

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tuberkulosis

1. Pengertian Tuberkulosis

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit infeksi yang paling sering mengenai paru-paru dan disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini dapat dialami oleh berbagai kelompok umur dan menunjukkan kondisi klinis yang berbeda pada setiap penderita. Sebagian individu dapat mengalami infeksi tanpa menunjukkan keluhan yang jelas, sedangkan pada kondisi tertentu penyakit dapat berkembang dan menimbulkan gejala yang lebih berat (Kenedyanti & Sulistyorini, 2017).

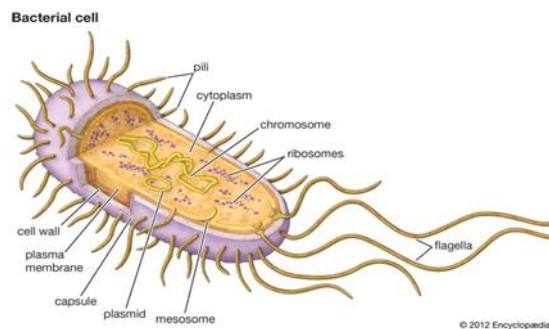
Tuberkulosis (TB) bukan merupakan penyakit yang diturunkan secara genetik, tetapi termasuk penyakit menular yang dapat terjadi pada siapa saja. Risiko terjadinya TB dapat ditemukan pada berbagai kelompok usia, termasuk usia produktif, lanjut usia, maupun anak-anak. Meskipun paru-paru merupakan organ yang paling sering terkena, *Mycobacterium tuberculosis* juga dapat menyebar dan menyebabkan infeksi pada organ lain. Beberapa organ yang dapat mengalami infeksi antara lain tulang, kelenjar getah bening, kulit, otak, dan organ tubuh lainnya (Kementerian Kesehatan, 2025).

2. *Mycobacterium tuberculosis* (MTB)

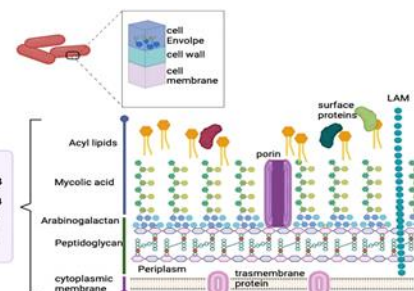
Mycobacterium tuberculosis merupakan bakteri berbentuk batang dengan ukuran kurang lebih $0,5 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}$. Bakteri ini memiliki sifat aerob obligat,

tidak bergerak, serta tidak membentuk spora maupun kapsul. Salah satu karakteristik penting dari bakteri ini adalah sifat tahan terhadap asam. Sifat tersebut berkaitan erat dengan susunan dinding selnya yang memiliki kandungan lipid dalam jumlah tinggi.

Dinding sel *Mycobacterium tuberculosis* tersusun atas beberapa komponen, di antaranya asam mikolat, peptidoglikan, arabinogalaktan, dan lipoarabinomanan. Asam mikolat merupakan salah satu komponen yang memberikan karakteristik khas pada genus *Mycobacterium*. Kandungan tersebut menyebabkan dinding sel bakteri mempunyai kemampuan mempertahankan zat warna meskipun telah melalui proses dekolorisasi menggunakan larutan asam. Oleh karena itu, *Mycobacterium tuberculosis* termasuk ke dalam kelompok Bakteri Tahan Asam (BTA) (ZEGA, 2024).



Gambar 1. Struktur Bakteri *M. Tuberculosis* (Britannica, 2025)



Gambar 2. Struktur dinding sel (Jacobo-Delgado et al., 2023)

Mycobacterium tuberculosis merupakan bakteri yang membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya sehingga termasuk bakteri aerob obligat. Bakteri

ini tidak memiliki kemampuan untuk bergerak atau bersifat nonmotil dan mempunyai pertumbuhan yang relatif lambat. Sifat tersebut berkaitan dengan kecenderungannya untuk berkembang pada jaringan yang memiliki kadar oksigen cukup tinggi, termasuk jaringan paru, terutama pada bagian lobus atas. Proses pembelahan atau penggandaan sel *M. tuberculosis* berlangsung sekitar 18 jam. Pertumbuhan bakteri yang lambat juga terlihat pada pemeriksaan kultur, karena koloni yang dapat diamati dari spesimen klinis umumnya baru dapat terdeteksi setelah masa inkubasi sekitar 6–8 minggu (Medika et al., n.d.).

