

SKRIPSI

**DETEKSI *Mycobacterium tuberculosis* PADA PETUGAS PEMERIKSA TB MELALUI
AMPLIFIKASI GEN *MPT64* MENGGUNAKAN *REAL-TIME QUANTITATIVE
POLYMERASE CHAIN REACTION***



Oleh :
YOSSY APRILLYA
2310263554

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2025**

SKRIPSI

**DETEKSI *Mycobacterium tuberculosis* PADA PETUGAS PEMERIKSA TB MELALUI
AMPLIFIKASI GEN *MPT64* MENGGUNAKAN *REAL-TIME QUANTITATIVE
POLYMERASE CHAIN REACTION***

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

Oleh :
YOSSY APRILLYA
Nim : 2310263554

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2025**



a) Tempat/Tgl : Padang, 22-04-1990; b).Nama Orang Tua: (Ayah) Syahrial Kh. (Ibu) Eva Wardani; c).Program Studi : Sarjana Terapan TLM; d). Fakultas : Ilmu Kesehatan; e). No NIM : 2310263554; f). Tgl Lulus :22 April 2025 ; g). Predikat Lulus : Dengan Pujian ; h). IPK :3,93 ; i). Lama Studi : 1 Tahun; j). Alamat: Perumahan Ardhana Sumua Gadang Blok B No 11 Kubu Durian RT 06/02 Pasar Ambcang Kuranji Kota Padang Sumatera Barat.

DETEKSI *Mycobacterium tuberculosis* PADA PETUGAS PEMERIKSA TB MELALUI AMPLIFIKASI GEN *MPT64* MENGGUNAKAN *REAL-TIME QUANTITATIVE POLYMERASE CHAIN REACTION*

SKRIPSI

Oleh : Yossy Aprillya

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

ABSTRAK

Petugas kesehatan yang terlibat dalam pemeriksaan tuberkulosis (TB) berisiko tinggi terpapar *Mycobacterium tuberculosis* (MTB) karena kontak langsung dengan pasien TB. Meskipun petugas sering menjalani skrining kesehatan sesuai dengan petunjuk teknis Kementerian Kesehatan terkait penanganan TB laten, risiko tertular tetap ada karena paparan yang mungkin terjadi di tempat kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi keberadaan MTB pada petugas pemeriksa TB melalui amplifikasi gen *mpt64* menggunakan metode Quantitative Real-Time Polymerase Chain Reaction (qPCR). Penelitian ini menggunakan desain cross-sectional yang melibatkan tiga petugas pemeriksa TB. Sampel saliva diambil untuk amplifikasi gen *mpt64*, sementara wawancara dilakukan untuk menilai tingkat kepatuhan petugas terhadap protokol keselamatan kerja, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD), prosedur kerja, dan pelatihan keselamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa satu dari tiga sampel terdeteksi MTB (Cq 37,02), meskipun ketiganya memiliki tingkat kepatuhan tinggi terhadap protokol keselamatan yang ada. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun petugas sudah menjalankan prosedur perlindungan yang baik, risiko paparan MTB tetap ada. Kesimpulannya, deteksi MTB menggunakan metode qPCR terbukti efektif sebagai alat deteksi dini, dan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan strategi perlindungan tenaga kesehatan terhadap infeksi TB, termasuk evaluasi sistem pengendalian infeksi yang lebih menyeluruh.

Kata kunci: Tuberkulosis, *Mycobacterium tuberculosis*, qPCR, gen *mpt64*, petugas kesehatan.

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dinyatakan lulus pada 1 Februari 2025. Abstrak telah disetujui oleh penguji.

