SKRIPSI

UJI KONFIRMASI HASIL PEMERIKSAAN BTA POSITIF MENGGUNAKAN METODE TCM GENEXPERT PADA PASIEN TUBERCULOSIS PARU

Diajukan Sebagai Syarat Dalam Merah Gelar Sarjana Terapan Kesehatan (S.Tr.Kes) Pada Program Studi Diploma (D-IV), Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky

SITI KHAIRUL MAIDAH DALANGGO
B1D324065

PROGRAM STUDI D-VI TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN
UNIVERSITAS MEGAREZKY
2026

HALAMAN JUDUL

SKRIPSI

UJI KONFIRMASI HASIL PEMERIKSAAN BASIL TAHAN ASAM (BTA) POSITIF DENGAN TES CEPAT MOLEKULER (TCM) GENEXPERT PADA PENDERITA TUBERKULOSIS PARU DI RSUD BUMI PANUA POHUWATO GORONTALO

CONFIRMATION TEST OF POSITIVE ACID-FAST BACILLA (AFB) EXAMINATION RESULTS WITH THE GENEXPERT MOLECULAR RAPID TEST (TCM) IN PULMONARY TUBERCULOSIS PATIENTS AT BUMI PANUA POHUWATO HOSPITAL, GORONTALO

Siti Khairulmaidah Dalanggo

B1D324065

Dibimbing oleh

Nurfitri Arfani, S.Si., M.Si

Pembimbing I

Indas Wari Rahman, S.Si.,M.Kes

Pembimbing II

A. Zulkifli AS, S.Si.,M.Kes

Penguji

PROGRAM STUDI DIV TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS

FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN

UNIVERSITAS MEGAREZKY

2026

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

UJI KONFIRMASI HASIL PEMERIKSAAN BTA POSITIF MENGGUNAKAN METODE TCM GENEXPERT PADA PASIEN TUBERCULOSIS PARU

Disusun dan diajukan oleh :

SITI KHAIRUL MAIDAH DALANGGO

Nomor Induk Mahasiswa B1D324065

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Pada tanggal 28 Februari 2026

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Tim Penguji	**Tanda Tangan**
1. Dosen Pembimbing I Nurfitri Arfani, S.Si., M.Si	( )
2. Dosen Pembimbing II Indas Wari Rahman, S.Si., M.Kes	( )
3. Dosen Penguji Zulkifli As, S.Si.,M.Kes	( )

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknologi Kesehatan

Prof. Dr.Dra.apt.Hj.Asnah Marzuki,M.Si
NUPTK. 1350727628230010

Ketua Program Studi
DIV Teknologi Laboratorium Medis

Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes
NUPTK.6950765666230332

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MEGAREZKY
SK. Menristekdikti RI. No.1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Kampus II : Jalan Antang Raya No. 43 Telp. 0411 - 492 401 - 496401 Fax. 496614 Website : http://universitasmegarezky.ac.id Email: info@universitasmegarezky.ac.id

KETERANGAN LOLOS UJI TURNITIN
No. 465/T/07.091056/ II /2026

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Syamsyuriyana Sabar, S.Kep., Ns., M.Kep

NIDN : 0915118602

Jabatan : Ketua LPPM

Menyatakan bahwa :

Nama : Siti Khairulmaidah Dalanggo

NIM : B1D324065

Prodi : DIV Teknologi Laboratorium Medis

Judul Skripsi/KTI : "Uji Konfirmasi Hasil Pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) Positif Dengan Tes Cepat Molekuler (TCM) Genexpert Pada Penderita Tuberkulosis Paru di RSUD Bumi Panua Pohuwato Gorontalo"

Telah melalui uji *similarity* dengan software *Turnitin* dan dinyatakan lolos dengan **persentase 28%** sesuai bukti terlampir.

Demikian Surat Keterangan ini di buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 27 Februari 2026
Ketua,

Ns. Syamsyuriyana Sabar, M.Kep
NIDN: 09 151186 02

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Tiada kekayaan yang lebih utama daripada akal, tiada keadaan yang lebih menyedihkan daripada kebodohan, dan tiada warisan lebih baik daripada pendidikan”

Ali bin Abi Thalib

Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT, karena hanya izin dan karunianyalah maka skripsi ini dapat di buat dan selesai pada waktunya.
2. Orang tuaku yang telah mendidik, mendoakan dan memberikan kasih sayang serta menjadi panutan terbaik bagi penulis.
3. Saudara, keluarga, dan teman-temanku yang selalu mendukung dimasa studi penulis.
4. Almamaterku Universitas Megarezky yang kubanggakan.

CURRICULUM VITAE



A. Biodata

Nama	: Siti Khairul Maidah Dalanggo
Jenis Kelamin	: Perempuan
Tempat Tanggal Lahir	: Bitung, 06 Maret 2003
Agama	: Islam
Alamat	: Ds. Marisa Selatan, Kec. Marisa, Kab. Pohuwato

B. Orang Tua

Bapak	: Radiman Dalanggo
Ibu	: Mun S. Lasese

C. Riwayat Pendidikan

Tahun 2008-2014	: SDN 02 Dalapuli
Tahun 2014-2017	: SMPN 1 Marisa
Tahun 2017-2020	: SMK Kesehatan Muhammadiyah Randangan
Tahun 2020-2023	: D3 Universitas Indonesia Timur
Tahun 2024-2026	: D4 Universitas Megarezky Makassar

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **:"UJI KONFIRMASI HASIL PEMERIKSAAN BASIL TAHAN ASAM (BTA) POSITIF DENGAN TES CEPAT MOLEKULER (TCM) GENEXPERT PADA PENDERITA TUBERKULOSIS PARU DI RSUD BUMI PANUA POHUWATO GORONTALO".**

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis pada Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky Makassar. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, karya tulis ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan penuh rasa hormat dan cinta, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua **(Bapak Radiman Dalanggo dan Ibu Mun Lasese),** yang senantiasa mendoakan, mendampingi, serta memberikan semangat, kasih sayang, dan dukungan moril maupun materil tanpa henti. Tanpa keilhasan dan doa dari Ayah dan Ibu, penyusunan Skripsi ini tidak aakn pernah terwujud.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada :

1. **Bapak Dr. H. Alimuddin, SH., MH., M.Kn sebagai Pembina Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar,** atas arahan dan pembinaan yang senantiasa menjadi fondasi dalam pengembangan institusi dan mahasiswa.
2. **Ibu Alm. Hj. Suryani, SH., MH sebagai Pendiri Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar,** atas dedikasi dan kontribusi luar biasa dalam mendirikan lembaga pendidikan yang menjadi wadah pengembangan ilmu dan karakter.

3. **Bapak Moch. Noer Alim Qalby, S.H., LLM Sebagai Ketua Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar,** atas dukungan dan kebijakan strategis yang memfasilitasi proses pendidikan dan penelitian secara berkelanjutan.
4. **Bapak Prof. Dr. H. Anwar Ramli, S.E., M.Si sebagai Rektor Universitas Megarezky,** atas motivasi dan arahannya dalam membangun budaya akademik yang unggul dan berdaya saing.
5. **Ibu Prof. Dra. apt. Hj. Asnah Marzuki, M.Si.** selaku Dekan Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky.
6. **Ibu Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes Sebagai Ketua Program Studi D-IV Teknologi Laboratorium Medis,** atas bimbingan akademik yang berkelanjutan dan inspiratif.
7. **Dosen Pembimbing I Ibu Nurfitri Arfani, S.Si., M.Si, Pembimbing II Ibu Indas Wari Rahman, S.Si.,M.Kes dan Penguji Bapak A. Zulkifli AS, S.Si.,M.Kes** yang telah membimbing dan mengarahkan penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
8. **Ibu Ayusti Dirga S.Si., M.Kes sebagai Pembimbing Akademik (PA),** atas pendampingan dan bimbingan akademik selama masa studi penulis
9. **Seluruh Dosen dan Staf Akademik Universitas Megarezky,** atas ilmu, perhatian, dan pelayanan yang diberikan selama proses studi.
10. **Laboratorium RSUD Bumi Panua Pohuwato,** atas izin, dukungan, dan kerja samanya selama pelaksanaan penelitian
11. **Teman-teman seperjuangan dan semua pihak** yang turut membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini
12. Teruntuk seluruh keluarga saya yang telah membantu dan selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada saya sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, serta menjadi kontribusi yang berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 23 Februari 2026

Penulis

ABSTRAK

Siti Khairulmaidah Dalanggo B1D324065, Uji Konfirmasi Hasil Pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) Positif dengan Tes Cepat Molekuler (TCM) Genexpert pada Penderita Tuberkulosis Paru di Rsud Bumi Panua Pohuwato Gorontalo. Dibimbing oleh Nurfitri Arfani dan Indas Wari Rahman. Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh Mycobacterium Tuberculosis dan masih menjadi masalah kesehatan di Indonesia. Pemeriksaan mikroskopis Basil Tahan Asam (BTA) sering digunakan dalam diagnosis TB, namun memiliki keterbatasan sensitivitas. Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert merupakan metode berbasis Real-Time PCR yang mampu mendeteksi DNA Mycobacterium tuberculosis secara lebih cepat dan sensitif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil konfirmasi pemeriksaan BTA positif dengan TCM GeneXpert pada penderita TB paru di RSUD Bumi Panua Pohuwato. Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan cross sectional terhadap 31 sampel sputum BTA positif. Seluruh sampel diperiksa menggunakan TCM GeneXpert dan dianalisis secara deskriptif. Hasil menunjukkan seluruh sampel (100%) terdeteksi Mycobacterium tuberculosis dengan kategori Detected High (45,2%), Medium (38,7%), Low (12,9%), dan Very Low (3,2%). Seluruh sampel BTA positif (100%) pada penelitian ini terkonfirmasi sebagai Mycobacterium tuberculosis melalui TCM GeneXpert, dengan variasi distribusi tingkat beban bakteri antara derajat BTA dengan TCM.

Kata kunci: Tuberkulosis paru, BTA, TCM GeneXpert, konfirmasi diagnosis.

ABSTRACT

Siti Khairulmaidah Dalanggo B1D324065, Confirmation of Positive Acid-Fast Bacilli (BTA) Test with the Genexpert Molecular Rapid Test (TCM) in Pulmonary Tuberculosis Patients at Bumi Panua Pohuwato Regional Hospital, Gorontalo. Supervised by Nurfitri Arfani and Indas Wari Rahman.

Tuberculosis (TB) is an infectious disease caused by Mycobacterium tuberculosis and remains a health problem in Indonesia. Microscopic examination of Acid-Fast Bacilli (BTA) is often used in the diagnosis of TB, but has limited sensitivity. The GeneXpert Molecular Rapid Test (TCM) is a real-time PCR-based method capable of detecting Mycobacterium tuberculosis DNA more quickly and sensitively. This study aims to determine the confirmation results of positive BTA tests with the GeneXpert TCM in pulmonary TB patients at Bumi Panua Pohuwato Regional Hospital. This study used an observational analytical design with a cross-sectional approach on 31 AFB-positive sputum samples. All samples were examined using TCM GeneXpert and analyzed descriptively. The results showed that all samples (100%) were detected with Mycobacterium tuberculosis, with the detection categories being High (45.2%), Medium (38.7%), Low (12.9%), and Very Low (3.2%). All BTA-positive samples (100%) in this study were confirmed as Mycobacterium tuberculosis using TCM GeneXpert, with variations in the distribution of bacterial load levels between AFB and TCM.

Keywords: ***BTA, Diagnosis confirmation, Pulmonary tuberculosis, TCM GeneXpert***

UNIVERSITAS MEGAREZKY
UNIMEGA
LEMBAGA BAHASA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **ii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **vii**
ABSTRAK ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **x**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 6
C. Tujuan Penelitian 6
D. Manfaat Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**
A. Tuberculosis Paru 8
B. *Mycobaterium tuberculosis* 14
C. Pemeriksaan Pewarnaan BTA 17
D. Pemeriksaan TCM/GeneXpert 21
E. Kerangka Teori 19
F. Kerangka Konsep 25
G. Definisi Oprasional 26
BAB III METODE PENELITIAN **27**
A. Jenis Penelitian 27
B. Lokasi dan Waktu Penelitian 27
C. Populasi dan Sampel 27
D. Kriteria Penelitian 28
E. Alat dan Bahan 29
F. Prosedur Kerja 29
G. Pengumpulan dan Analisis Data 31
H. Alur Penelitian 32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 33
A. Hasil Penelitian 33
B. Pembahasan 35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 41
A. Kesimpulan 41
B. Saran 41
Daftar Pustaka 43
Lampiran 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* penyebab penyakit tb paru 9
Gambar 2.2 *Mycobacterium tuberculosis* pewarnaan Ziehl Neelsen..... 11
Gambar 2.3 Gambar *Mycobacterium tuberculosis* 15
Gambar 2.4 Kerangka Teori..... 25
Gambar 2.5 Kerangka Konsep 26
Gambar 2.5 Alur Penelitian 32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi hasil pemeriksaan BTA menurut pedoman WHO 21
Tabel 4.1 Karateristik dan sebaran subjek penelitian..... 33
Tabel 4.2 Sampel berdasarkan TCM GeneXpery dan pemeriksaan mikroskopis pada pasien TB..... 34

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobaterium tuberculosis*. Penyakit ini terutama menyerang paru-paru, namun dapat pula menyebar ke organ lain seperti tulang, ginjal, otak, atau kelenjar getah bening. *Mycobaterium tuberculosis* memiliki kemampuan bertahan hidup tinggi di dalam tubuh manusia dan dapat tetap dorman selama bertahun-tahun sebelum akhirnya menimbulkan gejala. TB termasuk penyakit kronis yang bersifat kambuhan, sehingga memerlukan diagnosis dini dan pengobatan yang tepat agar tidak menimbulkan penularan lebih luas di masyarakat. (Sari and Sarifuddin 2022).