Secara taksonomi, *Mycobacterium tuberculosis* termasuk dalam kelompok bakteri yang berada pada genus *Mycobacterium*. Klasifikasi lengkap bakteri tersebut menurut (Gordon & Parish, 2018) adalah sebagai berikut:

Tingkat Taksonomi	Klasifikasi
Kingdom	<i>Bacteria</i>
Phylum	<i>Actinobacteria</i>
Ordo	<i>Actinomycetales</i>
Subordo	<i>Corynebacterineae</i>
Family	<i>Mycobacteriaceae</i>
Genus	<i>Mycobacterium</i>
Spesies	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>

3. Patogenesis Tuberkulosis Paru

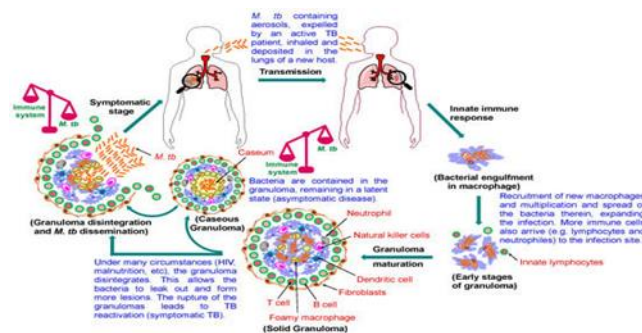
Terjadinya tuberkulosis paru diawali dengan masuknya *Mycobacterium tuberculosis* ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan. Basil yang berada dalam partikel aerosol dapat terhirup oleh individu yang rentan. Setelah mencapai saluran pernapasan bagian bawah, basil dapat masuk hingga ke alveoli

dan menetap pada jaringan tersebut. Bakteri kemudian dapat berkembang biak dan menimbulkan proses infeksi. Selain terbatas pada paru-paru, *M. tuberculosis* juga mempunyai kemampuan untuk menyebar menuju jaringan atau organ lain melalui sistem limfatik maupun cairan tubuh.

Masuknya bakteri ke dalam tubuh akan memicu respons pertahanan dari sistem imun. Sel-sel fagosit berperan dalam menangkap dan menghambat perkembangan basil, sedangkan limfosit yang memiliki respons spesifik terhadap tuberkulosis ikut berperan dalam mengendalikan infeksi. Meskipun respons imun tersebut bertujuan melawan bakteri, proses peradangan yang terjadi juga dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan tubuh yang normal. Reaksi tersebut dapat menyebabkan terbentuknya eksudat di dalam alveoli dan pada kondisi tertentu dapat berkembang menjadi bronkopneumonia.

Infeksi primer dapat berkembang dalam waktu sekitar 2–10 minggu setelah seseorang pertama kali terpapar bakteri. Penularan TB terutama berlangsung melalui udara. Ketika penderita TB batuk, bersin, atau berbicara, partikel kecil yang mengandung basil dapat keluar bersama udara pernapasan. Partikel tersebut dapat berada di lingkungan dan mengalami perubahan akibat kondisi lingkungan, termasuk penguapan oleh panas atau paparan sinar matahari. Dalam keadaan tertentu, partikel yang berada di permukaan dapat kembali tersuspensi ke udara karena adanya pergerakan udara.

Apabila partikel yang mengandung *Mycobacterium tuberculosis* tersebut kemudian terhirup oleh orang lain yang rentan, bakteri dapat masuk ke dalam saluran pernapasan dan menyebabkan terjadinya infeksi. Mekanisme penyebaran penyakit melalui udara tersebut dikenal sebagai airborne infection (Kenedyanti & Sulistyorini, 2017).