Tanda Tangan			
Nama Terang	Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji S.Si.,M.Si	M. Diki Juliandi, M.Biotek	Prof. Dr. Suryani, M.Si

Mengetahui

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

(.....)



a) Place/Date of Birth: Padang, April 22, 1990; b) Parents' Names: (Father) Syahril Kh., (Mother) Eva Wardani; c) Study Program: Applied Bachelor of Medical Laboratory Technology; d) Faculty: Faculty of Health Sciences; e) Student ID: 2310263554; f) Graduation Date: April 22, 2025; g) Graduation Predicate: With Honors; h) GPA: 3.93; i) Study Duration: 1 Year; j) Address: Perumahan Ardhana Sumua Gadang Block B No. 11 Kubu Duri RT 06/02, Pasar Ambacang, Kuranji, Padang, West Sumatra

**DETECTION OF *Mycobacterium tuberculosis* IN TB SCREENING PERSONNEL
THROUGH AMPLIFICATION OF MPT64 GENE USING *REAL-TIME QUANTITATIVE
POLYMERASE CHAIN REACTION***

THESIS

Author : Yossy Aprillya

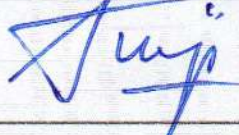
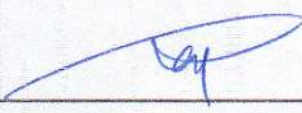
Supervisors : 1. Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji S.Si., M.Si
2. M. Diki Juliandi, M.Biotek

ABSTRACT

Healthcare workers involved in tuberculosis (TB) screening are at high risk of exposure to *Mycobacterium tuberculosis* (MTB) due to direct contact with TB patients. Although these workers often undergo health screening in accordance with the technical guidelines of the Ministry of Health related to the management of latent TB, the risk of infection remains due to potential exposure in the workplace. This study aims to detect the presence of MTB in TB screening personnel through amplification of the mpt64 gene using Quantitative Real-Time Polymerase Chain Reaction (qPCR). This cross-sectional study involved three TB screening personnel. Saliva samples were collected for mpt64 gene amplification, while interviews were conducted to assess adherence to safety protocols, including the use of personal protective equipment (PPE), work procedures, and safety training. The results showed that one out of three samples tested positive for MTB (Cq 37.02), despite all participants demonstrating high adherence to existing safety protocols. These findings indicate that while safety procedures were followed diligently, the risk of MTB exposure persists. In conclusion, qPCR is an effective tool for early detection of MTB, and the results of this study can serve as a basis for improving strategies to protect healthcare workers from TB infection, including a more comprehensive evaluation of the infection control system.

Keywords: Tuberculosis, *Mycobacterium tuberculosis*, qPCR, mpt64 gene, healthcare workers.

This thesis was defended before the examination board and declared passed on February 1, 2025. The abstract has been approved by the examiners.

Signature			
Full Name	Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji S.Si., M.Si	M. Diki Juliandi, M.Biotek	Prof. Dr. Suryani, M.Si

Approval Section

Acknowledged by Head of Study Program:

Dr. Apt. Dewi Yudiana Shinta, M.Si

()

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : **DETEKSI *Mycobacterium tuberculosis* PADA PETUGAS PEMERIKSA TB MELALUI AMPLIFIKASI GEN MPT64 MENGGUNAKAN REAL-TIME QUANTITATIVE POLYMERASE CHAIN REACTION**

Nama Mahasiswa : **YOSSY APRILLYA**

NIM : **2310263554**

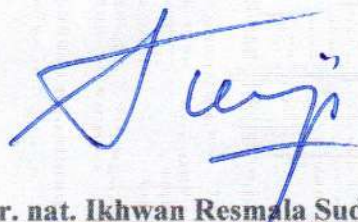
Program Studi : **Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis**

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan dihadapan dalam ujian Komprehensif Penelitian, yang merupakan salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan DIV Prodi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis pada Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Perintis Indonesia.

Menyetujui

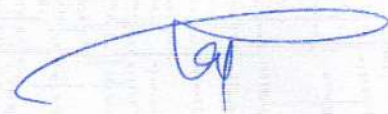
Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji S.Si., M.Si
NIDN : 1023097901

Pembimbing II



M. Diki Juliandi, M.Biotek
NIDN : 1010079501

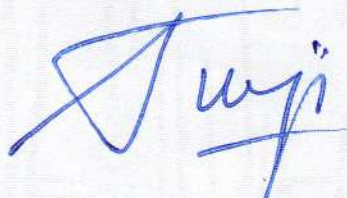
**DETEKSI *Mycobacterium tuberculosis* PADA PETUGAS PEMERIKSA TB
MELALUI AMPLIFIKASI GEN *MPT64* MENGGUNAKAN *REAL-TIME
QUANTITATIVE POLYMERASE CHAIN REACTION***