Menurut *World Health Organization* (WHO 2024), tuberkulosis (TB) kembali menjadi penyebab utama kematian akibat penyakit infeksi di dunia, melampaui COVID-19. Pada tahun 2023, terdapat sekitar 10,8 juta kasus baru TB secara global dan 1,25 juta kematian, menunjukkan peningkatan kasus namun adanya perbaikan dalam diagnosis dan pengobatan pasca-pandemi.

Di Indonesia, TB masih menjadi masalah kesehatan serius. Berdasarkan Laporan Profil TB Indonesia Tahun 2024 dari Kementerian Kesehatan RI, Indonesia menempati peringkat kedua tertinggi kasus TB di

dunia setelah India, dengan estimasi 1.060.000 kasus baru dan 21.180 kematian pada tahun 2023. Meskipun cakupan pelaporan meningkat hingga 77,4%, masih ada 22,6% kasus yang belum ditemukan, sehingga dibutuhkan penguatan sistem layanan kesehatan dan deteksi dini (Kemenkes 2024).

Di Provinsi Gorontalo, jumlah kasus TB hingga tahun 2024 tercatat sebanyak 4.681 kasus dengan capaian penemuan dan pengobatan 67%, serta sekitar 72% terduga TB telah diperiksa menggunakan Tes Cepat Molekuler (TCM/GeneXpert) (Dinas Kesehatan Provinsi Gorontalo 2024). Sementara di Kabupaten Pohuwato terdapat 65 kasus TB (Badan Pusat Statistik Provinsi Gorontalo 2024), menunjukkan bahwa transmisi TB masih berlangsung dan memerlukan peningkatan deteksi dini serta pengobatan yang optimal.

Salah satu cara mengendalikan TB adalah dengan mampu mendeteksi kasus TB secara dini. Beberapa pasien menerima diagnosis TB paru hanya berdasarkan keluhan gejala dan hasil pemeriksaan radiologi. Diagnosis TB yang benar adalah dengan menemukan *Mycobaterium tuberculosis* dalam sputum atau hasil biakan jaringan paru. Diagnosis TB harus dilakukan dengan pemeriksaan mikroskopis *Mycobaterium tuberculosis*, tes cepat molekuler TB, dan kultur biakan. Dari ketiga metode tersebut, pemeriksaan yang paling sering digunakan adalah pemeriksaan mikroskopis BTA (Zuraida, Latifah, and Atikasari 2021). Pemeriksaan ini mudah dilakukan dan biayanya lebih terjangkau, meskipun pada sputum

dengan jumlah sedikit, hasilnya mungkin tidak akurat (Permatasari et al. 2021).

World Health Organization (WHO) merekomendasikan penggunaan teknologi *molecular WHO-recommended rapid diagnostic* (mWRD) dengan tingkat kompleksitas rendah hingga sedang, yaitu Tes Cepat Molekuler (TCM). TCM merupakan uji otomatis berbasis *Real-Time Polymerase Chain Reaction (PCR)* yang mendeteksi DNA *Mycobaterium tuberculosis* serta resistensinya terhadap obat rifampisin. Berdasarkan Surat Edaran Direktorat Jenderal P2P No. HK.02.02/III.I/936/2021, TCM ditetapkan sebagai alat utama diagnosis tuberkulosis di Indonesia. Salah satu alat yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah GeneXpert dengan kartrid *Xpert MTB/RIF Ultra*, yang memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi, bahkan mendekati akurasi pemeriksaan biakan (Rejito 2024).

Pemeriksaan mikroskopis BTA digunakan untuk mengidentifikasi *Mycobaterium tuberculosis* melalui pewarnaan khusus menggunakan fuchsin karbol, asam alkohol, dan metilen biru. Sediaan dibuat di atas kaca objek, dikeringkan, lalu difiksasi sebelum diwarnai. Sementara itu, Tes Cepat Molekuler (TCM) atau GeneXpert MTB/RIF merupakan metode otomatis berbasis *Nucleic Acid Amplification Test* (NAAT) yang mendeteksi TB dan resistensi rifampisin hanya dari sekitar 1 ml sputum.

GeneXpert MTB/RIF adalah metode yang lebih cepat dan praktis untuk mendeteksi *Mycobaterium tuberculosis* dibandingkan dengan metode kultur. Metode GeneXpert MTB/RIF bekerja dengan prinsip quantitative

real-time polymerase chain reaction (qRT-PCR) untuk mendeteksi bakteri *Mycobaterium tuberculosis* sekaligus mengetahui apakah bakteri tersebut resisten terhadap obat rifampisin. Waktu yang dibutuhkan untuk pemeriksaan dengan metode ini cukup singkat, yaitu kurang dari 2 jam (Susilawati et al. 2019).

Penelitian Sutriadi (2024) menilai kesesuaian antara pemeriksaan BTA positif dengan metode GeneXpert pada pasien tuberkulosis paru. Hasil menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi, dengan sensitivitas 82,35%, spesifisitas 100%, serta uji kappa 0,94. Temuan ini menegaskan bahwa pemeriksaan GeneXpert dapat menjadi metode yang lebih sensitif dibanding pemeriksaan mikroskopis BTA, meskipun keduanya tetap memiliki peran penting dalam diagnosis TB. Relevansi dengan penelitian ini adalah bahwa uji konfirmasi hasil BTA positif dengan nilai CT GeneXpert diharapkan dapat memberikan bukti tambahan mengenai hubungan dan saling melengkapi kedua metode dalam mendiagnosis tuberkulosis paru.

Penelitian *Latifah et al.,* (2022) di RS Simpangan Depok juga melakukan perbandingan antara pemeriksaan mikroskopis BTA dan Tes Cepat Molekuler (GeneXpert). Hasil penelitian menunjukkan nilai sensitivitas metode mikroskopis sebesar 58,8% dan spesifisitas 92,9%. Perbedaan ini menggambarkan bahwa metode mikroskopis berpotensi memberikan hasil negatif palsu pada kasus dengan jumlah bakteri rendah, sementara GeneXpert mampu mendeteksi dengan lebih akurat melalui

deteksi DNA *Mycobaterium tuberculosis*. Relevansi bagi penelitian ini adalah memperkuat alasan pentingnya menilai hubungan antara hasil mikroskopis dan hasil molekuler, khususnya dalam konteks nilai CT GeneXpert yang bisa memberi gambaran kuantitatif.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, tingginya angka kasus tuberkulosis serta pentingnya penegakan diagnosis yang cepat dan akurat menjadi perhatian utama dalam upaya pengendalian TB. Meskipun pemeriksaan mikroskopis Basil Tahan Asam (BTA) masih menjadi metode yang paling banyak digunakan, keterbatasannya dalam mendeteksi jumlah bakteri yang rendah dapat memengaruhi ketepatan diagnosis. Di sisi lain, Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert menawarkan metode deteksi berbasis molekuler yang lebih sensitif dan mampu memberikan informasi semi-kuantitatif melalui nilai Ct. Oleh karena itu, peneliti terdorong untuk melakukan uji konfirmasi hasil pemeriksaan BTA positif dengan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert pada penderita tuberkulosis paru di RSUD Bumi Panua Pohuwato Gorontalo, guna mengetahui kesesuaian dan hubungan kedua metode tersebut dalam mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis*.

B. Rumusan Masalah

Bagaimana hasil konfirmasi pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) positif dengan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert pada penderita tuberkulosis paru di RSUD Bumi Panua Pohuwato?

C. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui hasil konfirmasi pemeriksaan BTA positif dengan TCM GeneXpert pada penderita tuberkulosis paru di RSUD Bumi Panua Pohuwato.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang diagnostik tuberkulosis, khususnya dalam memperkaya referensi tentang hubungan antara nilai *Cycle Threshold* (CT) dari pemeriksaan *GeneXpert Real Time* dengan hasil mikroskopis pewarnaan BTA. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan rujukan bagi penelitian selanjutnya yang ingin mengkaji akurasi, korelasi, atau efektivitas metode diagnostik TB secara lebih mendalam.

2. Manfaat Praktis

a. **Bagi Tenaga Laboratorium:** Penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam interpretasi hasil pemeriksaan GeneXpert dan BTA, terutama dalam menilai beban basil dan menentukan kebutuhan pemeriksaan lanjutan.

b. **Bagi Institusi Kesehatan:** Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi efektivitas penggunaan metode GeneXpert dan pewarnaan BTA, serta sebagai dasar dalam penyusunan protokol diagnostik yang lebih efisien dan tepat guna.

c. **Bagi Mahasiswa:** Sebagai bahan pembelajaran dan referensi ilmiah dalam memahami hubungan antara pemeriksaan molekuler dan mikroskopis pada kasus TB, serta meningkatkan keterampilan dalam membaca dan menafsirkan hasil laboratorium.

BAB II

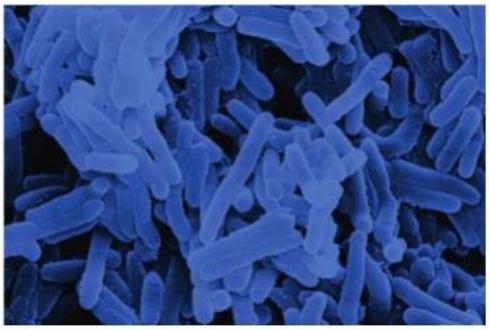
TINJAUAN PUSTAKA

A. Tuberculosis Paru

1. Definisi Tuberkulosis

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit yang disebabkan oleh *Mycobaterium tuberculosis*. Bakteri ini bisa bertahan selama beberapa bulan di tempat yang dingin dan gelap, terutama di tempat yang lembap. Tuberkulosis paru adalah penyakit peradangan pada bagian paru-paru yang disebabkan oleh *Mycobaterium tuberculosis*. Sebagian besar kasus tuberkulosis, yaitu sekitar 80%, adalah tuberkulosis paru, sedangkan 20% sisanya adalah tuberkulosis yang terjadi di bagian tubuh lain (Darliana 2021).

TB Paru adalah penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan menyerang bagian utama paru-paru. Nama tuberkulosis berasal dari kata tuberkel, yang artinya tonjolan kecil dan keras yang muncul ketika sistem kekebalan tubuh membentuk dinding mengelilingi bakteri di dalam paru-paru. Penyakit ini bisa berlangsung dalam waktu lama dan biasanya ditandai dengan pembentukan granuloma serta kerusakan pada jaringan paru. TB dapat menular ke orang lain melalui udara, misalnya saat seseorang yang terkena TB aktif batuk, bersin, atau berbicara (Zanita 2019).



Gambar 2.1 Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* penyebab penyakit tuberkulosis paru.
Sumber: (Sikumbang 2022)

2. Epidemiologi

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular yang masih menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas di dunia, terutama di negara berkembang. Setiap tahun jutaan orang terinfeksi *Mycobaterium tuberculosis* dengan sekitar dua juta kematian, sebagian besar terjadi pada kelompok usia produktif (15–55 tahun). Indonesia termasuk dalam tiga besar negara dengan jumlah kasus TB tertinggi di dunia setelah India dan Cina, serta menjadi penyebab kematian terbanyak akibat penyakit infeksi. Penularan TB terjadi melalui percik renik dari pasien dengan hasil BTA positif, dan risikonya meningkat pada lingkungan padat, miskin, serta dengan sirkulasi udara yang buruk. Munculnya kasus HIV/AIDS dan resistensi obat (MDR-TB) juga memperburuk kondisi epidemiologi TB. Salah satu indikator yang digunakan untuk menilai penularan di masyarakat adalah *Annual Risk of Tuberculosis Infection* (ARTI), yang di Indonesia rata-rata sekitar 1%, setara dengan 96 kasus TB positif BTA per 100.000 penduduk per tahun (Kartasasmita 2021).