Gambar 3. Patogenesis M. Tuberkulosis
(Kenedyanti & Sulistyorini, 2017)

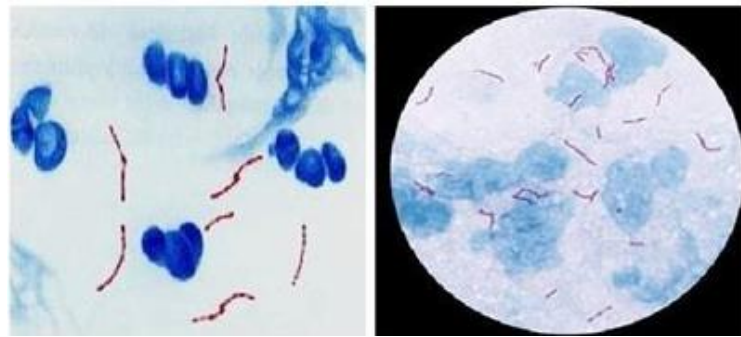
B. Metode Diagnosis Tuberkulosis

1. Metode Pewarnaan Ziehl-Neelsen

Pewarnaan Ziehl–Neelsen merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bakteri tahan asam (BTA) berdasarkan sifat khusus dinding selnya. Dinding sel BTA memiliki struktur yang rapat sehingga zat warna sulit masuk ke dalam sel. Untuk membantu penetrasi zat warna, preparat terlebih dahulu diberi karbol fuchsin sebagai pewarna utama dan dipanaskan. Setelah preparat mengalami pendinginan, karbol fuchsin tetap tertahan di dalam sel bakteri tahan asam. Pada tahap berikutnya dilakukan dekolonisasi menggunakan

asam alkohol. Bakteri tahan asam akan tetap mempertahankan warna karbol fuchsin, sedangkan bakteri yang tidak tahan asam akan kehilangan warna tersebut. Selanjutnya, metilen biru diberikan sebagai pewarna pembanding sehingga bakteri non-BTA akan tampak berwarna biru.

Pada pemeriksaan mikroskopis, BTA dapat dikenali dalam bentuk batang berwarna merah dengan latar belakang biru. Bakteri tersebut umumnya tampak tersusun menyerupai tumpukan kayu, sedangkan bakteri yang tidak memiliki sifat tahan asam akan terlihat berwarna biru. Karakteristik warna dan bentuk tersebut menjadi dasar dalam mengenali keberadaan BTA pada preparat sputum (Ariyani et al., 2019a).



Gambar 3. Mikroskopis Bakteri *M. Tuberculosis*
(Infolabmed, 2025)

Teknik pewarnaan Ziehl–Neelsen memiliki beberapa kelebihan dalam pemeriksaan bakteri tahan asam (BTA). Penggunaan latar belakang berwarna biru terang memberikan kontras yang baik sehingga basil yang berwarna merah dapat terlihat dengan jelas. Selain itu, bahan pereaksi yang digunakan relatif murah dan mudah diperoleh. Pelaksanaan metode ini juga cukup sederhana,

membutuhkan waktu pemeriksaan yang relatif singkat, memiliki ketelitian yang baik, serta tidak memerlukan biaya pemeriksaan yang besar (Anam, 2022).

Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan adalah sputum sewaktu, yaitu sputum yang diperoleh pada saat pasien pertama kali datang dan dikumpulkan sebelum pasien meninggalkan tempat pelayanan. Sputum kemudian ditempatkan dalam pot berulir dan diperiksa dalam waktu kurang dari satu jam. Pemeriksaan BTA dilakukan menggunakan pewarnaan Ziehl–Neelsen (ZN), dengan hasil positif ditandai oleh basil berwarna merah pada latar belakang biru. Proses pemeriksaan dimulai dengan membuat sediaan sputum pada kaca objek dengan cara meratakan sampel secara melingkar, kemudian sediaan dikeringkan pada suhu ruang dan difiksasi menggunakan pemanasan. Setelah itu, preparat ditetesi karbol fuchsin 1% dan dipanaskan hingga mengeluarkan uap. Preparat kemudian dibiarkan hingga dingin, dilanjutkan dengan proses dekolorisasi menggunakan asam alkohol 3% dan pembilasan dengan air. Tahap berikutnya dilakukan pewarnaan tandingan menggunakan metilen biru 0,1%. Setelah seluruh tahapan pewarnaan selesai, preparat diperiksa secara mikroskopis menggunakan perbesaran 1000×. Pembacaan dilakukan pada sekitar 100 lapang pandang dengan waktu pemeriksaan kurang lebih 10 menit (Manual Prosedur AIM Ziehl Neelsen, 2016).

