

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

1. Penelitian terkait

Penelitian ini disusun dengan mengkaji hasil-hasil studi sebelumnya sebagai bahan perbandingan untuk melihat keunggulan dan kelemahannya. Selain itu, berbagai referensi berupa buku maupun skripsi juga digunakan untuk mendapatkan teori-teori yang relevan, sehingga dapat memperkuat landasan ilmiah sesuai judul yang dipilih.

- a. Penelitian yang dilakukan Rahmah, L *et al* pada tahun 2014 yang berjudul “Ketepatan Pemeriksaan BTA Apusan Langsung dan Metode Konsentrasi dengan Kultur Dalam Mendiagnosis Tuberkulosis Paru Di Medan”. Hasil penelitian tersebut nilai sensitifitas metode konsentrasi lebih tinggi daripada apusan langsung yaitu 58,38% dan 68,75%
- b. Penelitian yang dilakukan oleh Siregar, *et al* pada tahun 2017 dengan judul “Efektivitas Variasi Garam Salmiak (NH₄Cl) dan Sentrifugasi Pada Pemeriksaan Basil Tahan Asam Penderita Tuberculosis. Kesimpulan penelitiannya adalah terdapat keefektifan variasi konsentrasi, kecepatan waktu sentrifugasi pada pemeriksaan BTA penderita TBC”. Kombinasi perlakuan yang paling efektif dalam

pemeriksaan BTA pada pasien TBC adalah penggunaan garam salmiak 2% dengan kecepatan sentrifugasi 5000 rpm selama 15 menit.

2. Pengertian TBC

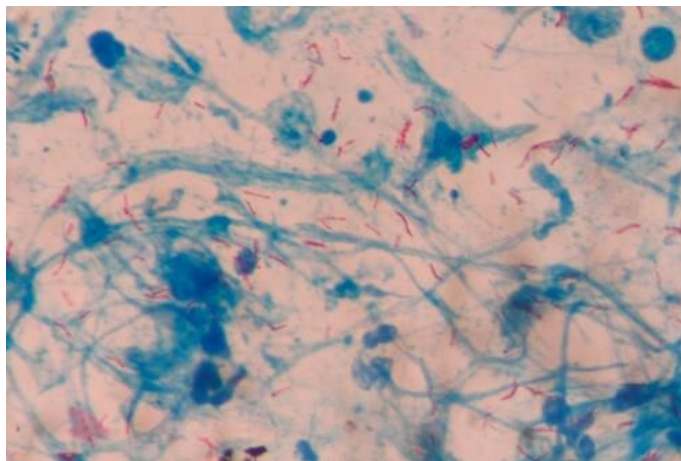
Tuberkulosis (TBC) merupakan penyakit menular kronis yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, yaitu basil berbentuk batang yang bersifat tahan asam. Bakteri ini terutama menyerang jaringan paru (parenkim) sehingga menimbulkan TBC paru, tetapi juga dapat menyebar ke organ lain di luar paru atau dikenal sebagai TBC ekstra paru, misalnya pada pleura, kelenjar getah bening, tulang, sendi, ginjal, maupun sistem saraf pusat (Kemenkes, 2020)

Tuberkulosis merupakan penyakit yang sebenarnya dapat dicegah, namun proses diagnosis, pengobatan, dan pencegahannya masih menjadi tantangan. TBC merupakan salah satu penyakit infeksi paling umum yang menyerang manusia dan telah ada sejak ribuan tahun lalu. Pada tahun 2022, penyakit ini menyebabkan sekitar 1,3 juta kematian secara global dan masih menjadi penyebab kematian utama pada individu yang hidup dengan HIV (Tobin *et al.*, 2024).