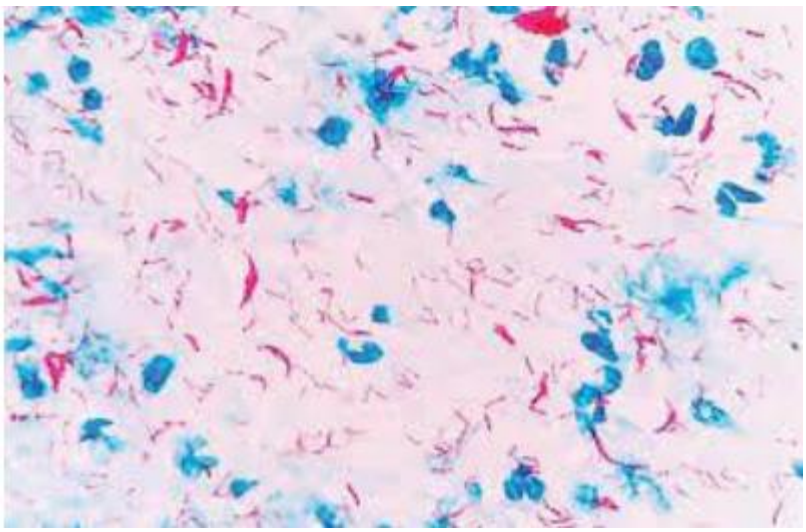
Menurut Handayani (2024) tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular yang masih menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas di dunia, terutama di negara berkembang. WHO (2024) melaporkan lebih dari 10 juta kasus baru TB dan sekitar 1,25 juta kematian setiap tahunnya. Di Indonesia, TB menempati peringkat kedua tertinggi di dunia setelah India dan menjadi penyebab kematian terbanyak akibat penyakit infeksi (Kemenkes, 2024). Penularan TB terutama melalui percik renik dari pasien BTA positif, dengan faktor risiko seperti kepadatan penduduk, kemiskinan, gizi buruk, dan infeksi HIV yang memperburuk penyebaran penyakit.

3. Etiologi

Penularan langsung terjadi ketika seseorang menghirup tetesan kecil dari ludah atau dahak yang dilepaskan ke udara oleh penderita tuberkulosis saat batuk, bersin, atau berbicara. *Mycobaterium tuberculosis* merupakan bakteri utama penyebab penyakit ini dan dapat menular dengan mudah melalui udara, terutama di lingkungan yang padat dan berventilasi buruk (Ahmad 2021).

Mycobaterium tuberculosis pertama kali ditemukan oleh Robert Koch pada tanggal 24 Maret 1882. Bentuk bakteri ini berupa batang lurus atau agak melengkung dengan ukuran antara 0,2 hingga 0,4 mikrometer dalam lebar dan 1 hingga 4 mikrometer dalam panjang. Untuk mengenali bakteri ini, digunakan metode pewarnaan Ziehl-Neelsen. Bakteri ini memiliki sifat khusus, yaitu tahan terhadap pencucian warna dengan asam dan alkohol, sehingga sering disebut basil tahan asam (BTA).

Bakteri ini akan mati jika dipanaskan pada suhu 100 derajat Celsius selama 5 hingga 10 menit, atau dicelupkan ke alkohol 70 hingga 95% selama 15 hingga 30 detik. Bakteri ini dapat bertahan selama 1 hingga 2 jam di udara, terutama di tempat yang lembab dan gelap (bisa bertahan hingga berbulan-bulan), tetapi tidak tahan terhadap sinar matahari atau aliran udara yang kuat (Naga 2020).



Gambar 2.2 Mycobacterium tuberculosis dengan pewarnaan Ziehl Neelsen
Sumber : (Sebayang 2023)

Model *host–agent–environment* menjelaskan bahwa terjadinya penyakit menular merupakan hasil interaksi antara pejamu (*host*), agen penyebab (*agent*), dan lingkungan (*environment*). Pada tuberkulosis paru, *host* adalah individu yang rentan terinfeksi, *agent*-nya adalah bakteri *Mycobaterium tuberculosis*, sedangkan *environment* meliputi faktor seperti ventilasi yang buruk, kepadatan penduduk, dan sanitasi yang kurang baik. Penyakit akan muncul apabila ketiga faktor tersebut saling berinteraksi, yaitu ketika

pejamu rentan, agen penyebab hadir, dan lingkungan mendukung penularan (Wibowo, A. 2023)

4. Patogenesis

Tuberkulosis (TB) ditularkan terutama melalui udara ketika penderita TB aktif batuk, bersin, berbicara, atau meludah. Aktivitas ini menghasilkan percikan dahak (droplet) yang mengandung *Mycobaterium tuberculosis* dalam jumlah sangat banyak. Droplet tersebut berukuran sangat kecil sehingga mampu bertahan lama di udara, terutama di ruangan yang lembap, gelap, dan memiliki ventilasi yang buruk. Orang yang sehat dapat terinfeksi apabila menghirup droplet yang mengandung kuman ini.

Risiko penularan semakin tinggi pada individu yang sering melakukan kontak erat dengan penderita TB, misalnya anggota keluarga serumah. Bahkan, diperkirakan setiap penderita TB dengan hasil BTA positif dapat menularkan penyakit ini kepada 10–15 orang di sekitarnya dalam kurun waktu satu tahun. Faktor yang memengaruhi peluang penularan meliputi lama kontak, kepadatan hunian, kondisi ventilasi, serta daya tahan tubuh orang yang terpapar (Aja, Ramli, and Rahman 2022).

Perjalanan infeksi tuberkulosis berlangsung melalui empat tahap, yaitu paparan, infeksi, sakit, dan kematian. Pada tahap paparan, penularan terjadi saat seseorang melakukan kontak erat dengan penderita TB, dipengaruhi oleh faktor lingkungan, intensitas batuk, serta lamanya paparan. Setelah infeksi terjadi, respons imun tubuh muncul dalam 6–14 minggu dan dapat terdeteksi melalui tes tuberkulin positif. Sebagian kuman dapat bertahan

dalam keadaan dorman dan kembali aktif ketika daya tahan tubuh menurun. Sekitar 10% individu terinfeksi berkembang menjadi TB aktif, sedangkan tanpa pengobatan yang adekuat, hingga separuh penderita dapat meninggal akibat keterlambatan diagnosis atau komplikasi penyakit (Kusumaningati 2020).

5. Manifestasi Klinis

Gejala umum yang sering dialami orang yang terkena tuberkulosis adalah demam yang terus-menerus lebih dari satu bulan, batuk yang terus-menerus lebih dari tiga minggu, batuk yang kadang-kadang disertai dengan lendir yang campur darah, kesulitan bernapas, rasa sakit di dada, tidak ada selera makan atau makanan yang dikonsumsi berkurang, berat badan berkurang selama tiga bulan berturut-turut tanpa alasan jelas, mudah lelah atau merasa tidak enak badan, serta berkeringat di malam hari meskipun tidak melakukan aktivitas fisik (Sukmayanti 2022).

Menurut Darliana (2022) Manifestasi klinis tuberkulosis paru ditandai dengan batuk berdahak yang cukup lama, demam, keringat malam, sesak napas, nyeri dada, anoreksia, dan penurunan berat badan. Pasien tampak kurus, lemah, dan sering menunjukkan tanda pucat akibat anemia. Lesi biasanya ditemukan di apeks paru dengan tanda fisik berupa suara perkusi redup dan ronkhi basah pada auskultasi. Selain paru, pembesaran kelenjar getah bening terutama di leher atau aksila juga dapat ditemukan, kadang membentuk abses dingin tanpa gejala peradangan.

6. Diagnosis

Diagnosis Tuberkulosis (TB) sejak lama mengandalkan pemeriksaan mikroskopis basil tahan asam (BTA), kultur, dan metode molekuler. Pemeriksaan mikroskopis dengan pewarnaan Ziehl-Neelsen masih dianggap sebagai *gold standard* karena relatif sederhana, cepat, dan murah, meskipun hasilnya sangat dipengaruhi oleh ketelitian pemeriksa. Kultur sputum mampu memastikan adanya *Mycobaterium tuberculosis*, tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama (hingga 8 minggu) dan memerlukan keahlian khusus. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, saat ini dikembangkan metode Tes Cepat Molekuler (TCM) atau *rapid molecular test*, seperti Xpert MTB/RIF. Metode ini menggunakan teknologi semi-kuantitatif *real-time PCR* yang dapat mendeteksi DNA *Mycobaterium tuberculosis* sekaligus resistensi terhadap rifampisin hanya dalam waktu kurang dari dua jam. TCM terbukti lebih sensitif dan spesifik, bahkan dapat digunakan pada kasus TB dengan hasil BTA negatif, TB resisten obat, maupun TB dengan komorbid seperti HIV, diabetes, serta TB ekstra paru (Rafika, Chaerunnisa, and Nurdin 2022).

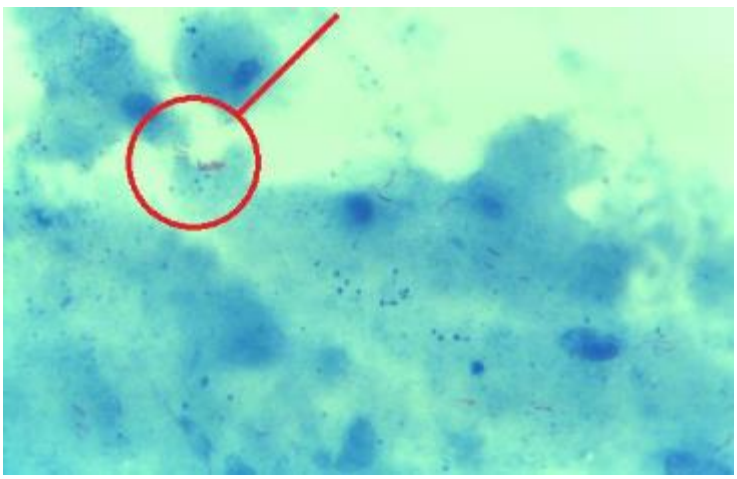
B. *Mycobaterium tuberculosis*

1. Definisi *Mycobaterium tuberculosis*

Mycobaterium tuberculosis adalah bakteri penyebab penyakit tuberkulosis (TBC) pada manusia. Bakteri ini dapat menyerang berbagai organ tubuh melalui penyebaran lewat aliran darah, meskipun bagian yang

paling sering terinfeksi adalah paru-paru. Bakteri ini termasuk dalam *famili Mycobacteriaceae* dan *ordo Actinomycetales*, serta dikenal sebagai salah satu spesies dalam genus *Mycobaterium* yang bersifat patogen bagi manusia (Noprianti 2021).

Menurut Sebayang (2023) *Mycobaterium tuberculosis* adalah penyebab penyakit menular yang disebut Tuberkulosis. Tuberkulosis tidak hanya menyerang paru-paru, tetapi juga bisa menyerang berbagai jaringan dan organ tubuh lainnya, serta dapat disebabkan oleh bakteri tuberkulosi.



Gambar 2.4 Gambar *Mycobaterium tuberculosis* yang sudah melalui pewarnaan Zhiel Nelssen
Sumber : (Romi 2021)

Mycobacterium tuberculosis merupakan bakteri penyebab utama penyakit tuberkulosis (TB) pada manusia, yang paling sering menginfeksi organ paru-paru. Bakteri ini termasuk ke dalam kelompok Basil Tahan Asam (BTA) dan memiliki bentuk batang dengan karakteristik Gram positif. Penularan *M. tuberculosis* terjadi melalui udara yang mengandung percikan dahak dari penderita aktif saat batuk, bersin, atau berbicara.

Lingkungan dengan ventilasi yang buruk meningkatkan risiko penyebaran bakteri ini karena memudahkan penularan antarindividu (Tingkat, Robert, and Mongisidi 2022).

2. Klasifikasi Toksonomi

Mycobaterium tuberculosis termasuk dalam divisio *Mycobacteria,* kelas *Actinomycetes,* dan ordo *Actinomycetales.* Bakteri ini tergolong ke dalam famili *Mycobacteriaceae*, dengan genus *Mycobacterium* dan spesies *Mycobaterium tuberculosis* (Area, 2023).

Domain : Bacteria

Filum : Actinobacteria

Kelas : Actinobacteria

Ordo : Actinomycetales

Famili : Mycobacteriaceae

Genus : Mycobacterium

Spesies : Mycobacterium tuberculosis

Mycobacteria adalah jenis bakteri berbentuk batang, tidak menghasilkan spora, dan membutuhkan oksigen untuk tumbuh. Mereka sulit dilihat dengan pewarnaan biasa, tetapi jika sudah terwarna, warnanya sulit hilang meskipun dicuci dengan asam atau alkohol. Karena sifat ini, *Mycobacteria* juga disebut bakteri tahan asam atau disingkat BTA. Kemampuan *Mycobacteria* tahan terhadap asam disebabkan oleh lapisan dinding sel yang tebal dan mengandung asam mikolat. *Mycobacteria* dapat

dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok saprofit dan kelompok patogen (Karolina and Hestiningtyas 2024).

C. Pemeriksaan Pewarnaan BTA

1. Prinsip Metode

Prinsip dasar pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) dengan metode pewarnaan Ziehl-Neelsen terletak pada karakteristik unik dinding sel *Mycobaterium tuberculosis*. Bakteri ini memiliki kandungan lipid yang sangat tinggi, terutama asam mikolat, sehingga membuat dinding selnya bersifat hidrofobik, tebal, dan tahan terhadap zat kimia tertentu, termasuk larutan asam maupun alkohol. Inilah alasan bakteri ini disebut sebagai "tahan asam". Pada proses pewarnaan, zat warna utama yang digunakan adalah Carbol Fuchsin yang mampu menembus dinding sel dengan bantuan pemanasan. Setelah itu, dilakukan dekolorisasi menggunakan asam-alkohol. Sel bakteri lain atau debris jaringan akan kehilangan warna akibat proses ini, namun *Mycobaterium tuberculosis* tetap mempertahankan warna merah dari Carbol Fuchsin. Tahap akhir adalah pemberian pewarna kontras, biasanya Metilen Biru, yang berfungsi memberikan warna biru pada latar belakang dan sel non-tahan asam. Dengan demikian, basil tahan asam dapat diamati jelas sebagai batang berwarna merah terang pada latar belakang biru. Prinsip ini menegaskan bahwa pewarnaan Ziehl-Neelsen tidak hanya sederhana, tetapi juga spesifik untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri tuberkulosis di dalam sampel sputum (Ariyani, Inggriani, and Ilsan 2019).