Interpretasi dan pelaporan hasil pemeriksaan BTA berdasarkan metode Ziehl–Neelsen dilakukan sesuai dengan kriteria yang dikemukakan oleh (Ariyani et al. ,2019), yaitu sebagai berikut:

1. Negatif: tidak ditemukan BTA dalam 100 lapang pandang.
2. Scanty: ditemukan 1–9 BTA dalam 100 lapang pandang.
3. Positif 1: ditemukan 10–99 BTA dalam 100 lapang pandang.
4. Positif 2: ditemukan 1–10 BTA dalam 1 lapang pandang.
5. Positif 3: ditemukan lebih dari 10 BTA dalam 1 lapang pandang.

2. Tes Tuberkulin (Mantoux)

Tes kulit tuberkulin merupakan salah satu pemeriksaan yang banyak digunakan untuk mengetahui adanya infeksi tuberkulosis. Pemeriksaan ini relatif sederhana dan memiliki biaya yang cukup terjangkau, sehingga dapat digunakan pada fasilitas pelayanan kesehatan dengan sumber daya yang terbatas. Pelaksanaannya dilakukan dengan menyuntikkan antigen tuberkulin secara intradermal, umumnya pada bagian lengan bawah. Hasil pemeriksaan kemudian dinilai setelah 48–72 jam dengan mengukur diameter indurasi atau pembengkakan yang terbentuk pada area penyuntikan (Agbassi, 2020).

Interpretasi hasil pemeriksaan tes kulit tuberkulin dilakukan berdasarkan ukuran indurasi dan kondisi atau faktor risiko individu. Kriteria interpretasi hasil uji tuberkulin menurut Nayak dan Acharjya (2012) adalah sebagai berikut:

- a. Indurasi ≥ 5 mm

Hasil uji tuberkulin dinyatakan positif pada kelompok berikut:

- 1) Individu yang terinfeksi HIV.
- 2) Individu yang memiliki riwayat kontak dengan pasien tuberkulosis.
- 3) Individu dengan gambaran perubahan fibrotik pada hasil foto rontgen paru yang menunjukkan adanya riwayat penyakit tuberkulosis sebelumnya.
- 4) Pasien yang pernah menjalani transplantasi organ.
- 5) Individu dengan kondisi sistem kekebalan tubuh yang rendah, termasuk akibat penggunaan prednison dalam jangka panjang pada dosis tertentu.

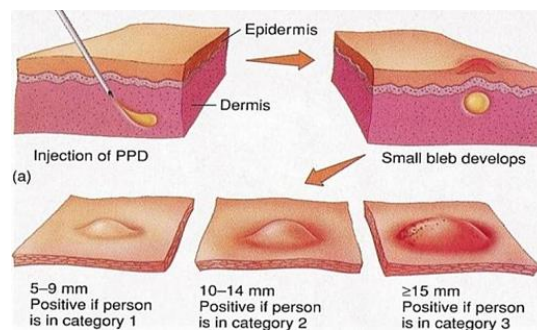
b. Indurasi ≥ 10 mm

Hasil uji tuberkulin dinyatakan positif pada kelompok berikut:

- 1) Individu yang baru menetap di suatu wilayah dan sebelumnya berasal dari negara dengan prevalensi tuberkulosis yang tinggi, khususnya dalam kurun waktu kurang dari 5 tahun.
- 2) Individu yang menggunakan narkoba melalui suntikan.
- 3) Penghuni maupun pekerja pada lingkungan yang padat dan memiliki risiko tinggi terhadap penularan tuberkulosis.
- 4) Pekerja laboratorium yang berpotensi terpapar bakteri tuberkulosis.
- 5) Individu dengan kondisi klinis tertentu yang menyebabkan risiko terkena tuberkulosis menjadi lebih tinggi.
- 6) Anak berusia kurang dari 4 tahun.
- 7) Balita, anak-anak, maupun orang dewasa yang memiliki riwayat paparan dengan orang dewasa yang termasuk kelompok berisiko tinggi.

c. Indurasi > 15 mm

Indurasi lebih dari 15 mm dianggap sebagai hasil positif pada semua individu, termasuk mereka yang tidak termasuk dalam kelompok berisiko tuberkulosis. Meskipun demikian, pemeriksaan Mantoux pada umumnya dilakukan pada individu yang termasuk kelompok dengan risiko tinggi.



