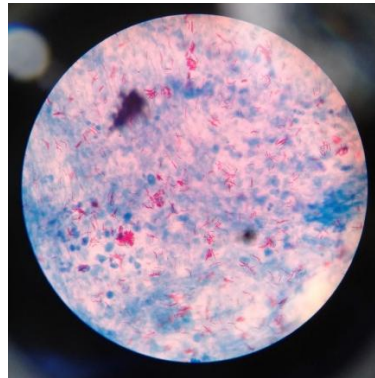


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. *Mycobacterium tuberculosis*

Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* tidak berkapsul, berbentuk batang lurus atau sedikit melengkung. Bakteri ini memiliki lebar 0,3-0,6 μm dan panjang 1-4 μm . Dinding sel *M. tuberculosis* sangat kompleks dan terdiri dari lapisan lemak cukup tinggi (60%). Asam mikolat, lilin kompleks (*complex-waxes*), trehalosa dimikolat yang disebut dengan faktor ikat, dan mycobacterial sulfolipids adalah komponen utama dinding sel *M. tuberculosis* yang bertanggung jawab atas penyebaran infeksi (Pimpunan Dokter Paru Indonesia, 2021).



Gambar 1 Bakteri Tuberkulosis dalam pewarnaan Ziehl Neelsen

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Klasifikasi *Mycobacterium tuberculosis* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Actinobacteria
Kelas	: Actinobacteria
Ordo	: Actinomycetales
Subordo	: Corinebacterineae
Family	: Mycobacteriaceae
Genus	: Mycobacterium
Spesies	: <i>Mycobacterium tuberculosis</i>

B. Tuberkulosis

Robert Koch pertama kali menemukan *Mycobacterium tuberculosis* pada tahun 1882. Namun, tuberkulosis tetap menjadi salah satu penyebab utama kematian di seluruh serta termasuk salah satu penyakit menular tertua yang pernah tercatat. (Sari *et al.*, 2025).

Karena kasus TB terus meningkat setiap tahunnya, penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* ini dianggap sebagai ancaman besar bagi kesehatan global. Penyakit ini menyebar melalui udara dari individu yang terinfeksi bakteri tuberkulosis yang dikeluarkan saat orang tersebut berbicara, batuk, atau bersin. Bakteri ini biasanya masuk ke parenkim paru dan menyebabkan tuberkulosis paru. Namun, bakteri ini juga dapat menginfeksi tulang, pleura, kelenjar getah bening dan organ ekstraparu lainnya (Elfa Lusbis *et al.*, 2025).

Penyakit Tuberkulosis (TB) disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, yang menyebar ketika seseorang yang terinfeksi TB mengeluarkan bakteri di udara (misalnya, saat batuk). Sekitar 25% populasi dunia diperkirakan telah terinfeksi TB. Setelah seseorang terpapar bakteri tuberkulosis (TB), risiko terbesar untuk mengembangkan penyakit TB aktif adalah dalam dua tahun pertama setelah terinfeksi. Pada periode ini, sekitar 5% orang yang terinfeksi akan mengembangkan penyakit TB. Setelah dua tahun pertama, risiko ini menurun secara signifikan. Selain itu, beberapa orang memiliki sistem kekebalan tubuh yang mampu membersihkan atau mengendalikan infeksi TB, sehingga mereka tidak akan pernah mengembangkan penyakit TB aktif. Dengan kata lain, tidak semua orang yang terinfeksi TB akan sakit. Sekitar 90% dari semua kasus TB di seluruh dunia setiap tahun terjadi pada orang dewasa, dan lebih banyak pria daripada wanita yang terinfeksi TB setiap tahun. Penyakit ini biasanya melibatkan paru-paru (TB paru), tetapi dapat juga melibatkan bagian tubuh lainnya (WHO, 2024).

1. Penularan

Sumber infeksi adalah pasien tuberkulosis, termasuk mereka yang memiliki dahak positif untuk basil tuberkulosis. Pasien mengeluarkan droplet infeksius dari batuk, bersin, dan berbicara dalam bentuk percikan dahak halus (*droplet nuclei*) ber diameter 1-5 mikron, yang dapat tetap tertahan di udara selama

berjam-jam. Penularan dapat terjadi melalui pernapasan yang menghirup droplet yang mengandung agen infeksius (Sari *et al.*, 2025).