2. Prinsip Kerja

Pada dasarnya, prinsip dasar pewarnaan BTA adalah memanfaatkan panas dan phenol untuk menembus lapisan lemak atau lilin yang terdapat pada dinding sel, sehingga lapisan lemak tersebut dapat ditembus oleh zat pewarna utama, yaitu carbol fuchsin. Setelah dilakukan pewarnaan menggunakan carbol fuchsin dan dicuci dengan air yang mengalir, lapisan lilin yang terbuka akan kembali tertutup karena proses pendinginan selama pencucian. Ketika diberi asam dan alkohol, warna merah dari carbol fuchsin pada BTA tidak akan hilang. Bakteri yang tahan asam akan melepaskan warna merahnya sehingga berubah menjadi tampak pucat atau bahkan tidak berwarna. Akhirnya, saat dicat dengan methylene-blue, BTA tidak akan menyerap warna itu, sementara bakteri yang tidak tahan asam akan menyerap warna biru dari methylene blue (Aldi 2025)

3. Teknik Pemeriksaan

Teknik pemeriksaan BTA melalui metode Ziehl-Neelsen diawali dengan pengumpulan sputum pasien yang biasanya diambil pada pagi hari karena mengandung konsentrasi kuman lebih tinggi. Sampel kemudian dibuat menjadi sediaan tipis merata di atas kaca objek dan dibiarkan kering, lalu difiksasi dengan pemanasan ringan. Proses pewarnaan dimulai dengan meneteskan larutan Carbol Fuchsin pada sediaan dan dipanaskan hingga hampir mendidih untuk memfasilitasi penetrasi zat warna ke dalam dinding sel *Mycobaterium tuberculosis*. Setelah didiamkan beberapa menit, kelebihan pewarna dibuang, lalu dilakukan proses dekolorisasi

menggunakan asam-alkohol. Tahap ini sangat penting karena hanya basil tahan asam yang mampu mempertahankan warna merah, sedangkan sel lain akan terwarnai ulang dengan pewarna tandingan. Selanjutnya, sediaan ditetesi larutan Metilen Biru sebagai counterstain untuk memberikan kontras visual. Setelah dicuci dan dikeringkan, sediaan diperiksa dengan mikroskop cahaya menggunakan lensa imersi (1000x). Hasil pemeriksaan ditentukan dengan cara mengamati minimal 100 lapang pandang. Apabila terdapat batang berwarna merah, hasil dianggap positif, sedangkan jika tidak ditemukan, maka hasil dilaporkan negatif. Teknik ini relatif mudah diterapkan di fasilitas kesehatan tingkat dasar, sehingga hingga kini masih banyak digunakan untuk diagnosis awal TB (Febriani et al. 2022).

4. Kelebihan dan Kekurangan

Metode pewarnaan Ziehl-Neelsen memiliki sejumlah keunggulan yang membuatnya tetap digunakan secara luas. Pertama, prosedur ini sederhana dan tidak membutuhkan peralatan canggih sehingga dapat dilakukan di hampir semua laboratorium, termasuk di fasilitas kesehatan tingkat pertama. Kedua, biaya pemeriksaan relatif rendah karena hanya membutuhkan reagen dasar yang mudah diperoleh. Ketiga, hasil pemeriksaan dapat diperoleh dengan cepat, sehingga mendukung pengambilan keputusan klinis dalam waktu singkat. Selain itu, kontras warna yang dihasilkan cukup jelas: basil tampak merah terang dengan latar biru sehingga memudahkan interpretasi visual.

Namun demikian, metode ini juga memiliki keterbatasan yang cukup signifikan. Sensitivitasnya relatif rendah, karena diperlukan jumlah bakteri minimal sekitar 10^4 per mililiter sputum untuk dapat terdeteksi. Artinya, pasien dengan beban kuman rendah, misalnya pada TB anak atau penderita HIV, sering kali memberikan hasil negatif palsu. Kekurangan lain adalah ketergantungan besar pada kualitas sampel dan keterampilan analis. Sediaan yang terlalu tebal, sputum bercampur air liur, atau teknik pewarnaan yang kurang tepat dapat menyebabkan hasil yang salah. Selain itu, akurasi pemeriksaan juga dipengaruhi oleh kualitas mikroskop dan kondisi pencahayaan. Keterbatasan inilah yang menjadi alasan berkembangnya metode pemeriksaan yang lebih sensitif, seperti kultur dan Tes Cepat Molekuler (TCM) (Aprilia Sari and Silviani 2024).

5. Interpretasi Hasil BTA

Interpretasi hasil pemeriksaan BTA dilakukan dengan mengklasifikasikan jumlah basil yang ditemukan pada sediaan. Menurut pedoman WHO, hasil negatif ditetapkan apabila setelah pengamatan minimal 100 lapang pandang tidak ditemukan basil. Hasil positif dilaporkan dalam beberapa tingkatan: "scanty" bila ditemukan 1–9 basil pada 100 lapang pandang, positif 1+ bila terdapat 10–99 basil pada 100 lapang pandang, positif 2+ jika ditemukan 1–10 basil per lapang pandang, dan positif 3+ apabila terdapat lebih dari 10 basil per lapang pandang.

Klasifikasi ini penting tidak hanya untuk memastikan diagnosis TB, tetapi juga untuk memantau keberhasilan pengobatan pasien.

Faktor yang memengaruhi interpretasi hasil antara lain kualitas sputum, teknik pembuatan sediaan, pengalaman pemeriksa, serta kondisi mikroskop yang digunakan. Penelitian di beberapa puskesmas juga menunjukkan adanya variasi hasil antara pemeriksaan BTA mikroskopis dengan metode Tes Cepat Molekuler GeneXpert. Hal ini terutama terjadi pada sampel dengan konsistensi sputum encer, yang cenderung memberikan hasil negatif pada pemeriksaan mikroskopis meskipun hasil GeneXpert positif. Dengan demikian, meskipun pewarnaan BTA memiliki nilai penting dalam diagnosis awal TB, interpretasinya harus dilakukan hati-hati dan sebaiknya didukung dengan metode pemeriksaan lain agar akurasi lebih tinggi (Aprilia Sari and Silviani 2024).

Tabel. 2.1 Klasifikasi hasil pemeriksaan BTA menurut pedoman WHO

Hasil	Jumlah Basil	Lapang Pandang
Negatif	Tidak ditemukan	100 LP
Scanty	1–9 basil	100 LP
1+	10–99 basil	100 LP
2+	1–10 basil	per LP
3+	>10 basil	per LP

D. Pemeriksaan TCM/GeneXpert

1. Pengertian dan Prinsip TCM/GeneXpert

Pemeriksaan TCM dengan Xpert MTB/RIF adalah cara deteksi molekuler berbasis PCR real-time untuk mendiagnosis tuberculosis.

Pemeriksaan ini dilakukan menggunakan alat GeneXpert yang bekerja secara otomatis dan menggabungkan beberapa tahap, yaitu pembersihan sampel, penggandaan asam nukleat, dan pengenalan urutan DNA yang dicari. Metode laboratorium dengan alat TCM jauh lebih cepat dan lebih mudah dibandingkan metode konvensional seperti pemeriksaan biakan dan uji kepekaan yang memakan waktu hingga 3 hingga 4 bulan (Collins et al. 2021).

Pemeriksaan *Real-Time* PCR TCM/GeneXpert merupakan metode diagnostik molekuler modern untuk mendeteksi *Mycobaterium tuberculosis* (MTB). Prinsip kerjanya adalah memperbanyak (amplifikasi) segmen DNA MTB secara otomatis di dalam kartrid sekali pakai, yang mencakup proses isolasi DNA, amplifikasi gen target (*rpoB*), dan deteksi hasil secara *real-time*. Pemeriksaan ini bersifat semi-kuantitatif, sehingga selain menunjukkan hasil positif atau negatif, juga menggambarkan perkiraan jumlah bakteri. GeneXpert mampu memberikan hasil dalam waktu ±2 jam dengan sensitivitas tinggi, bahkan dapat mendeteksi jumlah bakteri yang sangat sedikit. Oleh karena itu, TCM/GeneXpert menjadi alat penting dalam diagnosis dini tuberkulosis, terutama pada kasus dengan hasil BTA negatif. (Permatasari et al. 2021).

2. Mekanisme Alat GeneXpert dalam Pemeriksaan TCM

GeneXpert dirancang untuk mendeteksi keberadaan DNA *Mycobaterium tuberculosis* sekaligus mutasi yang berhubungan dengan

resistensi obat rifampisin. Deteksi dilakukan melalui proses PCR, yaitu perbanyakan segmen DNA target. Pada GeneXpert, probe yang digunakan khusus menargetkan gen *rpoB*, sebuah gen yang terletak pada wilayah *Rifampicin Resistance Determining Region (RRDR)*. Mutasi pada daerah ini merupakan penyebab utama resistensi rifampisin.

Mekanisme pemeriksaan berlangsung sepenuhnya di dalam cartridge, mulai dari tahap ekstraksi DNA dari spesimen (misalnya sputum), kemudian dilakukan amplifikasi DNA dengan primer spesifik, hingga tahap deteksi fluoresensi. Hasil akhir akan menunjukkan dua informasi penting, yaitu keberadaan *Mycobacterium tuberculosis* (positif/negatif) dan status resistensi rifampisin (resisten/sensitif).

Dengan mekanisme ini, GeneXpert tidak hanya menegakkan diagnosis TB aktif, tetapi juga memungkinkan deteksi dini kasus TB resisten obat. Informasi ini sangat penting bagi tenaga kesehatan untuk menentukan terapi yang sesuai, sehingga pasien dapat segera mendapatkan pengobatan yang tepat dan penularan TB resisten dapat ditekan (Kemenkes RI 2023).

3. Kelebihan dan Kekurangan TCM/GeneXpert

Kelebihan:

TCM/GeneXpert memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya sebagai salah satu metode diagnostik utama untuk TB. Pertama, waktu pemeriksaan relatif singkat, hanya sekitar dua jam, sehingga diagnosis bisa ditegakkan lebih cepat dibandingkan kultur konvensional. Kedua,

TCM/GeneXpert mampu mendeteksi sekaligus dua hal penting, yaitu keberadaan *Mycobacterium Tuberculosis* dan resistensi terhadap rifampisin. Ketiga, sistem cartridge tertutup yang digunakan mengurangi risiko kontaminasi serta memudahkan penggunaan oleh tenaga laboratorium. Keempat, metode ini memiliki sensitivitas yang tinggi, sehingga dapat mendeteksi bakteri bahkan pada pasien dengan jumlah *Mycobacterium Tuberculosis* yang rendah, misalnya pada pasien HIV, anak-anak, atau kasus BTA negatif.

Kekurangan:

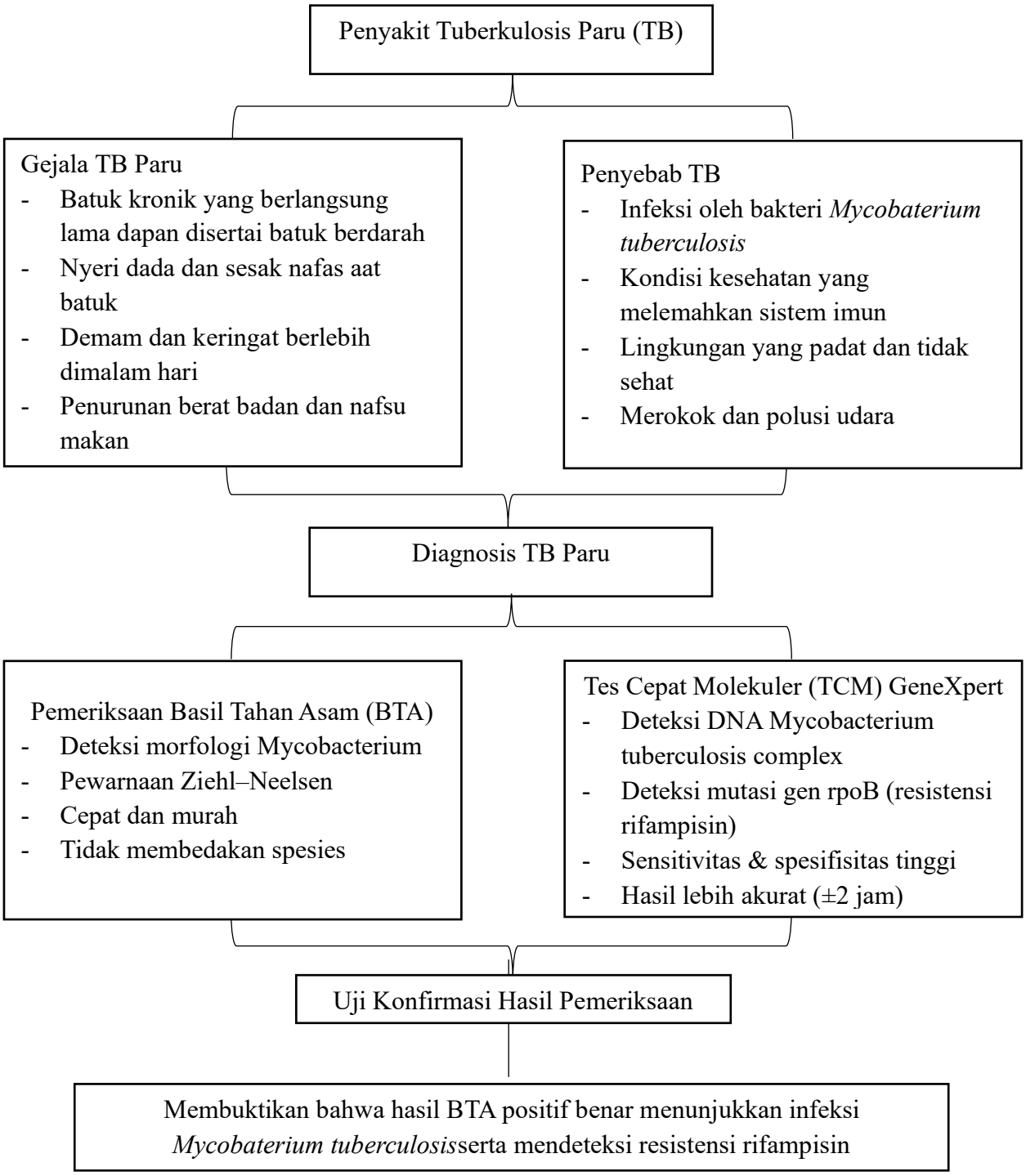
Meski memiliki banyak keunggulan, TCM/GeneXpert juga memiliki keterbatasan. Alat ini hanya mendeteksi resistensi terhadap rifampisin, belum dapat memberikan informasi lengkap mengenai resistensi terhadap obat anti-TB lain. Selain itu, ketersediaan cartridge dan kebutuhan listrik stabil membuat biaya operasional relatif tinggi. Pada spesimen non-sputum atau sampel dengan beban bakteri yang sangat rendah, sensitivitas pemeriksaan bisa menurun. Dengan demikian, hasil GeneXpert sering kali masih perlu dikonfirmasi dengan metode lain seperti kultur atau tes kepekaan obat lanjutan untuk memastikan diagnosis yang lebih komprehensif (Ssengooba et al. 2020).



Gambar 2. 5 Alat TCM GeneXpert

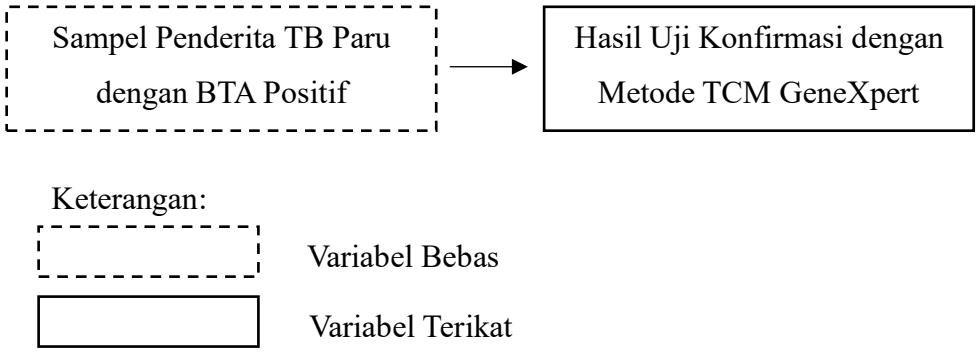
Sumber : Audita, M. (2020).

E. Kerangka Teori



Gambar 8. Kerangka Teori

F. Kerangka Konsep



Gambar 9. Kerangka Konsep

G. Definisi Oprasional

1. Tuberkulosis (TB) Penyakit menular yang disebabkan oleh infeksi *Mycobacterium tuberculosis* complex, ditandai dengan adanya basil tahan asam pada pemeriksaan sputum atau deteksi DNA *M. tuberculosis* melalui Tes Cepat Molekuler (TCM).
2. *Mycobaterium tuberculosis* Bakteri berbentuk batang (basil) yang bersifat tahan asam, termasuk dalam famili Mycobacteriaceae, dan merupakan penyebab utama penyakit tuberkulosis pada manusia.
3. Basil Tahan Asam (BTA) Hasil pemeriksaan mikroskopis sediaan dahak menggunakan pewarnaan Ziehl–Neelsen yang menunjukkan adanya basil tahan asam. Dinyatakan positif jika ditemukan minimal satu basil dalam sediaan sputum.
4. Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert Pemeriksaan molekuler berbasis Real-Time PCR yang mendeteksi DNA *Mycobacterium tuberculosis complex* serta mutasi gen *rpoB* yang berkaitan dengan resistensi rifampisin.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian observasional Laboratorik dengan pendekatan *cross sectional study*, yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengamati dan menganalisis hasil pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) dan hasil pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert, untuk mengetahui tingkat kesesuaian atau konfirmasi hasil antara kedua metode pemeriksaan tersebut pada pasien tuberkulosis paru di RSUD Bumi Panua Pohuwato.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Lokasi Pengambilan sampel dan lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium RSUD Bumi Panua Pohuwato.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada tanggal 22 Desember 2025-21 Januari 2026.

C. Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pasien tuberkulosis paru di RSUD Bumi Panua Pohuwato selama periode penelitian.

2. **Sampel**

Sampel yang digunakan adalah sputum dari pasien dengan hasil pemeriksaan BTA positif, dengan jumlah total 31 sampel sputum yang memenuhi kriteria penelitian.

3. **Teknik Pengambilan Sampel**

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian.

D. Kriteria Penelitian

Kriteria pengambilan sampel dibedakan menjadi kriteria inklusi dan eksklusi, diantaranya adalah:

1. **Kriteria Inklusi**
   a. Sputum berasal dari pasien dengan hasil pemeriksaan BTA positif.
   b. Sampel telah dikumpulkan dan dilakukan pemeriksaan menggunakan TCM GeneXpert.
   c. Sampel memiliki kualitas yang cukup untuk pemeriksaan TCM GeneXpert.
   d. Sampel sputum berupa dahak (bukan air liur).
   e. Sputum memiliki tekstur kental atau putih keruh.
   f. Sputum berwarna kekuningan atau kehijauan.
   g. Sampel sputum dapat bercampur darah.
   h. Sampel memiliki label identitas yang jelas.

2. **Kriteria Ekslusi**

   a. Sampel sputum yang mengandung banyak air liur (tidak representatif).

   b. Sampel yang rusak.

   c. Sampel yang terkontaminasi.

   d. Sampel yang tidak dapat diperiksa menggunakan alat TCM GeneXpert.

E. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Biosafty Cabinet, GeneXpert MTB/RIF (Cepheid), komputer, mikroskop cahaya, kaca objek dan kaca penutup, rak pewarnaan, pot sampel, pipet tetes, botol reagen, lidi, ember limbah.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas cartridge GeneXpert MTB/RIF, buffer, sampel sputum pasien dengan hasil BTA positif, reagen pewarna Ziehl–Neelsen yang mencakup carbol fuchsin, larutan asam alkohol (HCl–alcohol), dan methylene blue, oil imersi, dan air yang mengalir.

F. Prosedur Kerja

1. Pengambilan Sampel

Sampel penelitian berupa sputum (dahak) diperoleh dari pasien suspek tuberkulosis paru yang menjalani pemeriksaan di RSUD Bumi Panua Pohuwato. Sampel diambil menggunakan batang lidi steril kemudian

dimasukkan ke dalam wadah sputum tertutup rapat. Dahak yang dikumpulkan merupakan dahak murni dari saluran pernapasan bagian bawah, bukan air liur, untuk memastikan representativitas sampel. Setiap sampel diberi kode identitas guna menjaga kerahasiaan pasien dan mencegah terjadinya kesalahan pada proses pemeriksaan selanjutnya.

2. Pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA)

Pemeriksaan BTA dilakukan menggunakan metode pewarnaan Ziehl–Neelsen (ZN) untuk mendeteksi adanya Mycobacterium tuberculosis. Sputum yang telah dikumpulkan diambil menggunakan batang lidi, lalu dibuat apusan tipis dan merata pada kaca objek bersih berukuran tinggi ± 2-3 cm dan lebar ± 1-2 cm. Apusan dibiarkan mengering di udara, kemudian difiksasi dengan melewatkannya di atas nyala api sebanyak tiga hingga empat kali. Setelah itu dilakukan proses pewarnaan dengan meneteskan karbol fuchsin hingga seluruh permukaan apusan tertutup, lalu dipanaskan di atas nyala api hingga timbul uap (tidak sampai mendidih) selama sekitar lima menit. Sediaan kemudian dibilas dengan air mengalir, didekolorisasi menggunakan asam alkohol (3% HCl dalam etanol 95%) sekitar 5-10 detik atau hingga warna merah luntur, dan dibilas kembali. Langkah berikutnya adalah pemberian pewarna tandingan berupa methylen blue 0,3% selama sekitar 30 detik, kemudian dibilas, dikeringkan, dan diperiksa di bawah mikroskop cahaya dengan lensa imersi (1000x). Hasil pemeriksaan dinilai berdasarkan jumlah basil tahan asam yang tampak pada 100 lapang pandang dan dikategorikan menurut standar WHO menjadi negatif, 1+, 2+, atau 3+.

3. **Pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert**

Sampel sputum yang menunjukkan hasil BTA positif kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) menggunakan alat GeneXpert MTB/RIF. Sebanyak dua mililiter sputum dimasukkan ke dalam cartridge khusus GeneXpert, lalu ditambahkan larutan buffer dengan perbandingan 2:1 antara buffer dan sputum. Campuran tersebut dikocok perlahan hingga homogen dan dibiarkan selama sepuluh menit untuk proses lisis serta inaktivasi bakteri. Sampel yang telah siap dimasukkan ke dalam alat GeneXpert untuk dianalisis secara otomatis dengan waktu 1 jam. Hasil pemeriksaan ditampilkan secara otomatis pada layar monitor dengan kategori *Mycobacterium tuberculosis* detected atau not detected, serta rifampicin resistance detected atau not detected dengan nilai CT < 16–18 menggambarkan beban bakteri sangat tinggi (High), CT 16–22 menggambarkan beban bakteri tinggi–sedang (Medium), CT 22–28 menggambarkan beban bakteri rendah (Low) CT > 28 menggambarkan beban bakteri sangat rendah (Very Low).

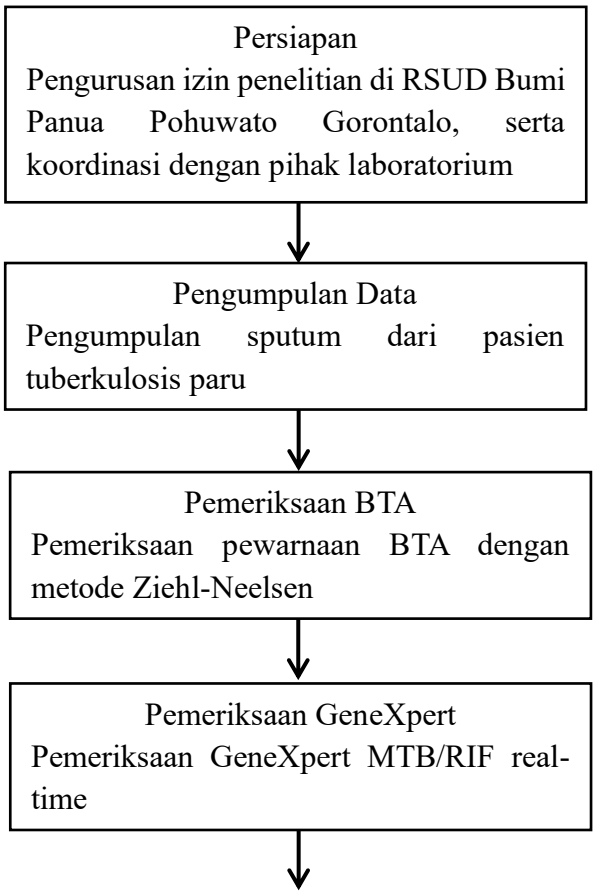
G. Pengumpulan dan Analisa Data

Data dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh melalui hasil pemeriksaan laboratorium terhadap sampel sputum pasien tuberkulosis paru di RSUD Bumi Panua Pohuwato. Pemeriksaan dilakukan menggunakan dua metode, yaitu pemeriksaan mikroskopis Basil Tahan Asam (BTA) dengan

pewarnaan Ziehl–Neelsen dan pemeriksaan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert.

Hasil pemeriksaan dari kedua metode tersebut dicatat secara sistematis pada lembar kerja penelitian, kemudian direkapitulasi dalam bentuk tabel untuk memudahkan perbandingan. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan cara membandingkan hasil pemeriksaan BTA positif terhadap hasil pemeriksaan TCM GeneXpert pada sampel yang sama. Data kemudian disajikan dalam bentuk tabel kesesuaian untuk menunjukkan seberapa besar hasil BTA positif terkonfirmasi sebagai *Mycobacterium tuberculosis* berdasarkan pemeriksaan GeneXpert.