Gambar 4. Interpretasi hasil uji Tuberkulin

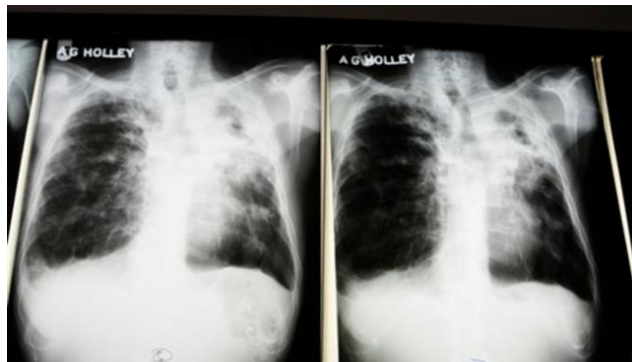
Sumber : (Razi Brown, 2020)

3. Rontgen Thoraks (X-ray Dada)

Rontgen dada merupakan pemeriksaan pencitraan yang digunakan untuk mengetahui kondisi dan kelainan pada paru-paru. Pada hasil pemeriksaan, jaringan paru yang berisi udara umumnya tampak lebih gelap, sedangkan adanya kelainan dapat terlihat sebagai bayangan atau bercak dengan warna abu-abu hingga putih. Meskipun demikian, gambaran tersebut tidak secara khusus menunjukkan tuberkulosis karena beberapa penyakit paru lainnya, seperti pneumonia, dapat memberikan gambaran yang serupa. Oleh karena itu, diperlukan pemeriksaan lain untuk membantu memastikan diagnosis. Pada pasien dengan HIV/AIDS, gambaran tuberkulosis pada rontgen dada juga dapat

terlihat tidak khas sehingga pemeriksaan rontgen saja memiliki keterbatasan dalam memastikan keberadaan TB (Agbassi, 2020).

Pemeriksaan rontgen dada dapat dilakukan menggunakan sistem konvensional dengan film maupun menggunakan teknologi digital. Dibandingkan metode konvensional, rontgen digital memiliki beberapa kelebihan, seperti penggunaan dosis radiasi yang lebih rendah, kualitas gambar dan kontras yang dapat disesuaikan, serta tidak membutuhkan film dalam proses pemeriksaan. Hasil pemeriksaan digital juga dapat diintegrasikan dengan sistem komputer. Salah satu penerapannya adalah Computer-Aided Detection (CAD) berbasis kecerdasan buatan yang dapat membantu mengidentifikasi kelainan pada paru secara otomatis. Teknologi tersebut dapat memberikan manfaat khususnya pada fasilitas kesehatan yang memiliki keterbatasan tenaga radiologi (Agbassi, 2020).



Gambar 5. Foto rontgen (X-Ray) pasien tuberkulosis (TB)

Sumber : (VOA Indonesia, 2013)

4. Tes Cepat Molekuler (TCM)

Tes Cepat Molekuler (TCM) merupakan salah satu metode pemeriksaan tuberkulosis yang menggunakan alat GeneXpert dengan kartrid Xpert MTB/RIF Ultra. Pemeriksaan ini bekerja dengan mendeteksi DNA *Mycobacterium tuberculosis* sekaligus mengidentifikasi kemungkinan adanya resistensi terhadap rifampisin. Proses deteksi dilakukan menggunakan teknologi Polymerase Chain Reaction (PCR), sehingga keberadaan materi genetik bakteri dapat diketahui dalam waktu yang relatif singkat.

Dibandingkan dengan pemeriksaan mikroskopis, TCM GeneXpert memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi sehingga hasilnya dapat mendekati pemeriksaan kultur. Selain mendeteksi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis*, pemeriksaan ini dapat memberikan informasi mengenai perkiraan jumlah bakteri serta kemungkinan resistensi terhadap obat antituberkulosis. Pemeriksaan dapat dilakukan menggunakan spesimen sputum maupun spesimen non-sputum sesuai dengan jenis dan kondisi pasien (Kemenkes, 2023).