Tuberkulosis di Indonesia masih menjadi tantangan besar dalam bidang kesehatan masyarakat. Menurut *Global TB Report 2024*, Indonesia menempati urutan kedua dengan jumlah kasus TBC tertinggi di dunia, setelah India. Setiap tahunnya, diperkirakan ada sekitar 1.090.000 kasus TBC dan 125.000 kematian akibat penyakit ini, setara dengan kurang lebih 14 kematian per jam. Pada tahun 2024, tercatat sekitar 885 ribu kasus TBC

yang terdeteksi. Data tersebut menunjukkan pentingnya peningkatan upaya pencegahan dan penanganan TBC secara menyeluruh di seluruh wilayah Indonesia (Kementerian Kesehatan Indonesia, 2025).

Mycobacterium adalah bakteri aerob yang tidak membentuk spora, tidak memiliki kemampuan bergerak (non-motil), serta memiliki bentuk batang yang lurus atau sedikit melengkung dengan ukuran sangat kecil, sekitar $0,2-0,6 \times 1-10 \mu\text{m}$. Bakteri ini memiliki struktur dinding sel yang unik, mengandung *N-glycolylmuramic acid* serta kadar lipid yang sangat tinggi. Salah satu ciri khasnya adalah kemampuannya bertahan terhadap zat asam, sehingga sering disebut sebagai basil tahan asam (BTA). *Mycobacterium* juga dikenal karena laju pertumbuhannya yang lambat dibandingkan dengan patogen lain, dengan waktu generasi atau pembelahan sel sekitar 20 hingga 36 jam. (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2022).



Gambar 2.1 Pewarnaan Ziehl Neelsen pada *Mycobacterium tuberculosis*
(<https://www.thermofisher.com>)

3. Etiologi dan Transmisi TBC

Terdapat lima spesies bakteri yang berhubungan erat dengan penyakit tuberkulosis, yaitu *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium africanum*, *Mycobacterium microti*, serta *Mycobacterium canettii*. Di antara kelima, *Mycobacterium tuberculosis* merupakan penyebab utama sekaligus yang paling sering ditemukan, dengan kemampuan menular antarindividu melalui droplet di udara.

Tidak ada hewan yang diketahui berperan sebagai perantara penularan *Mycobacterium tuberculosis*. Namun, *Mycobacterium bovis* mampu bertahan hidup dalam susu dari sapi yang terinfeksi, dan dapat menembus mukosa saluran pencernaan serta menyebar ke jaringan limfatik orofaring saat susu tersebut dikonsumsi. Kasus infeksi *M. bovis* pada manusia telah menurun secara signifikan di berbagai negara berkembang, yang sebagian besar disebabkan oleh penerapan proses pasteurisasi susu serta implementasi strategi pengendalian TBC yang efektif pada hewan ternak. Sementara itu, penularan ke spesies lain tergolong jarang terjadi.

Penularan tuberkulosis biasanya berlangsung dari manusia ke manusia melalui udara, terutama lewat percikan partikel halus atau *droplet nuclei* (<5 mikron) yang keluar saat penderita TBC paru maupun laring batuk, bersin, atau berbicara. Partikel infeksius ini juga bisa terbentuk selama tindakan medis yang menimbulkan aerosol, misalnya saat induksi

dahak, bronkoskopi, atau pengolahan jaringan terkontaminasi di laboratorium. *Droplet nuclei* berukuran 1–5 μm mampu membawa 1–5 kuman TBC, memiliki tingkat infektivitas tinggi, serta dapat bertahan melayang di udara hingga empat jam. Karena ukurannya sangat kecil, partikel tersebut bisa masuk ke alveoli paru dan menjadi tempat berkembangnya bakteri

Ada 3 faktor yang menentukan transmisi bakteri TBC :

- a. Banyaknya mikroorganisme yang dilepaskan ke lingkungan udara.
- b. Tingkat konsentrasi organisme di udara, yang dipengaruhi oleh kapasitas ruang serta sistem ventilasi.
- c. Durasi paparan seseorang saat menghirup udara yang sudah terkontaminasi.