Faktor risiko TB berkaitan dengan seberapa banyak atau konsentrasi *Mycobacterium tuberculosis* yang dihirup, lama infeksi, usia, kekuatan sistem kekebalan tubuh, dan apakah ada mengidap HIV. Berbagai manifestasi TB paru yang meningkatkan daya tular yaitu batuk terus-menerus, dahak positif (BTA+), kavitas, pelanggaran etika batuk (yaitu tidak menutup mulut atau hidung saat batuk dan bersin), serta tidak mengonsumsi obat antituberkulosis (OAT). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penularan tuberkulosis meliputi frekuensi dan durasi paparan, ventilasi yang buruk, paparan terhadap pasien yang belum didiagnosis dan diobati, serta kondisi bakteriologis sumber penularan TB (Sari *et al.*, 2025).

2. Gejala dan Tanda Klinis

TB adalah manifestasi dari bakteri yang berkembang biak di dalam tubuh dan menyerang banyak organ. Gejala TB bisa sangat ringan dan berlangsung lama sehingga banyak orang tanpa sadar menularkan TB kepada orang lain. Beberapa individu dengan TB tidak menunjukkan gejala sama sekali. Organ yang sering terpengaruh meliputi ginjal, otak, tulang belakang, paru-paru, dan kulit, namun gejala dan tanda tergantung pada organ yang terlibat. Gejala TB meliputi batuk berkepanjangan, batuk disertai darah, nyeri dada, kelelahan, penurunan berat badan, keringat malam, dan demam (WHO, 2025).

Berdasarkan pedoman nasional pengelolaan tuberkulosis (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020), TB dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. TB terduga adalah orang yang memiliki gejala klinis yang mengindikasikan TB sebagai diagnosis yang paling mungkin.
- b. TB terkonfirmasi adalah pasien yang telah dikonfirmasi secara mikrobiologis (+) untuk bakteri dalam tes (sputum, cairan tubuh, jaringan) melalui pemeriksaan mikroskopis, kultur, atau tes TCM. Pasien-pasien ini akan diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok: pasien

TB paru, pasien TB paru dengan hasil kultur, dan pasien TB paru dengan hasil tes cepat.

3. Diagnosis Laboratorium

a. Metode kultur/biakan

Uji kultur adalah metode diagnosis TB yang paling tepat dan akurat dan masih tetap dianggap sebagai “standar emas”. Selain mendiagnosis TB, uji kultur digunakan untuk mendeteksi resistensi terhadap obat anti-TB. Uji kultur juga digunakan sebagai tes konfirmasi ketika seseorang memiliki risiko awal yang rendah untuk menderita TB. Dimana seseorang tidak menunjukkan gejala yang jelas atau tidak memiliki riwayat kontak dengan penderita TB, tetapi hasil tes lain menunjukkan kemungkinan adanya infeksi. Setelah diagnosis ditegakkan, kultur atau hapusan langsung diperlukan untuk memantau respon tubuh pasien terhadap pengobatan (WHO, 2024).

Mycobacterium tuberculosis adalah bakteri yang tumbuh lambat, membutuhkan waktu tujuh hari sampai enam minggu untuk membentuk koloni yang dapat terlihat di media padat. Media padat yang digunakan untuk menumbuhkan *Mycobacterium tuberculosis* adalah media Löwenstein-Jensen (LJ), yang pertama kali dijelaskan oleh Ernest Löwenstein pada tahun 1931 dan kemudian dimodifikasi oleh Kai Adolf Jensen pada tahun 1932. Media LJ merupakan media berbasis telur yang umum digunakan untuk menumbuhkan bakteri ini. Kultur yang diinokulasi pada media LJ akan tampak berwarna coklat dengan koloni granular, kasar, dan keras (Bartolomeu-Gonçalves *et al.*, 2024).