Gambar 6. Alat TCM GeneXpert

Sumber : (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2023)

C. Tes Cepat Molekuler (TCM)

Dalam penelitian ini, Tes Cepat Molekuler (TCM) merupakan pemeriksaan utama yang digunakan untuk menggambarkan pelaksanaan diagnosis tuberkulosis (TB) paru di Puskesmas Kualin. Pemanfaatan TCM mengikuti alur pelayanan TB yang diterapkan di fasilitas tersebut. Kajian tidak hanya berfokus pada hasil pemeriksaan, tetapi juga melihat pelaksanaan pelayanan secara keseluruhan, meliputi tingkat pemanfaatan TCM, ketersediaan dan penggunaan alat, kemampuan petugas dalam melakukan pemeriksaan, serta berbagai faktor yang dapat mendukung maupun menghambat pelaksanaan pemeriksaan di fasilitas pelayanan kesehatan.

Rahman dkk. (2021) dalam Reinaldo et al. (n.d.) menyatakan bahwa teknologi GeneXpert memberikan kemudahan dalam mendeteksi kuman TB secara cepat sekaligus mengidentifikasi kemungkinan resistensi terhadap rifampisin. Kecepatan pemeriksaan memungkinkan pasien memperoleh penanganan yang sesuai lebih awal sehingga dapat mendukung upaya pengendalian kasus TB. Hasil pemeriksaan dapat diperoleh dalam waktu sekitar dua jam dan teknologi ini tetap dapat digunakan pada kondisi jumlah sputum yang diperiksa terbatas. Selain itu, GeneXpert 10-Color dengan kartrid Xpert MTB/XDR dapat digunakan untuk mendeteksi resistensi terhadap beberapa obat antituberkulosis lainnya, antara lain isoniazid, fluorokuinolon, obat suntik lini kedua, dan ethionamide (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Berdasarkan Surat Edaran Direktorat Jenderal P2P Nomor HK.02.02/III.I/936/2021, TCM ditetapkan sebagai salah satu metode utama dalam diagnosis TB di Indonesia. GeneXpert mampu mendeteksi DNA kuman TB dan memberikan perkiraan jumlah kuman serta informasi mengenai resistensi terhadap obat antituberkulosis. Pemeriksaan dapat dilakukan menggunakan spesimen sputum maupun spesimen non-sputum sesuai dengan kondisi pasien. Meskipun memiliki kemampuan tersebut, TCM tidak digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan atau perkembangan pengobatan TB. Pemeriksaan ini terutama digunakan dalam proses penegakan diagnosis awal (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023). Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023), berdasarkan prinsip pemeriksaannya, TCM GeneXpert dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. TCM GeneXpert dengan Xpert MTB/RIF

Xpert MTB/RIF merupakan pemeriksaan molekuler untuk mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* melalui materi genetiknya menggunakan teknologi real-time Polymerase Chain Reaction (PCR). Pemeriksaan ini menargetkan bagian tertentu dari gen *rpoB* yang berkaitan dengan resistensi terhadap rifampisin.

Seluruh proses pemeriksaan dilakukan secara otomatis oleh sistem GeneXpert, mulai dari tahap pengolahan spesimen, amplifikasi DNA, hingga pembacaan hasil. Pelaksanaannya menggunakan rangkaian perangkat yang terdiri atas alat GeneXpert, komputer, dan perangkat lunak pendukung. Sistem

tersebut memungkinkan proses pemeriksaan berlangsung secara praktis dan hasil dapat diperoleh dalam waktu yang relatif singkat.

2. TCM GeneXpert dengan Xpert MTB/RIF Ultra Xpert

Xpert MTB/RIF Ultra merupakan pengembangan pemeriksaan molekuler yang digunakan untuk mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* sekaligus mengidentifikasi resistensi terhadap rifampisin melalui metode real-time PCR. Dibandingkan dengan Xpert MTB/RIF, versi Ultra memiliki sensitivitas yang lebih tinggi sehingga dapat mendeteksi jumlah kuman yang lebih rendah. Waktu pemeriksaannya juga relatif singkat, yaitu kurang lebih 80 menit.