Satu kali batuk dapat menghasilkan sekitar 3.000 percik renik (droplet), sedangkan bersin mampu melepaskan hingga satu juta partikel. Untuk memicu terjadinya infeksi tuberkulosis, cukup 1–10 basil saja. Risiko penularan tertinggi berasal dari pasien dengan pemeriksaan dahak positif, khususnya pada kategori 3+, yang menunjukkan tingkat infektivitas paling besar. Sebaliknya, pasien dengan hasil pemeriksaan sputum negatif biasanya memiliki kemungkinan penularan yang rendah. Kasus TBC yang terjadi di luar paru (TBC ekstra paru) umumnya tidak menular, kecuali jika penderita juga menderita TBC paru secara bersamaan. Sementara itu, individu dengan infeksi TBC laten tidak dapat menularkan penyakit karena kuman belum aktif berkembang biak maupun menyebar ke orang lain.

Penularan TBC lebih sering terjadi di ruangan tertutup yang kurang pencahayaan alami serta tidak memiliki ventilasi memadai, karena percik relik dapat bertahan lebih lama di udara. Paparan sinar matahari langsung dapat dengan cepat membunuh basil TBC, sedangkan di tempat gelap kuman mampu bertahan lebih lama. Risiko penularan semakin besar bila kontak dengan penderita berlangsung lama dan dekat. Setelah terpapar, perkembangan seseorang menjadi TBC aktif sangat dipengaruhi oleh daya tahan tubuh. Sekitar 90% individu dengan sistem imun yang baik tidak akan mengalami TBC aktif, sementara 10% lainnya berpotensi sakit, dengan setengah kasus muncul segera setelah terinfeksi dan sisanya berkembang di kemudian hari. Periode paling berisiko adalah dua tahun pertama pascainfeksi, ketika sebagian besar kasus baru muncul.

Kelompok usia anak di bawah lima tahun dan lanjut usia merupakan yang paling rentan terhadap penularan. Orang dengan sistem imun lemah, terutama penderita HIV, memiliki kemungkinan lebih tinggi untuk berkembang menjadi TBC aktif; diperkirakan sekitar 50–60% pengidap HIV yang terinfeksi *Mycobacterium tuberculosis* akan jatuh sakit. Risiko serupa juga terlihat pada pasien dengan kondisi medis tertentu yang menurunkan kekebalan tubuh, misalnya diabetes melitus, silikosis, maupun penggunaan obat immunosupresif jangka panjang termasuk kortikosteroid (Kemenkes, 2020).

4. Faktor Risiko TBC

Beberapa kelompok masyarakat memiliki risiko lebih tinggi untuk terinfeksi tuberkulosis. Kelompok tersebut antara lain penderita HIV atau penyakit lain yang menekan sistem kekebalan tubuh, pengguna obat immunosupresif jangka panjang, perokok, serta individu dengan kebiasaan konsumsi alkohol berlebihan. Anak-anak berusia di bawah lima tahun, orang lanjut usia, dan mereka yang memiliki kontak dekat dengan pasien TBC aktif juga termasuk kategori rentan. Selain itu, individu yang tinggal atau bekerja di lingkungan dengan angka penularan tinggi, seperti lembaga pemasyarakatan, panti jompo, maupun fasilitas perawatan jangka panjang, serta tenaga medis juga berisiko lebih besar mengalami infeksi (Kemenkes, 2020)

5. Patogenesis TBC

Setelah terhirup, droplet nuklei akan masuk ke saluran napas bawah dan menetap di bronkiolus respiratorius maupun alveoli. Di area ini, partikel akan difagositosis oleh makrofag alveolar yang kemudian memicu respons imun nonspesifik. Keberhasilan infeksi ditentukan oleh tingkat virulensi basil serta efektivitas makrofag dalam menghancurkannya. Apabila basil mampu bertahan, ia akan berkembang biak di dalam sel makrofag.