b. Metode Mikroskopis

Mikroskopis hapusan langsung adalah metode pemeriksaan dahak yang umum digunakan untuk mendiagnosis tuberkulosis paru aktif (PTB). Cara kerjanya adalah dengan mencari basil tahan asam (BTA) pada dahak pasien menggunakan pewarnaan khusus, yaitu pewarnaan Ziehl-Neelsen (menggunakan pemanasan) atau Kinyoun (tanpa pemanasan). Pewarnaan

ini memungkinkan bakteri TB terlihat di bawah mikroskop karena karbol fuchsin yang digunakan akan berikatan dengan asam mikolat yang ada pada dinding sel bakteri TB (Bartolomeu-Gonçalves *et al.*, 2024).

Namun, mikroskopis apusan dahak memiliki beberapa keterbatasan. Meskipun biayanya relatif murah, metode ini seringkali kurang akurat dalam memperkirakan jumlah BTA yang ada dalam dahak. Sensitivitasnya juga bervariasi, berkisar antara 32% hingga 89%, yang berarti ada kemungkinan hasil negatif palsu (pasien sebenarnya sakit TB tetapi hasil pemeriksaannya negatif). Selain itu, hapusan langsung tidak dapat membedakan antara BTA yang masih hidup dan yang sudah mati, bakteri yang masih sensitif terhadap obat dan yang sudah resisten, serta tidak dapat membedakan *M. tuberculosis* dari jenis mikobakteria lainnya. Tingkat akurasi hapusan langsung juga menurun jika jumlah bakteri dalam dahak sangat sedikit, yaitu kurang dari 10.000 bakteri per mililiter dahak. Dengan kata lain, jika jumlah bakteri TB dalam dahak pasien sedikit, kemungkinan terdeteksi oleh metode hapusan langsung menjadi lebih kecil (Bartolomeu-Gonçalves *et al.*, 2024).

c. Tes Cepat Molekuler

Tes Xpert MTB/RIF adalah tes yang lebih sensitif dibandingkan mikroskopis dahak dalam mendeteksi TB, dengan tingkat akurasi yang sebanding dengan kultur. Dibandingkan dengan mikroskopis dahak, metode tradisional yang lebih umum, Xpert memiliki beberapa keunggulan yang signifikan. Pertama, Xpert lebih sensitif, yang berarti lebih baik dalam mendeteksi bakteri TB, bahkan jika jumlahnya sedikit. Tingkat akurasinya pun setara dengan metode kultur, yang selama ini dianggap sebagai standar emas diagnosis TB (Bartolomeu-Gonçalves *et al.*, 2024).

Diagnosis tuberkulosis (TB) di negara berkembang seringkali masih mengandalkan deteksi basil tahan asam (BTA) melalui mikroskopis dahak dengan pewarnaan Ziehl-Neelsen (ZN). Metode ini, meskipun terjangkau, memiliki keterbatasan signifikan. Interpretasi hasil yang bergantung pada keahlian petugas laboratorium, efektivitas yang terbatas pada kasus dengan

beban bakteri tinggi, dan potensi hasil negatif palsu akibat sensitivitas yang rendah (berkisar antara 6% hingga 80%) menjadi kendala utama (Alao, Ibrahim and Ogunbosi, 2022).

Sebagai alternatif, tes molekuler cepat seperti Xpert MTB/RIF menawarkan peningkatan signifikan dalam diagnosis TB. Dengan sensitivitas mencapai 98,6% untuk *Mycobacterium tuberculosis* (MTB), Xpert MTB/RIF secara substansial mengurangi waktu tunggu hasil menjadi 2 jam dibandingkan dengan mikroskopis dahak (3 hari) atau kultur Lowenstein-Jensen (6 minggu). Selain itu, tes ini mampu mendeteksi resistensi terhadap rifampisin, obat lini pertama dalam pengobatan TB (Putri and Hartono, 2024).

