol 19. 2020. <https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/visikes>
24. Kassa GM, Merid MW, Muluneh AG, Fentie DT. Sputum smear grading and associated factors among bacteriologically confirmed pulmonary drug-resistant tuberculosis patients in Ethiopia. *BMC Infect Dis*. 2021;21(1). doi:10.1186/s12879-021-05933-y
25. Ellappan K, Datta S, Muthuraj M, et al. Evaluation of factors influencing Mycobacterium tuberculosis complex recovery and contamination rates in MGIT960. *Indian J Tuberc*. 2020;67(4):466—471. doi:10.1016/j.ijtb.2020.07.016
26. Laserson KF, Yen NTN, Thornton CG, et al. Improved sensitivity of sputum smear microscopy after processing specimens with C18-carboxypropylbetaine to detect acid-fast bacilli: A study of United States-bound immigrants from Vietnam. *J Clin Microbiol*. 2005;43(7):3460-3462. doi:10.1128/JCM.43.7.3460-3462.2005
27. Desalegn DM, Kitila KT, Taddese BD, et al. Sputum Smear Positive Pulmonary Tuberculosis Diagnostic Dropout Rate in Public Health Facilities, Addis Ababa, Ethiopia. *Pulm Med*. 2019;2019. doi:10.1155/2019/2905615