Disusun oleh
YOSSY APRILLYA
Nim : 2310263554

Telah diujikan di depan Penguji SKRIPSI Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium
Medis Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Perintis Indonesia

Pada tanggal 1 Februari 2025

Pembimbing I



Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji S.Si., M.Si
NIDN : 1023097901

Pembimbing II



M. Diki Juliandi, M.Biotek
NIDN : 1010079501

Penguji



Prof. Dr. Suryani, M.Si
NIDN : 0027056501

Skripsi ini telah memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan

Mengetahui,

Ketua Prodi Sarjana Terapan TLM



Dr. Apt. Dewi Yudiana Shinta, M.Si
NIK : 1016017602

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan segenap rasa syukur yang tak terhingga,
karya sederhana ini kupersembahkan kepada orang-orang yang hadir sebagai cahaya dan
kekuatan dalam setiap langkahku.

Untuk Apa dan Ama tersayang,

Syahrrial Kh dan Eva Wardani,

Terima kasih sudah membesarkan aku dengan penuh cinta, kesabaran, dan doa yang tak
pernah putus. Aku sangat bersyukur dan selalu berdoa agar Allah menyayangi kalian
melebihi apapun di dunia ini dan selalu hidup sehat serta bahagia.

Untuk keluargaku tercinta,

Suamiku, *Revico Alexi, A.Md.*, terima kasih telah membantu menghadapi semua
hambatan dengan sabar dan penuh cinta. Untuk anak-anakku, *Allyn Utami Alexi* dan
Runako Dwi Alexi, terima kasih atas kesabaran dan kehangatan kalian selama proses ini.

Untuk para pembimbing dan dosen yang luar biasa,

Dr. rer. nat. Ikhwan Resmala Sudji, S.Si., M.Si dan M. Diki Juliandi, M.Biotek, Terima
kasih atas kesabaran, ilmu, dan waktu yang telah diberikan. Setiap arahan dan masukan
kalian menjadi pijakan penting dalam proses ini.

Untuk para sahabat seperjalanan,

Yang telah berbagi semangat, cerita, dan kelelahan dalam proses ini. Kehadiran kalian
membuat perjalanan ini tak terasa sendiri. Terima kasih telah saling menguatkan, meski
dalam diam.

Untuk rekan-rekan dan semua pihak yang membantu,

Khususnya di UPTD Puskesmas Andalas, terima kasih atas ruang, kesempatan, dan
dukungan yang telah diberikan. Kebersamaan kalian begitu berarti.

Karya ini bukan hanya hasil dari satu perjalanan,
tetapi cermin dari kasih, ketekunan, dan doa banyak hati.
Semoga setiap hal baik yang lahir dari proses ini dapat memberi manfaat lebih luas.

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : YOSSY APRILLYA

N I M : 2310263554

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang ditulis dengan judul “**DETEKSI *Mycobacterium tuberculosis* PADA PETUGAS PEMERIKSA TB MELALUI AMPLIFIKASI GEN *MPT64* MENGGUNAKAN *REAL-TIME QUANTITATIVE POLYMERASE CHAIN REACTION***” adalah kerja/karya sendiri dan bukan merupakan duplikat dari hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang sumbernya dicantumkan. Jika kemudian hari pernyataan ini tidak benar maka status kelulusan menjadi batal dengan sendirinya.

Padang, 1 Februari 2025

Yang menyatakan


Yossy Aprillya

BIODATA



Nama : Yossy Aprillya, A.Md. AK

Tempat, tanggal lahir : Padang, 22 April 1990

Agama : Islam

Jenis kelamin : Perempuan

Alamat : Padang

Riwayat pendidikan : 1. SD N 03 Bandar Buat, Lubuk Kilangan 1996-2002

2. SMP N 8 Padang 2002-2005

3. SMAK Padang 2005-2009

4. D-III Analis Kesehatan STIKes Perintis 2011-2013

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“DETEKSI *Mycobacterium tuberculosis* PADA PETUGAS PEMERIKSA TB MELALUI AMPLIFIKASI GEN *MPT64* MENGGUNAKAN *REAL-TIME QUANTITATIVE POLYMERASE CHAIN REACTION*”**.