H. Alur Penelitian



Interpretasi hasil dan penarikan kesimpulan

Gambar 2.5 Alur Penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di RSUD Bumi Panua Pohuwato terhadap 31 sampel sputum pasien dengan hasil pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) positif. Seluruh sampel kemudian dilakukan pemeriksaan lanjutan menggunakan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert untuk mengonfirmasi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis*.

1. Karateristik Sampel Penelitian

Tabel 4.1 Karateristik dan sebaran subjek penelitian

Karateristik	Kelas	Frekuensi
Jenis Kelamin	Laki-laki	19
	Wanita	12
	Total	**31**
Umur	3-17 Tahun	4
	18-32 Tahun	6
	33-47 Tahun	8
	48-62 Tahun	10
	63-77 Tahun	3
	Total	**31**
Lama Batuk	<1-2 Minggu	10
	>2-3 Minggu	21
	Total	**31**

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa dari 31 subjek penelitian, berdasarkan jenis kelamin sebagian besar berjenis kelamin laki-laki sebanyak 19 orang (61,3%), sedangkan perempuan sebanyak 12 orang (38,7%). Berdasarkan kelompok umur, sebagian besar pasien berada pada rentang usia 18–59 tahun yaitu sebanyak 24 orang (77,4%), diikuti usia 0–17 tahun sebanyak 4

orang (12,9%) dan usia >60 tahun sebanyak 3 orang (9,7%). Berdasarkan lama batuk, mayoritas pasien mengalami batuk ≥2–3 minggu sebanyak 21 orang (67,7%), sedangkan yang mengalami batuk ≤1–2 minggu sebanyak 10 orang (32,3%).

Tabel 4.2 Sampel berdasarkan TCM GeneXpert dan pemeriksaan mikroskopis pada pasien TB

Pemeriksaan	Interpretasi	Frekuensi
BTA	Scanty	3
	Positif 1+	2
	Positif 2+	9
	Positif 3+	17
Uji TCM GeneXpert	Detected Very Low	1
	Detected Low	4
	Detected Medium	12
	Detected High	14

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa dari 31 pasien TB paru yang diperiksa menggunakan metode TCM GeneXpert, sebagian besar hasil menunjukkan kategori *Detected High* sebanyak 14 pasien (45,2%), diikuti *Detected Medium* sebanyak 12 pasien (38,7%), *Detected Low* sebanyak 4 pasien (12,9%), dan *Detected Very Low* sebanyak 1 pasien (3,2%).

Sementara itu, berdasarkan pemeriksaan mikroskopis Basil Tahan Asam (BTA), mayoritas pasien menunjukkan hasil Positif 3+ sebanyak 17 pasien (54,8%), diikuti Positif 2+ sebanyak 9 pasien (29,0%), Scanty sebanyak 3 pasien (9,7%), dan Positif 1+ sebanyak 2 pasien (6,5%).

B. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil konfirmasi pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) menggunakan Tes Cepat Molekuler (TCM). Berdasarkan hasil penelitian, seluruh sampel dengan hasil BTA positif terdeteksi sebagai *Mycobacterium tuberculosis* melalui pemeriksaan TCM menggunakan alat GeneXpert. Sampel yang digunakan adalah sampel sputum pasien yang dikumpulkan dari beberapa instalasi kesehatan yang berada di Kabupaten Pohuwato.

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium RSUD Bumi Panua Pohuwato Gorontalo, pada tabel 4.1 Karateristik dan sebaran subjek penelitian berdasarkan jenis kelamin, didapatkan laki-laki 19 orang (61.3%) dan perempuan 12 orang (38.7%) dengan jumlah total 31 sampel. Menurut (Andayani 2020) Banyaknya jumlah kejadian TB Paru yang terjadi pada laki-laki disebabkan karena laki-laki memiliki mobilitas yang tinggi daripada perempuan, sehingga kemungkinan untuk terpapar lebih besar, selain itu kebiasan seperti merokok dan mengkonsumsi alkohol yang dapat menurunkan sistem pertahanan tubuh, sehingga wajar bila sebagai perokok dan peminum alkohol yang sering disebut sebagai agen dari penyakit TB Paru. Laki-laki lebih berat beban kerjanya, kurang istrahat, gaya hidup yang tidak sehat. Hal tersebut dapat berdampak pada kebiasaan penderita laki-laki yang harus sadar akan bahaya penularan penyakit TB Paru, sehingga kebiasaan merokok maupun

alkoholik dapat dikurangi ataupun dihindari selama pengobatan nantinya dan hentikan kebiasaan buruk yang dapat menganggu kesehatan tubuh, terutama sistem respirasi (pernafasan). Peerbedaan insiden penyakit menurut jenis kelamin dapat timbul, karena bentuk anatomis, bentuk fisiologis dan sistem hormonal yang berbeda.

Pada tabel 4.1 Karateristik dan sebaran subjek penelitian berdasarkan umur, didapatkan hasil tertinggi berada pada umur 18-59 tahun sebanyak 24 orang (77.4%). Hal ini sejalan dengan penelitian (Sikumbang 2022) bahwa ada pengaruh antara usia dengan kejadian penyakit TB Paru. Diketahui bahwa dari 19 Orang yang terkena tuberkulosis paru dengan usia antara 15 hingga 58 tahun. Kelompok usia produktif cenderung lebih sering melakukan interaksi sosial, bekerja di lingkungan dengan kepadatan tinggi, serta memiliki tingkat stres dan kelelahan yang dapat memengaruhi daya tahan tubuh. Secara imunologis, paparan berulang terhadap kuman TB dalam jangka waktu lama dapat meningkatkan risiko infeksi laten berkembang menjadi TB aktif, terutama apabila sistem imun mengalami penurunan. Selain itu, pada usia dewasa, faktor gaya hidup seperti merokok, kurang istirahat, serta penyakit penyerta dapat memperburuk respons imun terhadap infeksi. Kondisi ini memungkinkan bakteri berkembang biak di alveolus paru, membentuk granuloma, dan menyebabkan manifestasi klinis TB paru.

Kaitan antara lama batuk dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa kesadaran masyarakat tentang peningkatan kualitas hidup, melalui peningkatan daya tahan tubuh, pengenalan dini gejala tuberkulosis, serta peningkatan

pemahaman tentang cara mendeteksi penyakit dan mencegahnya, dapat mendorong masyarakat untuk memutus rantai penularan penyakit ini. Upaya dimulai dari diri sendiri, anggota keluarga, dan lingkungan terdekat.

Pada tabel 4.2 Berdasarkan hasil penelitian, pemeriksaan mikroskopis Basil Tahan Asam (BTA), di mana mayoritas pasien menunjukkan hasil Positif 3+ sebanyak 17 orang (54,8%), diikuti Positif 2+ sebanyak 9 orang (29,0%), kemudian Positif 1+ sebanyak 2 orang (6,5%) dan Scanty sebanyak 3 orang (9,7%). Hasil BTA 3+ menunjukkan jumlah basil yang banyak dalam satu lapang pandang mikroskop, yang menandakan tingkat infektivitas yang tinggi. Tingkat kepositifan ini diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu *scanty*, 1+, 2+, dan 3+. Kategori *scanty* menunjukkan jumlah basil yang sangat sedikit. Kategori 1+ menandakan jumlah basil yang lebih banyak dibandingkan *scanty*, namun masih dalam tingkat rendah. Selanjutnya, kategori 2+ menggambarkan jumlah basil yang lebih tinggi dibandingkan 1+, sedangkan kategori 3+ menunjukkan jumlah basil paling banyak dan mencerminkan beban kuman yang tinggi (Putri Anggraeni Novitasari, Kahar, and 3. Irnawati 2022)

Hasil ini sejalan dengan pemeriksaan menggunakan metode TCM GeneXpert menunjukkan bahwa sebagian besar pasien berada pada kategori *Detected High* yaitu sebanyak 14 orang (45,2%), diikuti *Detected Medium* sebanyak 12 orang (38,7%), *Detected Low* sebanyak 4 orang (12,9%), dan *Detected Very Low* sebanyak 1 orang (3,2%). Dominasi hasil *Detected High* dan *Medium* menunjukkan bahwa sebagian besar pasien memiliki beban bakteri (*bacterial load*) yang cukup tinggi dalam sputum. Hasil pemeriksaan TCM

GeneXpert tidak hanya menunjukkan ada atau tidaknya *Mycobacterium tuberculosis*, tetapi juga memberikan gambaran tingkat beban bakteri secara semi-kuantitatif. Kategori *very low* menunjukkan jumlah DNA bakteri yang sangat sedikit dalam sampel. Kategori *low* menandakan jumlah DNA yang lebih banyak dibandingkan *very low*, namun masih dalam tingkat rendah. Selanjutnya, kategori *medium* mencerminkan jumlah DNA bakteri dalam tingkat sedang, sedangkan kategori *high* menunjukkan konsentrasi DNA bakteri yang tinggi dalam spesimen (Utami et al. 2021).

Berdasarkan hasil uji konfirmasi yang dilakukan ditemukan adanya ketidaksesuaian antara derajat kepositifan Basil Tahan Asam (BTA) dengan kategori semi-kuantitatif Tes Cepat Molekuler (TCM). Terdapat kasus dengan hasil BTA Positif 3+ namun hasil TCM menunjukkan kategori *medium*, serta ditemukan pula kasus dengan hasil BTA Positif 2+ tetapi TCM menunjukkan kategori *high*.

Secara teoritis, derajat BTA Positif 3+ mencerminkan jumlah basil yang sangat banyak pada pemeriksaan mikroskopis, sehingga secara umum diharapkan berkorelasi dengan hasil TCM kategori *high*. Namun, hasil TCM bergantung pada jumlah DNA *Mycobacterium tuberculosis* yang terdeteksi melalui metode real-time PCR, yang dipengaruhi oleh proses ekstraksi, kualitas sputum, homogenisasi sampel, serta keberadaan inhibitor PCR. Kemungkinan adanya variasi distribusi bakteri dalam sputum atau perbedaan kualitas spesimen dapat menyebabkan hasil TCM hanya terdeteksi pada kategori *medium* meskipun secara mikroskopis tampak Positif 3+.

Sebaliknya, pada kasus BTA 2+ dengan hasil TCM *high*, hal ini dapat dijelaskan karena pemeriksaan TCM memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dalam mendeteksi materi genetik bakteri. TCM mampu mendeteksi DNA dari basil hidup maupun yang telah mati, sehingga jumlah DNA yang teramplifikasi dapat lebih tinggi dibandingkan jumlah basil utuh yang teramati secara mikroskopis. Selain itu, pemeriksaan mikroskopis sangat bergantung pada subjektivitas pembaca dan distribusi basil di lapang pandang, sehingga variasi hasil dapat terjadi. Hal ini sejalan dengan penelitian dari (Utami et al. 2021) yang menunjukkan bahwa meskipun terdapat hubungan bermakna antara hasil GeneXpert dan tingkat kepositifan BTA ($p < 0,05$), perbedaan hasil tetap dapat terjadi karena perbedaan prinsip pemeriksaan. Pemeriksaan mikroskopis BTA mendeteksi basil secara visual dan memerlukan jumlah bakteri minimal sekitar 5.000–10.000 basil/ml sputum untuk dapat teridentifikasi positif, sedangkan TCM berbasis real-time PCR mendeteksi DNA *Mycobacterium tuberculosis* meskipun dalam jumlah kecil atau dalam kondisi bakteri telah mati.

Penelitian ini juga menunjukkan adanya kesesuaian yang sangat baik antara pemeriksaan mikroskopis BTA dan TCM GeneXpert dalam mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis*. Pemeriksaan BTA mendeteksi keberadaan basil tahan asam secara mikroskopis, sedangkan TCM GeneXpert mendeteksi DNA spesifik *Mycobacterium tuberculosis* melalui metode real-time Polymerase Chain Reaction (PCR). Oleh karena itu, hasil konfirmasi 100% menunjukkan bahwa seluruh hasil BTA positif dalam penelitian ini benar-benar disebabkan

oleh infeksi *Mycobacterium tuberculosis*, bukan oleh mikobakteri non-tuberkulosis.

Temuan ini mengindikasikan bahwa kualitas pemeriksaan mikroskopis di RSUD Bumi Panua Pohuwato telah dilakukan dengan baik, serta didukung oleh kualitas sampel sputum yang memenuhi syarat pemeriksaan. Selain itu, hasil ini juga memperkuat bahwa TCM GeneXpert memiliki sensitivitas yang tinggi dalam mengonfirmasi kasus TB paru dengan hasil BTA positif. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa pemeriksaan TCM GeneXpert efektif digunakan sebagai metode konfirmasi untuk memastikan diagnosis TB paru pada pasien dengan hasil BTA positif. Hal ini sejalan dengan penelitian (Wahyuni 2025) dalam pemeriksaan menggunakan uji mikroskopik menunjukkan bahwa uji mikroskopik ini mampu mendeteksi secara benar 100% subjek penelitian yang dinyatakan positif TB. Nilai spesifisitas 100% artinya dengan menggunakan uji mikroskopik, kita dapat mengidentifikasi dengan benar persentase kasus yang tidak positif TB dan terbukti benar-benar tidak terkena TB sebanyak 100%.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di RSUD Bumi Panua Pohuwato terhadap 31 sampel sputum dengan hasil Basil Tahan Asam (BTA) positif, dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel terkonfirmasi mengandung *Mycobacterium tuberculosis* melalui pemeriksaan Tes Cepat Molekuler menggunakan alat GeneXpert, sehingga tingkat konfirmasi antara pemeriksaan BTA dan TCM adalah 100%.