Mycobacterium tuberculosis bereplikasi secara lambat, dengan waktu pembelahan sekitar 23–32 jam. Tidak seperti banyak bakteri patogen lain, *Mycobacterium* tidak menghasilkan endotoksin maupun

eksotoksin, sehingga tubuh tidak segera menimbulkan reaksi imun pascainfeksi. Selama 2–12 minggu, jumlah bakteri dapat meningkat hingga 10^3 – 10^4 , cukup untuk merangsang terbentuknya respons imun seluler yang dapat dideteksi melalui uji tuberkulin. Pada tahap ini, basil tuberkel akan merusak makrofag, melepaskan kemokin, serta memicu aktivasi sistem imun spesifik.

Sebelum imunitas seluler berkembang optimal, basil dapat menyebar melalui sistem limfatik menuju kelenjar getah bening hilus, lalu masuk ke peredaran darah dan mencapai berbagai organ. Beberapa jaringan memiliki daya tahan terhadap multiplikasi bakteri, tetapi organ seperti sumsum tulang, hati, dan limpa relatif lebih rentan. Basil juga cenderung menetap di paru bagian atas (apeks), ginjal, tulang, dan otak, yang lingkungannya mendukung pertumbuhan. Dalam kondisi tertentu, pertumbuhan basil dapat berlangsung cepat sebelum terbentuk imunitas seluler spesifik yang mampu mengendalikannya.

a. TBC Primer

Infeksi primer timbul ketika seseorang pertama kali terpapar *Mycobacterium tuberculosis*. Keadaan ini paling sering dijumpai pada anak-anak, sehingga sering disebut sebagai TBC anak, meskipun sebenarnya dapat dialami pada semua kelompok usia yang belum pernah terekspos basil sebelumnya. Droplet yang mengandung basil akan masuk ke saluran pernapasan dan mencapai alveolus terminal,

terutama di bagian bawah lobus atas atau bagian atas lobus bawah paru.

Basil akan ditelan oleh makrofag di alveolus, tetapi komponen mikobakteri mampu menghambat fungsi bakterisidal makrofag alveolar, sehingga memungkinkan bakteri bertahan hidup dan berkembang biak di dalamnya. Selanjutnya, makrofag serta monosit lain akan bermigrasi ke area infeksi sebagai respons terhadap sinyal kemokin, sehingga memicu peradangan lokal. Lokasi inflamasi ini dikenal sebagai fokus Ghon. Dari sini, basil maupun antigen dapat menyebar melalui jalur limfatik menuju kelenjar getah bening hilus dan membentuk kompleks primer atau kompleks Ghon. Reaksi inflamasi yang terbentuk kemudian dapat berlanjut menjadi lesi atau bahkan fibrosis pada jaringan paru.

b. TBC Paska Primer

Tuberkulosis pasca-primer merupakan bentuk penyakit yang muncul pada individu yang sebelumnya sudah mengalami sensitisasi terhadap *Mycobacterium tuberculosis*. Kondisi ini berkembang setelah fase laten yang dapat berlangsung beberapa bulan hingga bertahun-tahun pasca-infeksi primer. Penyebabnya bisa berupa reaktivasi basil dorman maupun infeksi ulang (reinfeksi).

Reaktivasi terjadi ketika basil yang semula tidak aktif kembali bereplikasi, biasanya dipicu oleh melemahnya sistem kekebalan tubuh, misalnya pada penderita HIV. Sementara itu,

reinfeksi merujuk pada kondisi ketika seseorang yang sudah pernah mengalami infeksi primer kembali terekspos basil dari pasien dengan TBC aktif. Pada sebagian kecil kasus, reinfeksi ini masih dapat digolongkan sebagai bagian dari fase infeksi primer. Setelah terjadinya infeksi awal, perkembangan cepat menuju TBC intratorakal lebih sering dialami anak-anak dibandingkan orang dewasa. Gambaran radiologi toraks pada kondisi ini dapat menunjukkan pembesaran kelenjar limfe intratorakal disertai infiltrasi paru.