Kartrid Xpert MTB/RIF Ultra memiliki ruang reaksi dengan kapasitas sekitar 50 μ L. Kapasitas tersebut memungkinkan proses amplifikasi DNA berlangsung lebih optimal ketika jumlah materi genetik kuman dalam spesimen sangat sedikit, sehingga dapat mendukung peningkatan kemampuan deteksi pemeriksaan.

3. TCM GeneXpert dengan Xpert MTB/XDR

Xpert MTB/XDR merupakan pemeriksaan lanjutan yang digunakan pada pasien dengan TB yang telah diketahui resisten terhadap rifampisin atau pasien dengan riwayat pengobatan TB sebelumnya. Pemeriksaan ini menggunakan metode Nested Real-Time PCR untuk mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* sekaligus mengidentifikasi resistensi terhadap beberapa obat antituberkulosis.

Kartrid Xpert MTB/XDR memiliki 10 target atau penanda molekuler yang dapat digunakan untuk mendeteksi resistensi terhadap sejumlah obat, baik obat lini pertama maupun lini kedua. Obat yang dapat dinilai antara lain isoniazid (INH), ethionamide, fluorokuinolon, dan obat suntik lini kedua. Sistem pemeriksaan juga dilengkapi dengan kontrol internal pada kartrid, sehingga pengendalian proses pemeriksaan dapat dilakukan secara otomatis tanpa memerlukan kontrol tambahan dari luar (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023).



Gambar 7. Kartrid Xpert MTB/RIF Ultra

Sumber : (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023)



Gambar 8. Contoh interpretasi hasil MTB Detected

Sumber : (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2015)

Kemampuan Tes Cepat Molekuler (TCM) dalam mendeteksi tuberkulosis (TB) paru dinilai lebih unggul dibandingkan pemeriksaan mikroskopis. Hal tersebut didukung oleh penelitian Latifah dan Atikasari (2021) yang membandingkan pemeriksaan TCM dengan pemeriksaan dahak BTA dan kultur. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa TCM memberikan kinerja pemeriksaan yang lebih baik. Salah satu kelebihan TCM adalah kemampuannya mendeteksi DNA *Mycobacterium tuberculosis* meskipun jumlah materi genetik yang terdapat dalam sampel sangat sedikit, serta memberikan informasi mengenai kemungkinan resistensi terhadap rifampisin dalam satu kali pemeriksaan. Sementara itu, pemeriksaan mikroskopis BTA lebih rentan terhadap kesalahan teknis, misalnya akibat pembuatan preparat yang kurang tepat, ketebalan sediaan yang tidak merata, kebersihan kaca objek yang kurang baik, maupun kesalahan dalam proses pewarnaan. Kondisi tersebut dapat memengaruhi hasil pemeriksaan dan menyebabkan terjadinya negatif palsu atau kesalahan dalam interpretasi. Oleh karena itu, TCM dapat menjadi metode yang lebih andal dalam membantu penegakan diagnosis TB paru.

Di samping kelebihanannya, pemeriksaan TCM Xpert MTB/RIF juga mempunyai beberapa keterbatasan. Pemeriksaan ini tidak ditujukan untuk menilai respons atau keberhasilan terapi TB. Hasil TCM yang negatif juga belum dapat sepenuhnya menyingkirkan kemungkinan adanya TB, sehingga pemeriksaan tambahan, termasuk kultur, dapat tetap diperlukan. Sebaliknya,

hasil positif menunjukkan adanya DNA *Mycobacterium tuberculosis*, tetapi tidak dapat memastikan bahwa bakteri yang terdeteksi masih dalam keadaan hidup. Keakuratan hasil pemeriksaan dapat dipengaruhi oleh jumlah kuman dalam spesimen, proses pengambilan dan penyimpanan sputum, serta ketepatan petugas dalam melaksanakan prosedur pemeriksaan. Oleh sebab itu, hasil TCM perlu dipertimbangkan bersama kondisi klinis, gejala, riwayat penyakit, dan hasil pemeriksaan penunjang lainnya. Faktor yang berpotensi mengganggu proses pemeriksaan juga perlu diperhatikan ketika melakukan interpretasi hasil (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2015).