Tujuan penulisan skripsi adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada program Diploma DIV TLM Universitas Perintis Padang. Dalam penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik materil maupun moril dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibuk Dr. Ns. Yaslina, S.Kep, M.Kep, Kom selaku Plt. Rektor Universitas Perintis Indonesia.
2. Bapak Dr. Rer. Nat. Ikhwan Resmala Sudji, S.Si., M.Si selaku Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Perintis Indonesia, sekaligus selaku pembimbing satu yang telah membimbing dan mengarahkan Penulis dalam membantu menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr.apr. Dewi Yudiana Shinta, M.Si
4. M. Diki Juliandi, M.Biotek_selaku pembimbing dua yang telah membimbing dan mengarahkan Penulis dalam membantu menyelesaikan penulisan skripsi ini.

5. Prof. Dr. Suryani, M.Si selaku penguji, terimakasih atas petunjuk dan saran yang diberikan kepada penulis.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar Sarjana Terapan Analisis Kesehatan/TLM Universitas Perintis Indonesia.
7. Suami tercinta Revico Alexi, Amd. yang telah memberikan dukungan penuh dan membantu mengatasi semua hambatan yang ada.
8. Teristimewa anak-anak, Allyn Utami Alexi dan Runako Dwi Alexi yang penuh kasih selalu pengertian dan mau bersabar menemani penulis menjalani rangkaian tahap penulisan skripsi ini.
9. Ama, Apa dan sanak saudara yang mendoakan penulis.
10. Pimpinan UPTD Puskesmas Andalas, Ibu dr. Weni Fitria Nazulis, M.Biomed, dan Kepala Tata Usaha, Ibu Mardia Nelisna, SKM, M.Ikom serta Rekan-rekan di Laboratorium, Uni Esi Susanti, Yosi Andriani, Kak Nirmala Sari, serta Wahyu yang telah memberikan dukungan.
11. Rekan-rekan angkatan dan semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian dan penulisan Skripsi ini.

Penulis berharap agar penelitian ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan kesehatan masyarakat. Dalam kesempatan ini penulis dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung.

Namun masih banyak terdapat kekurangan baik dalam bentuk isi maupun pembahasannya, oleh karena itu penulis berharap agar Skripsi ini dapat bermanfaat untuk ilmu pengetahuan. Aamin.

Padang, 1 Februari 2025

Yossy Aprillya

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN PERNYATAAN.....	viii
BIODATA	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	7
2.1.1 Karakteristik Biologi dan Patogenesis	7
2.1.2 Epidemiologi Terkini	10
2.2 Risiko Okupasional TB pada Petugas Kesehatan	13
2.2.1 Sarana dan Prasaana dalam Pemeriksaan Tuberkulosis	15
2.2.2 Penggunaan APD pada Petugas Pemeriksa TB	16
2.2.3 Pentingnya Penerapan Sapras dan APD yang Tepat	18
2.3 Gen MPT64 sebagai Target Diagnostik.....	19
2.4 Quantitative Polymerase Chain Reaction (qPCR)	21
2.4.1 Prinsip Dasar qPCR.....	21
2.4.2 Keunggulan qPCR dibandingkan Metode Konvensional.....	22
2.4.3 Aplikasi qPCR dalam Diagnostik TB	23
2.4.4 Proses qPCR.....	23
2.5 Kerangka Teori	25
2.6 Hipotesis	26
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Jenis Penelitian	27
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.3. Populasi dan Sampel.....	27
3.4. Teknik Pengambilan Sampel	28
3.5. Bahan dan Penelitian	28
3.5.1 Bahan Penelitian	28