Distribusi derajat BTA terdiri atas kategori scanty, 1+, 2+, dan 3+, sedangkan pemeriksaan TCM menunjukkan kategori semi-kuantitatif Detected Very Low, Detected Low, Detected Medium, dan Detected High. Meskipun seluruh sampel menunjukkan kesesuaian dalam deteksi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis*, terdapat variasi distribusi jumlah pada masing-masing tingkat beban bakteri antara kedua metode pemeriksaan.

B. Saran

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah sampel yang relatif terbatas. Hal ini dapat mempengaruhi hasil penelitian dan membuat temuan yang diperoleh belum dapat mewakili seluruh populasi pasien tuberkulosis.

1. Bagi Pelayanan Kesehatan

Diharapkan pihak RSUD Bumi Panua Pohuwato dapat terus mengoptimalkan penggunaan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert

sebagai metode konfirmasi dalam diagnosis tuberkulosis paru, terutama pada pasien dengan hasil Basil Tahan Asam (BTA) rendah atau meragukan, guna meningkatkan akurasi dan kecepatan penegakan diagnosis.

2. **Bagi Tenaga Laboratorium**

Pemeriksaan BTA tetap perlu dilakukan secara teliti sesuai standar prosedur operasional, terutama pada sampel dengan hasil scanty, serta dikombinasikan dengan pemeriksaan TCM GeneXpert agar kasus tuberkulosis paru dengan beban kuman rendah tetap dapat terdeteksi secara optimal.

3. **Bagi Peneliti Selanjutnya**

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah sampel yang lebih besar serta melibatkan kelompok pembanding, seperti kultur *Mycobacterium tuberculosis* sebagai gold standard, sehingga nilai sensitivitas dan spesifisitas TCM GeneXpert dapat dianalisis secara lebih mendalam dan komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, Farhan. 2021. "Pengaruh Vaksinasi Outer Membrane Protein (Omp) Mycobacterium Tuberculosis Secara Subkutan Terhadap Jumlah Sel T Cd8+ Pada Limpa Mencit Strain Balb/C."

Aja, Nursia, Ramli Ramli, and Hamidah Rahman. 2022. "Penularan Tuberkulosis Paru Dalam Anggota Keluarga Di Wilayah Kerja Puskesmas Siko Kota Ternate." *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan* 18(1):78. doi: 10.24853/jkk.18.1.78-87.

Aldi. 2025. "Gambaran Hasil Pemeriksaan Bakteri Tahan Asam (Bta) Pada Pasien Suspek Tuberkulosis Paru Di Rsud Ulin Banjarmasin Tahun 2024."

Andayani, Sri. 2020. "JURNAL ILMIAH PREDIKSI KEJADIAN PENYAKIT TUBERKULOSIS PARU BERDASARKAN JENIS KELAMIN." 08:135–40.

Aprilia Sari, and Yusianti Silviani. 2024. "Perbedaan Interpretasi Hasil Bakteri Tahan Asam Berdasarkan Faktor Yang Mempengaruhi Pemeriksaan Di Puskesmas Bandar Lampung." *Pharmaqueous : Jurnal Ilmiah Kefarmasian* 6(2):17–25. doi: 10.36760/jp.v6i2.611.

AREA, UNIVERSITAS MEDAN. 2023. "Tinjauan Pustaka Mycobacterium Tuberculosis." *Jurnal Universitas Medan Area* 10:6–15.

Ariyani, Farida, Maulin Inggriani, and Noor Andryan Ilsan. 2019. "Perbedaan Hasil Deteksi Pewarnaan Bakteri Tahan Asam Dan Rapid Antigen Pada Pasien Diagnosa Tuberkulosis Paru." *Jurnal Mitra Kesehatan* 1(2):101–5. doi: 10.47522/jmk.v1i2.19.

Badan Pusat Statistik Provinsi Gorontalo. 2024. *Kasus Penyakit Menurut Kabupaten/Kota Dan Jenis Penyakit Di Provinsi Gorontalo, 2024*.

Collins, Sean P., Alan Storrow, Dandan Liu, Cathy A. Jenkins, Karen F. Miller, Christy Kampe, and Javed Butler. 2021. "Pemeriksaan TCM BAB II." 167–86.

Darliana. 2021. "Asuhan Gizi Pada Pasien Efusi Pleura Etcausa Tuberkulosis Paru Dan Suspect Tuberkulosis Abdomen." *Physics Education* 23(4):1–10.

Darliana, Devi. 2022. "Management of Lung TB for Patient." *PSIK – FK Unsyiah* 2(1):27–31.

Dinas Kesehatan Provinsi Gorontalo. 2024. *Profil Kesehatan Provinsi Gorontalo Tahun 2024*.

Febriani, Ayu, St Aisyah Sijid, Kusnadi S. Hidayat, Cut Muthiadin, and Zulkarnain Zulkarnain. 2022. "Gambaran Hasil Pemeriksaan Mikroskopik Basil Tahan Asam Pada Penderita Tuberkulosis Paru Di BBKPM Makassar." *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi* 2(1):21–26. doi: 10.24252/filogeni.v2i1.28631.

Handayani, Listy. 2024. "Studi Epidemiologi Tuberkulosis Paru (TB) Di Indonesia: Temuan Survey Indonesia (SKI) 2023." *Jurnal Kendari Kesehatan Masyarakat (JKKM)* 4(1):1–9.

Karolina, Maria Estela, and Maya Hestiningtyas. 2024. "Skrining Mycobacterium Tuberculosis Dengan Pondok Pesantren Nurul Iman Di Kota Jambi." *Medic* 7(1):28–33.

Kartasasmita, Cissy B. 2021. "Epidemiologi Tuberkulosis." *Sari Pediatri* 11(2):124. doi: 10.14238/sp11.2.2009.124-9.

Kemenkes. 2024. "Laporan Hasil Studi Inventori Tuberkulosis Indonesia."

Kemenkes RI. 2023. "Petunjuk Teknis Pemeriksaan Tuberkulosis Menggunakan Tes Cepat Molekuler GeneXpert." *Kementerian Kesehatan RI* 241.

Kusumaningati. 2020. "Konsep Tuberculosis." 6–20.

Latifah, Imas, Zuraida Zuraida, Rima Dwi Sulistiawati, and Ellis Susanti. 2022. "Uji Sensitivitas Dan Uji Spesifisitas Metode Mikroskopis Terhadap Tes Cepat Molekuler (TCM) Dalam Diagnosis Mycobacterium Tuberculosis Pada Pasien Suspek TB Paru Di RS. Simpangan Depok." *Anakes : Jurnal Ilmiah Analis Kesehatan* 8(2):200–208. doi: 10.37012/anakes.v8i2.1199.

Naga, 2012. 2020. "Poltekkes Kemenkes Denpasar." *ISSN 2502-3632 (Online) ISSN 2356-0304 (Paper) Jurnal Online Internasional & Nasional Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta* 53(9):1689–99.

Noprianti, Aulia. 2021. "MORFOLOGI DAN PATOGENITAS Mycobacterium Tuberculosis."

Permatasari, Silvani, Vani Vrenika, Florence Felicia, Malasinta Malasinta, Ria Eriani, Ni Putu Saraswati, and Mery Irayanti. 2021. "Validitas Metode Real Time PCR GeneXpert Pada Suspek TB Paru BTA Negatif Di RSUD Dr. Doris Sylvanus." *Jurnal Surya Medika* 7(1):88–93. doi: 10.33084/jsm.v7i1.2037.

Putri Anggraeni Novitasari, 2. Fitrianti Kahar, and 3. Irnawati. 2022. "Gambaran Kepositifan Basil Tahan Asam Pasien Diagnosis Klinis Tuberculosis Paru Di Balai Kesehatan Masyarakat Semarang Positive Profile of Acid-Fast Bacilli in Patients with Clinical Diagnosis of Pulmonary Tuberculosis at the

Semarang Public Health Center." 04(02):95–100.

Rafika, Rafika, Chaerunnisa Chaerunnisa, and Nurdin Nurdin. 2022. "DETEKSI Mycobacterium Tuberculosis DENGAN VARIASI VOLUME SPUTUM PENDERITA TB MENGGUNAKAN METODE TES CEPAT MOLEKULER." *Jurnal Medika* 7(1):16–21. doi: 10.53861/jmed.v7i1.285.

Rejito, Ahmad. 2024. "Hasil_Pemeriksaan_Tes_Cepat_Molekuler_Genexpert_Pa (1)." 8(2):149–54.

Romi, Yoga. 2021. "Penambahan Carbol Fuchsin Dan Pemanasan Sputum Sebelum Dan Sesudah Pembuatan Sediaan." *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung* 11(1):253–61.

Sari, Girin Kartika, and Sarifuddin. 2022. "Nonreactive Tuberculosis." *TUBERKULOSIS PARU POST WODEC PLEURAL EFUSION: LAPORAN KASUS PULMONARY TUBERCULOSIS POST WODEC PLEURAL EFFUSION: CASE REPORT* 79(3):362–70.

Sebayang, Vivian. 2023. "Identifikasi Mycobacterium Tuberculosis."

Sikumbang, Rahmat Hidayat. 2022. "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Tb Paru Pada Usia Produktif Di Wilayah Kerja Puskesmas Tegal Sari Kecamatsan Medan Denai." *Ibnu Sina: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan - Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara* 21(1):32–43. doi: 10.30743/ibnusina.v21i1.196.

Ssengooba, Willy, Durval Respeito, Edson Mambuque, Silvia Blanco, Helder Bulo, Inacio Mandomando, Bouke C. De Jong, Frank G. Cobelens, and Alberto L. García-Basteiro. 2020. "Do Xpert MTB/RIF Cycle Threshold Values Provide Information about Patient Delays for Tuberculosis Diagnosis?" *PLoS ONE* 11(9):1–10. doi: 10.1371/journal.pone.0162833.

Sukmayanti, Desi. 2022. "Tindakan Fisioterapi Dada Pada Keluarga Tn.J Dan Tn.D Dengan Masalah Utama Tuberkulosis Paru Di Wilayah Kerja Puskesmas Sumber Kabupaten Cirebon." *Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.* 1–40.

Susilawati, Tri Nugraha, Leli Saptawati, Kusmadewi Eka Damayanti, and Riska Larasati. 2019. "Evaluasi MetodeGeneXpert MTB/RIF Dengan SampelRaw Sputum Untuk Mendeteksi Tuberkulosis Paru." *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Indonesia* 2(1):2–6. doi: 10.7454/epidkes.v2i1.2074.

Sutriadi, dkk. 2024. "Uji Kesuaian Pemeriksaan Bta Metode Ziehl Neelsen Dengan Genexpert Pada Pasien Tuberkulosis Paru." *Journal of Nursing and Health* 9(4):465–70. doi: 10.52488/jnh.v9i4.402.

Tingkat, Rumkit, I. I. I. Robert, and Wolter Mongisidi. 2022. "Hasil Diagnostik

Mycobacterium Tuberculosis Pada Pasien Dengan Batuk 2 Minggu Menggunakan Pewarnaan Ziehl-Neelsen Di Poliklinik Paru.” 5.

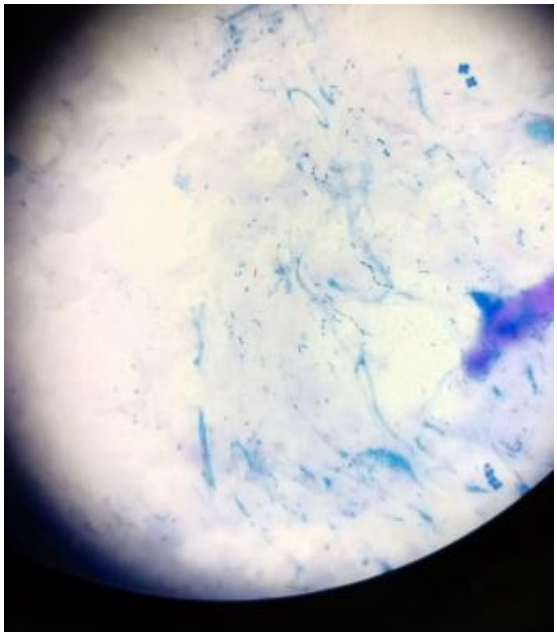
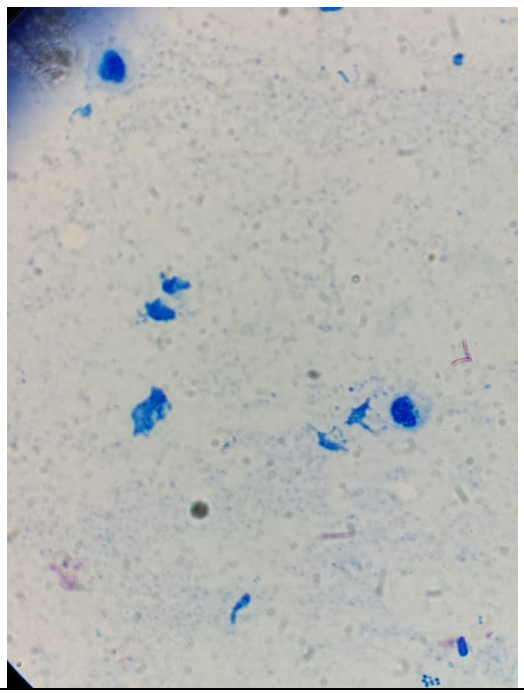
Utami, Putra Rahmadea, Nurul Amelia, Vetra Susanto, and Tika Dwita Adfar. 2021. “Pemeriksaan GeneXpert Terhadap Tingkat Positivitas Pemeriksaan Basil Tahan Asam (BTA) Metode Ziehl Neelsen Pada Penderita Suspek TB Paru.” 8(1).