Berdasarkan keunggulan tersebut, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan Xpert MTB/RIF sebagai modalitas diagnostik pilihan untuk TB. Teknologi amplifikasi asam nukleat (NAAT) yang mendasari Xpert MTB/RIF memberikan sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi. Meskipun biaya tes Xpert MTB/RIF lebih tinggi dibandingkan dengan mikroskopis dahak, deteksi dini dan akurat yang difasilitasi oleh tes ini berpotensi mengurangi biaya perawatan jangka panjang, terutama melalui pengurangan kebutuhan rawat inap (Putri and Hartono, 2024).

4. Pengobatan

Program penanggulangan TB perlu diselenggarakan secara terpadu dan optimal, mulai dari upaya pencegahan, deteksi secara dini, hingga pelaksanaan terapi. Terapi merupakan langkah yang paling efektif untuk menghambat perkembangbiakan bakteri penyebab TB. Pemberian pengobatan yang tidak sesuai standar berisiko menimbulkan tuberkulosis paru resistan obat (DR-TB). Obat antituberkulosis lini pertama yang digunakan meliputi Isoniazid, Rifampisin, Pirazinamid (Pyrazinamide), dan Etambutol (Ethambutol). Apabila terapi dijalankan secara adekuat dan teratur, infeksi dapat dikendalikan sehingga proses penyembuhan berlangsung lebih cepat. (Sari *et al.*, 2025).

Tuberkulosis sensitif obat (TB-SO) diberikan terapi selama enam bulan dengan pemberian obat setiap hari. Pada fase awal pengobatan, seluruh pasien

memperoleh kombinasi Isoniazid (H), Rifampisin (R), Pirazinamid (Pyrazinamide) (Z), dan Etambutol (Ethambutol) (E) setiap hari selama dua bulan, kemudian terapi dilanjutkan pada fase berikutnya dengan Isoniazid (H) dan Rifampisin (R) saja selama empat bulan. Regimen tersebut juga diterapkan pada penatalaksanaan TB paru, TB ekstra paru, TB pada pasien dengan HIV/AIDS, serta TB pada pasien diabetes melitus. Obat Anti-TB (OAT) untuk TB-SO harus dikonsumsi sesuai dosis yang ditentukan berdasarkan berat badan pasien dan mengikuti anjuran dokter. Tenaga kesehatan perlu memberikan edukasi kepada pasien beserta keluarganya bahwa selama menjalani terapi diperlukan pemantauan melalui pemeriksaan laboratorium. Selain itu, evaluasi keberhasilan pengobatan dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan mikroskopis atau pemeriksaan dahak pada bulan ke-2, bulan ke-5, dan pada akhir masa pengobatan. (Sari *et al.*, 2025).

Di Indonesia, pengobatan untuk TB resisten obat (TB-RO) melibatkan beberapa regimen, termasuk pengobatan selama 6 bulan (kombinasi BpaLM, BpaL, dan pengobatan monoresisten INH), pengobatan selama 9 bulan (kombinasi etionamid dan varian linezolid), serta pengobatan jangka panjang selama 18 hingga 20 bulan (Sari *et al.*, 2025). Deteksi MDR-TB didasarkan pada konfirmasi bakteriologis dan identifikasi resistensi obat menggunakan TCM atau kultur sesuai dengan rekomendasi WHO (WHO, 2025).