3.5.2 Alat Penelitian	29
3.6. Prosedur	29
3.6.1. Penampungan Sampel Sputum	29
3.6.2. Quantitative Poymerase Chain Reaction (qPCR)	30
3.7 Analisa Data.....	33
3.8. Kerangka Operasional Penelitian	33
BAB IV HASIL PENELITIAN	
4.1. Hasil Penelitian.....	34
4.1.1. Data Responden	34
4.2 Gambaran Makroskopis Sampel	35
4.3 Hasil Isolasi DNA dari Sampel Responden	36
4.4 Hasil qPCR Pemeriksaan MPT 64 dengan KIT TB DX pada Sampel Responden	37
4.5 Hubungan Antara Kuisisioner dan hasil qPCR	40
BAB V PEMBAHASAN	
5.1. Kemampuan qPCR dalam Mendeteksi Mycobacterium tuberculosis melalui Amplifikasi Gen MPT 64	43
5.2 Relevansi Penggunaan Gen Mpt 64 sebagai Diagnostik TB	46
5.3 Tantangan Implementasi Pemeriksaan qPCR TB Kepatuhan Petugas dan Dukungan Sistemik	47
5.4 Implikasi Hasil dan Rekomendasi.....	49
BAB VI PENUTUP	
6.1. Kesimpulan	52
6.1. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.Data Responden	34
Tabel 4.2.Kondisi Gambaran Makroskopis Sampel Responden.....	35
Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Konsentrasi dan Kualitas DNA Berdasarkan Rasio A260/A280	36
Tabel 4.4 Hasil Penguji qPCR untuk Deteksi <i>Mycobactrium tuberculosis</i> Berdasarkan Nilai Cq	39
Tabel 4.5. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Paparan MTB pada Petugas Pemeriksa TB	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	7
Gambar 2.5. Kerangka Teori	25
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	33
Gambar 4.4.1 Kurva Amplifikasi PCR Real-Time untuk analisis DNA Sampel Y	37
Gambar 4.4.2 Kurva Amplifikasi PCR Real-Time untuk analisis DNA Sampel E	38
Gambar 4.4.3 Kurva Amplifikasi PCR Real-Time untuk analisis DNA Sampel N.....	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) tetap menjadi salah satu penyakit menular yang paling mematikan di dunia. Penyakit ini dapat dicegah dan biasanya dapat disembuhkan. Namun pada tahun 2022, TB adalah penyebab kematian kedua di dunia akibat satu agen infeksi, setelah penyakit virus corona (COVID-19), dan menyebabkan kematian hampir dua kali lipat dari HIV/AIDS. Lebih dari 10 juta orang terus jatuh sakit karena TB setiap tahunnya. Menurut laporan World Health Organization (WHO) tahun 2023, sekitar 10,6 juta orang jatuh sakit karena TB pada tahun 2022, dengan 1,3 juta kematian terkait TB. Indonesia sendiri masih termasuk dalam daftar 30 negara dengan beban TB tertinggi di dunia, dengan estimasi 824.000 kasus baru pada tahun 2022. Maka diperlukan tindakan segera untuk mengakhiri epidemi TB global pada tahun 2030, sebuah tujuan yang telah diadopsi oleh semua negara anggota Perserikatan Bangsa-Bangsa Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dan Organisasi Kesehatan Dunia (health Organisation, 2023).

Petugas kesehatan, khususnya petugas pemeriksa TB, berada pada risiko tinggi terpapar *Mycobacterium tuberculosis* karena frekuensi kontak mereka dengan pasien TB. Sebuah meta-analisis terbaru menunjukkan bahwa petugas kesehatan memiliki risiko 2,94 kali lebih tinggi untuk terinfeksi TB laten dibandingkan populasi umum (Apriani et al., 2019). Pemerintah Indonesia telah

melakukan penanganan terhadap ini yang pada juknis Infeksi Laten Tuberkolosis (ILTB) dari Kementerian Kesehatan Indonesia yang berpedoman pada Peraturan Menteri Kesehatan No. 67 tahun 2016 menjelaskan bahwa pemberian obat pencegahan TBC tertuang dalam paragraph 6 pasal 15 ditujukan pada salah satunya petugas di fasilitas pelayanan kesehatan (Kemenkes RI, 2020). Di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo Jakarta pada tahun 2018 oleh Apriani et al. menunjukkan bahwa dari 344 petugas kesehatan yang diteliti, 98 (28,5%) memiliki hasil tes tuberkulin positif. Studi ini tidak memberikan jumlah pasti petugas kesehatan yang terkena TB aktif di seluruh Indonesia, tapi ini menunjukkan bahwa risiko infeksi TB di kalangan petugas kesehatan Indonesia cukup tinggi. Apriani, L., et al. (2019) juga membahas infeksi terkait layanan kesehatan di Indonesia, termasuk TB, dan menyinggung tentang kepatuhan petugas kesehatan dalam pemeriksaan.