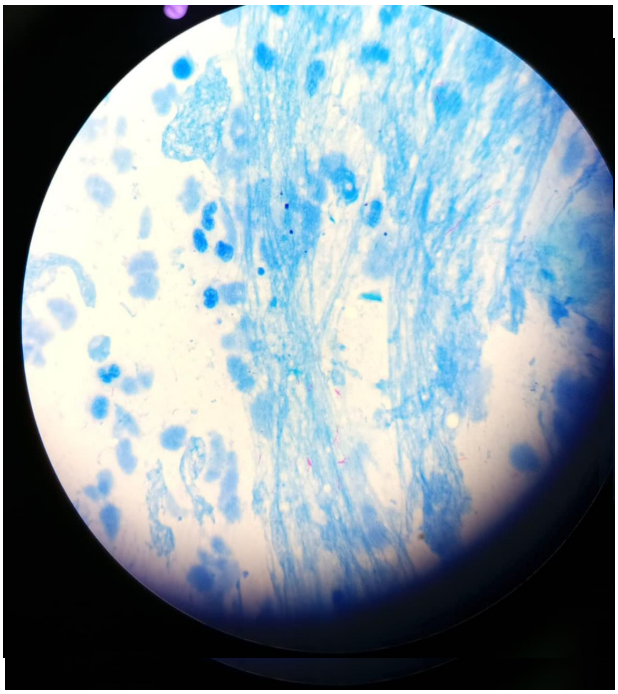
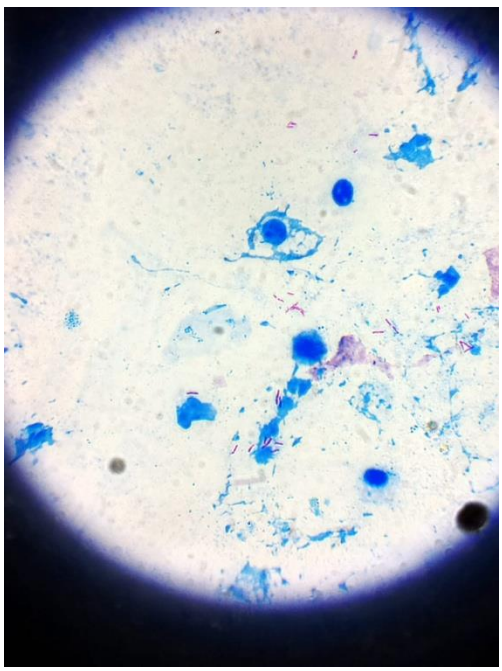
Wahyuni, Sri. 2025. “UJI KESESUAIAN HASIL PEWARNAAN BTA METODE Ziehl Neelsen DENGAN TES CEPAT MOLEKULER (GeneXpert) PADA PASIEN SUSPEK TUBERKULOSIS DI WILAYAH KERJA UPT PUSKESMAS SELATBARU.”

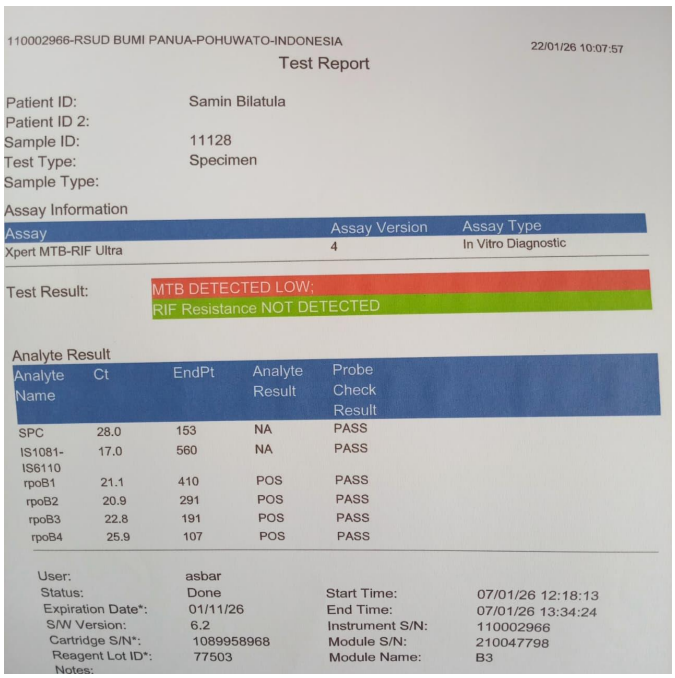
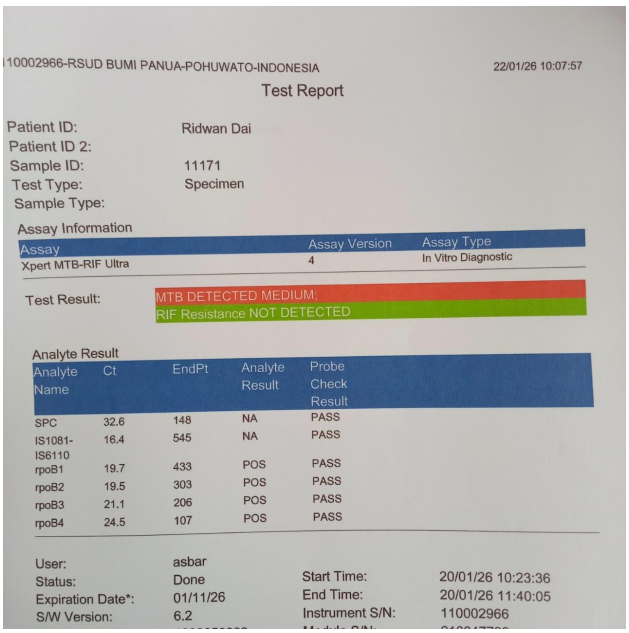
WHO. 2024. *2024 Global Tuberculosis Report*.

Zanita. 2019. “Penatalaksanaan TB Paru.” *Jurnal Kesehatan* 53(9):1689–99.

Zuraida, Zuraida, Imas Latifah, and Zipo Indri Atikasari. 2021. “Studi Literatur Hasil Pemeriksaan Tcm (Tes Cepat Molekuler), Mikroskopik Bta Dan Kultur Pada Suspek Tb (Tuberkulosis).” *Anakes : Jurnal Ilmiah Analis Kesehatan* 7(1):83–87. doi: 10.37012/anakes.v7i1.517.

Gambar	Keterangan
	Hasil pewarnaan BTA scanty
	Hasil pewarnaan BTA positif 1+

	Hasil pewarnaan BTA Positif 2+
	Hasil pewarnaan BTA Positif 3+

	Hasil TCM *Mycobacterium tuberculosis* Detected Low
	Hasil TCM *Mycobacterium tuberculosis* Detected Medium

110002966-RSUD BUMI PANUA-POHUWATO-INDONESIA 22/01/26 10:07:57

Test Report

Patient ID: Samin Bilatula
Patient ID 2:
Sample ID: 11128
Test Type: Specimen
Sample Type:

Assay Information

Assay	Assay Version	Assay Type
Xpert MTB-RIF Ultra	4	In Vitro Diagnostic

Test Result: MTB DETECTED LOW;
RIF Resistance NOT DETECTED

Analyte Result

Analyte Name	Ct	EndPt	Analyte Result	Probe Check Result
SPC	28.0	153	NA	PASS
IS1081-IS6110	17.0	560	NA	PASS
rpoB1	21.1	410	POS	PASS
rpoB2	20.9	291	POS	PASS
rpoB3	22.8	191	POS	PASS
rpoB4	25.9	107	POS	PASS

User: asbar
Status: Done
Expiration Date*: 01/11/26
S/W Version: 6.2
Cartridge S/N*: 1089958968
Reagent Lot ID*: 77503
Notes:

Start Time: 07/01/26 12:18:13
End Time: 07/01/26 13:34:24
Instrument S/N: 110002966
Module S/N: 210047798
Module Name: B3

10002966-RSUD BUMI PANUA-POHUWATO-INDONESIA 22/01/26 10:07:57

Test Report

Patient ID: Ridwan Dai
Patient ID 2:
Sample ID: 11171
Test Type: Specimen
Sample Type:

Assay Information

Assay	Assay Version	Assay Type
Xpert MTB-RIF Ultra	4	In Vitro Diagnostic

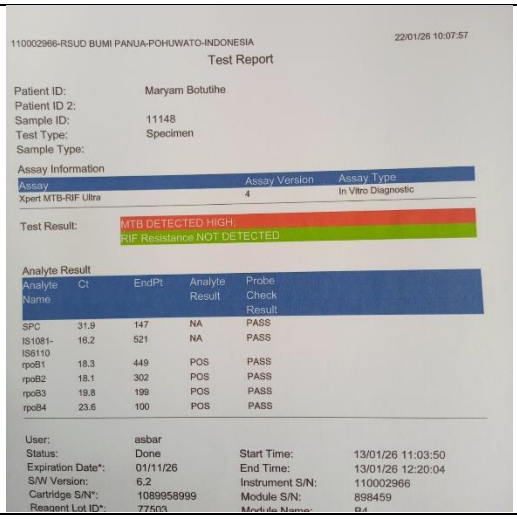
Test Result: MTB DETECTED MEDIUM;
RIF Resistance NOT DETECTED

Analyte Result

Analyte Name	Ct	EndPt	Analyte Result	Probe Check Result
SPC	32.6	148	NA	PASS
IS1081-IS6110	16.4	545	NA	PASS
rpoB1	19.7	433	POS	PASS
rpoB2	19.5	303	POS	PASS
rpoB3	21.1	206	POS	PASS
rpoB4	24.5	107	POS	PASS

User: asbar
Status: Done
Expiration Date*: 01/11/26
S/W Version: 6.2

Start Time: 20/01/26 10:23:36
End Time: 20/01/26 11:40:05
Instrument S/N: 110002966



110002966-RSUD BUMI PANUA-POHUWATO-INDONESIA 22/01/26 10:07:57

Test Report

Patient ID: Maryam Botutihe
Patient ID 2:
Sample ID: 11148
Test Type: Specimen
Sample Type:

Assay Information

Assay	Assay Version	Assay Type
Xpert MTB-RIF Ultra	4	In Vitro Diagnostic

Test Result: MTB DETECTED HIGH
RIF Resistance NOT DETECTED

Analyte Result

Analyte Name	Ct	EndPt	Analyte Result	Probe Check Result
SPC	31.9	147	NA	PASS
IS1081-IS6110	16.2	521	NA	PASS
rpoB1	18.3	449	POS	PASS
rpoB2	18.1	302	POS	PASS
rpoB3	19.8	199	POS	PASS
rpoB4	23.6	100	POS	PASS

User: asbar
Status: Done
Expiration Date*: 01/11/26
S/W Version: 6.2
Cartridge S/N*: 1089958999
Reagent Lot ID*: 77503
Start Time: 13/01/26 11:03:50
End Time: 13/01/26 12:20:04
Instrument S/N: 110002966
Module S/N: 898459
Module Name: B4

Hasil TCM *Mycobacterium tuberculosis* Detected Medium

No	Kode Sampel	Usia	Jenis kelamin	Hasil BTA	Hasil TCM
1.	11131	36	LK	Scanty	V. Low
2.	11116	56	P	Scanty	Low
3.	11140	5	LK	Scanty	Low
4.	11100	7	LK	Post 1+	Low
5.	11128	3	LK	Post 1+	Low
6.	10996	40	LK	Post 2+	Medium
7.	10823	24	LK	Post 2+	Medium
8.	10878	58	LK	Post 2+	Medium
9.	11005	37	LK	Post 2+	Medium
10.	11154	53	LK	Post 2+	High
11.	11171	23	LK	Post 2+	Medium
12.	11080	30	LK	Post 2+	Medium
13.	10824	53	P	Post 2+	Medium
14.	10910	52	P	Post 2+	High
15.	10927	25	P	Post 3+	Medium
16.	11135	40	P	Post 3+	Medium
17.	10902	47	P	Post 3+	Medium
18.	10791	17	LK	Post 3+	High
19.	10790	63	LK	Post 3+	High
20.	10894	47	LK	Post 3+	High
21.	10897	48	LK	Post 3+	High
22.	11141	47	LK	Post 3+	High
23.	11168	57	LK	Post 3+	Medium
24.	11109	45	LK	Post 3+	High
25.	10803	30	LK	Post 3+	High
26.	10949	29	P	Post 3+	High
27.	10895	66	P	Post 3+	High
28.	10749	57	P	Post 3+	High
29.	10998	49	P	Post 3+	Medium
30.	10940	61	P	Post 3+	High
31.	11148	50	P	Post 3+	High