5. Pencegahan

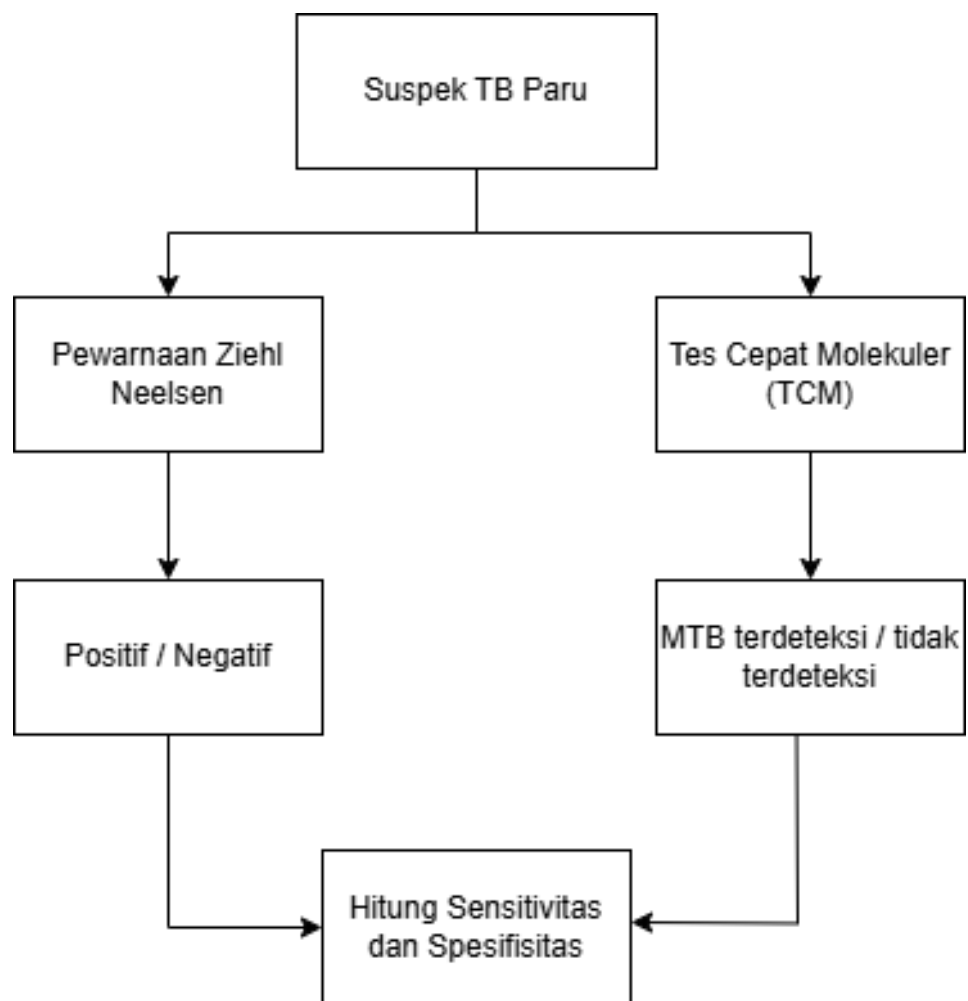
Berikut adalah beberapa langkah pencegahan penularan dan penyebaran TB (Sari *et al.*, 2025) :

- a. Apabila mengalami keluhan seperti batuk yang berlangsung lama, demam, serta penurunan berat badan, segera periksakan diri ke fasilitas pelayanan kesehatan memperoleh diagnosis dan penanganan sedini mungkin sehingga penyebaran penyakit dapat dicegah serta peluang kesembuhan meningkat.
- b. Pemeriksaan TB dianjurkan bagi kelompok yang memiliki risiko tinggi, termasuk orang yang hidup dengan HIV serta individu yang mengalami

paparan dalam waktu lama dengan penderita TB aktif, baik di lingkungan rumah maupun tempat kerja.

- c. Penerapan terapi Pencegahan TB (TPT) perlu dilakukan untuk mengurangi risiko berkembangnya infeksi menjadi penyakit TB aktif.
- d. Pasien TB diharapkan menerapkan etika batuk dan bersin dengan benar serta menjaga kebersihan diri, termasuk membatasi kontak dengan orang lain ketika batuk atau bersin dengan menutup hidung dan mulut.
- e. Pemberian vaksin TB, seperti vaksin BCG pada bayi, dapat menurunkan risiko terjadinya TB paru berat pada anak, meskipun belum mampu memberikan perlindungan sepenuhnya terhadap infeksi TB. Saat ini, vaksin BCG untuk anak masih terdedia, dan vaksin TB untuk orang dewasa juga telah tersedia.
- f. Ventilasi, penggunaan alat pelindung diri (misalnya, respirator), dan langkah-langkah lain untuk mencegah penularan TB di fasilitas kesehatan dan komunitas sangat penting (WHO, 2025).

C. Kerangka Konsep



Gambar 2 Kerangka Konsep