Terhubung mengenai kepatuhan petugas dalam pemeriksaan ini ada kaitannya dengan kondisi di mana seseorang terinfeksi oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, tetapi tidak menunjukkan gejala klinis yang jelas meskipun terdapat proses infeksi aktif dalam paru-parunya yang disebut TB paru subklinis atau TB paru "oligosimtomatik" (Drain et al., 2018). Kondisi ini juga menjadi penyebab Petugas kesehatan, khususnya petugas pemeriksa TB tidak termasuk kedalam kategori terduga TB paru yang gejala utamanya batuk berdahak yang berlangsung lebih dari 2 minggu. Sehingga petugas kesehatan ini mampu melewati skrining tanpa dilakukan pemeriksaan terhadap sampel mukosa sebagai lokasi target untuk

pemeriksaan TB paru dengan alat TCM, Xpert MTB/RIF yang direkomendasikan sebagai alat diagnostik utama untuk TB di Indonesia (Kemenkes RI, 2017).

Sementara itu, teknik molekuler seperti Polymerase Chain Reaction (PCR) telah terbukti lebih cepat dan sensitif. Quantitative PCR (qPCR) merupakan pengembangan dari PCR konvensional yang menawarkan keunggulan dalam hal kuantifikasi dan waktu analisis yang lebih singkat (Forootan et al., 2017). Teknik laboratorium yang digunakan untuk mengamplifikasi dan secara kuantitatif mengukur jumlah DNA dalam sampel. Sangat berguna dalam berbagai aplikasi, termasuk diagnosis penyakit, penilaian ekspresi gen, deteksi patogen, dan penelitian genetika. qPCR efektif dalam mendeteksi keberadaan patogen atau biomarker spesifik dalam sampel klinis. penilaian sensitivitas dan spesifisitas qPCR sangat baik dibandingkan dengan metode deteksi lainnya (Forootan, et al, 2017).

Gen *mpt64* adalah salah satu gen spesifik yang dimiliki oleh *Mycobacterium tuberculosis* (MTB), bakteri penyebab utama penyakit tuberkulosis. Gen ini terletak pada genom MTB dan diidentifikasi sebagai penanda molekuler yang sangat spesifik untuk bakteri ini. Keberadaan gen ini menjadi salah satu target dalam penelitian genetika dan bioteknologi, khususnya untuk diagnosis dan studi molekuler terkait MTB. Gen *mpt64* memiliki urutan nukleotida yang unik, sehingga sering digunakan dalam teknik berbasis biologi molekuler, seperti PCR (Polymerase Chain Reaction), untuk mendeteksi keberadaan MTB dalam sampel klinis. Hal ini karena gen ini tidak ditemukan

pada spesies *Mycobacterium* non-tuberkulosis (MNT), sehingga dapat membantu membedakan MTB dari bakteri lainnya. (Singh et al., 2022).

Penggunaan qPCR untuk amplifikasi gen *mpt64* menawarkan potensi untuk meningkatkan sensitivitas dan spesifisitas deteksi *M. tuberculosis*. Namun, aplikasi spesifik qPCR untuk amplifikasi gen *mpt64* pada petugas pemeriksa TB masih perlu dieksplorasi lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk deteksi *Mycobacterium tuberculosis* menggunakan amplifikasi gen *mpt64* dengan metode qPCR pada petugas pemeriksa TB. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan strategi skrining TB yang lebih efektif untuk petugas kesehatan, serta memberikan wawasan baru dalam aplikasi teknologi molekuler.

1.2. Perumusan Masalah

Apakah pemeriksaan Quantitative Polymerase Chain Reaction (qPCR) melalui amplifikasi gen *mpt64* bisa mendeteksi *Mycobacterium Tuberkolosis* pada petugas pemeriksa TB?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis* pada petugas pemeriksa TB menggunakan metode amplifikasi gen *mpt64* dengan teknik qPCR.

1.3.2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah

1. Menganalisis tingkat paparan *Mycobacterium tuberculosis* pada petugas pemeriksa TB berdasarkan hasil deteksi gen *MPT64*.
2. Mengidentifikasi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis* pada sampel yang diambil dari petugas pemeriksa TB.
3. Menganalisis hubungan antara hasil deteksi *Mycobacterium tuberculosis* dengan faktor-faktor risiko pada petugas pemeriksa TB (seperti lama bekerja, penggunaan alat pelindung diri, dll).

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis:

- 1 Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang mikrobiologi dan deteksi patogen.
- 2 Meningkatkan pemahaman tentang efektivitas amplifikasi gen *mpt64* dalam identifikasi *M. tuberculosis*.
- 3 Melihat kepatuhan petugas terhadap Protap Pengamanan Diri dalam melaksanakan pemeriksaan terhadap sampel TB.

1.4.2 Manfaat Praktis:

- 1 Membantu dalam pengembangan metode deteksi *M. tuberculosis* yang lebih cepat dan akurat pada petugas kesehatan.
- 2 Memberikan data tentang tingkat paparan *M. tuberculosis* pada petugas pemeriksa TB, yang dapat digunakan untuk meningkatkan protokol

keselamatan kerja.

- 3 Mendukung upaya pencegahan dan pengendalian infeksi TB di lingkungan kerja petugas kesehatan.

1.4.3. Manfaat bagi Institusi Kesehatan:

- 1 Membantu dalam evaluasi risiko kesehatan okupasional bagi petugas pemeriksa TB.
- 2 Memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan kebijakan dan prosedur keselamatan kerja yang lebih baik.
- 3 Mendukung program surveilans kesehatan petugas yang bekerja di fasilitas TB.

1.4.4. Manfaat bagi Petugas Kesehatan:

- 1 Meningkatkan kesadaran akan risiko paparan TB pada petugas pemeriksa.
- 2 Membantu dalam deteksi dini infeksi TB pada petugas kesehatan.
- 3 Memberikan informasi yang dapat digunakan untuk meningkatkan perlindungan diri saat bekerja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

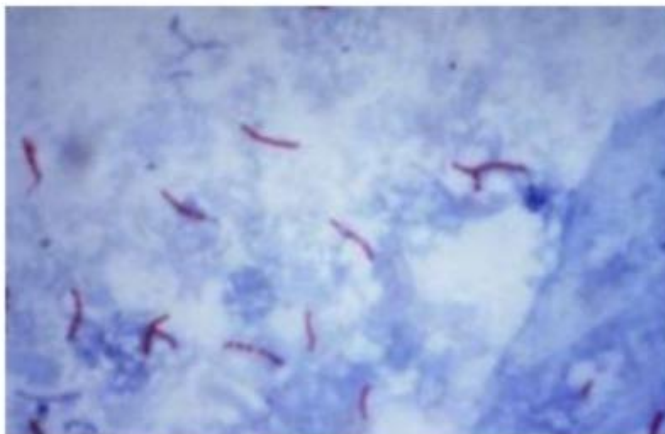
2.1. *Mycobacterium tuberculosis*

2.2.1 Karakteristik Biologi dan Patogenesis

Karakteristik Biologi *Mycobacterium tuberculosis*

1. Struktur dan Morfologi

Mycobacterium tuberculosis (Mtb) adalah bakteri berbentuk batang yang memiliki sifat tahan asam, karena dinding selnya yang kaya akan mycolic acid, lipid kompleks yang memberikan resistensi terhadap pewarnaan Gram standar dan menjadikannya tahan terhadap banyak antibiotik (Fogel, 2015). Struktur dinding sel yang unik ini juga melindungi Mtb dari mekanisme pertahanan tubuh inang, termasuk degradasi oleh enzim-enzim yang biasanya menghancurkan patogen.



Gambar 1. *Mycobacterium tuberculosis* Sumber: (Juliando & Setiarini, 2017)

2. Pertumbuhan dan Reproduksi:

Mtb adalah bakteri aerobik obligat yang tumbuh dengan lambat, dengan waktu pembelahan sekitar 15-20 jam. Laju pertumbuhan yang lambat ini berkontribusi pada sifatnya sebagai patogen kronis dan membuat diagnosis serta pengobatan

menjadi lebih kompleks (Fogel, 2015). Selain itu, Mtb dapat bertahan dalam kondisi yang tidak menguntungkan dengan memasuki fase dormansi, di mana metabolisme dan aktivitas reproduksi sangat berkurang, memungkinkan bakteri ini bertahan hidup dalam tubuh inang selama bertahun-tahun.

3. Genom dan Variabilitas Genetik:

Genom Mtb terdiri dari sekitar 4,4 juta pasangan basa, dengan lebih dari 4.000 gen yang menyandi protein yang berperan dalam berbagai aspek kehidupan dan patogenisitas bakteri (Fogel, 2015). Variabilitas genetik dalam populasi Mtb cukup rendah dibandingkan dengan patogen bakteri lainnya, tetapi variasi genetik yang ada memainkan peran penting dalam adaptasi terhadap tekanan seleksi dari sistem kekebalan inang dan terapi antimikroba.

Patogenesis *Mycobacterium tuberculosis*

1. Transmisi dan Infeksi Awal:

Mycobacterium tuberculosis ditularkan melalui udara, terutama melalui droplet kecil yang dihasilkan ketika seseorang dengan TB aktif batuk atau bersin. Droplet yang mengandung Mtb dapat bertahan di udara untuk waktu yang lama dan dihirup oleh orang lain, memungkinkan Mtb mencapai paru-paru mereka (Fogel, 2015). Setelah terhirup, Mtb menembus sampai ke alveoli paru-paru, di mana ia akan difagosit oleh makrofag alveolar. Namun, tidak seperti banyak bakteri lainnya, Mtb memiliki kemampuan untuk menghindari destruksi di dalam makrofag, memungkinkan bakteri ini untuk bertahan hidup dan berkembang biak dalam sel inang.

2. Pembentukan Granuloma:

Sebagai respons terhadap infeksi, tubuh membentuk struktur yang dikenal sebagai granuloma. Granuloma merupakan kumpulan sel-sel imun, termasuk makrofag yang diaktifkan, sel epiteloid, dan limfosit, yang berfungsi untuk mengisolasi bakteri dan mencegah penyebarannya (Fogel, 2015). Granuloma seringkali mampu menahan infeksi dan menjaga Mtb dalam keadaan dorman selama bertahun-tahun. Namun, bakteri tetap hidup dalam kondisi ini dan dapat menjadi aktif kembali jika sistem kekebalan tubuh melemah, misalnya akibat infeksi HIV atau kondisi immunosupresif lainnya.

3. Latensi dan Reaktivasi:

Infeksi laten TB terjadi ketika Mtb berhasil ditahan dalam granuloma, dan individu yang terinfeksi tidak menunjukkan gejala klinis. Fogel (2015) menjelaskan bahwa sekitar satu per tiga populasi dunia diperkirakan terinfeksi TB laten, yang menempatkan mereka pada risiko pengembangan TB aktif di kemudian hari, terutama jika terjadi penurunan fungsi kekebalan tubuh. Reaktivasi TB terjadi ketika Mtb menjadi aktif kembali, menyebabkan granuloma pecah dan memungkinkan bakteri menyebar dalam tubuh. Ini menyebabkan gejala klinis TB aktif, seperti batuk kronis, hemoptisis, penurunan berat badan, dan demam.

4. Diseminasi Ekstrapulmoner:

Dalam beberapa kasus, Mtb dapat menyebar dari paru-paru ke organ-organ lain melalui aliran darah atau sistem limfatik. Diseminasi ini dapat menyebabkan TB ekstrapulmoner, yang dapat mempengaruhi kelenjar getah