Tuberkulosis pasca-primer umumnya mengenai jaringan parenkim paru, meskipun organ lain juga dapat terdampak. Manifestasi khas dari bentuk ini adalah terbentuknya kavitas pada lobus atas paru serta kerusakan jaringan paru yang luas. Hasil pemeriksaan sputum biasanya positif, sedangkan pembesaran kelenjar getah bening intratorakal jarang ditemukan.

Sumber: (Kemenkes, 2020)

6. Gejala Klinis Pasien TBC

Gejala klinis tuberkulosis sangat bergantung pada lokasi lesi yang terbentuk di dalam tubuh. Pada umumnya, penderita akan mengalami batuk berdahak yang berlangsung lama, dan dalam beberapa kasus dahak tersebut dapat bercampur darah. Keluhan lain yang sering menyertai adalah nyeri dada serta sesak napas akibat gangguan fungsi paru. Selain gejala respiratori, tuberkulosis juga menimbulkan tanda-tanda sistemik, antara lain rasa lemah atau mudah lelah, penurunan berat badan,

berkurangnya nafsu makan, demam yang sering disertai menggigil, serta keringat malam. Kombinasi gejala lokal dan sistemik ini menjadi gambaran khas yang sering ditemukan pada pasien TBC.

Sumber: (Kemenkes, 2020)

7. Diagnosis TBC

Setiap pasien yang diduga menderita TBC perlu menjalani pemeriksaan bakteriologis untuk menegakkan diagnosis. Pemeriksaan ini meliputi analisis apusan dari bahan biologis seperti dahak atau sampel lain, kultur untuk mendeteksi serta mengidentifikasi *Mycobacterium tuberculosis*, dan metode diagnostik cepat yang direkomendasikan WHO.

Pada daerah dengan laboratorium yang kualitasnya terjamin melalui sistem pemantauan mutu eksternal, diagnosis TBC paru BTA positif dapat dipastikan apabila satu spesimen saja menunjukkan hasil positif. Sebaliknya, di wilayah dengan laboratorium yang belum terlibat dalam pemantauan mutu eksternal, penetapan diagnosis TBC paru BTA positif baru dapat dilakukan jika terdapat hasil positif minimal pada dua spesimen

WHO merekomendasikan pemeriksaan biakan dan uji kepekaan minimal terhadap rifampisin dan isoniazid pada kelompok pasien berikut:

- a. Semua pasien dengan riwayat terapi OAT, karena resistensi obat sering dijumpai terutama pada kasus yang pernah gagal pengobatan.
- b. Pasien HIV dengan TBC aktif, khususnya di daerah dengan prevalensi TBC resistan obat yang tinggi.

- c. Pasien TBC aktif yang memiliki riwayat kontak dengan penderita TBC resistan obat.
- d. Pasien baru di wilayah dengan angka TBC resistan obat primer lebih dari 3%.
- e. Pasien baru maupun dengan riwayat OAT yang masih BTA positif pada akhir fase intensif. Untuk kelompok ini dianjurkan dilakukan pemeriksaan sputum BTA ulang pada bulan selanjutnya.

Pemeriksaan biakan dan uji kepekaan dapat dilakukan dengan 2 metode:

- a. Metode konvensional uji kepekaan obat.

Pemeriksaan biakan M.TB dapat dilakukan menggunakan 2 macam medium padat (*Lowenstein Jensen /LJ* atau *Ogawa*) dan media cair *MGIT (Mycobacterium growth indicator tube)*. Biakan M.TB pada media cair memerlukan waktu yang singkat minimal 2 minggu, lebih cepat dibandingkan biakan pada medium padat yang memerlukan waktu 28-42 hari (Kemenkes, 2020).

Proses biakan TBC terdiri dari tiga tahap utama, yaitu dekontaminasi, homogenisasi, dan inokulasi. Tahap dekontaminasi dan homogenisasi bertujuan untuk mengencerkan lendir serta mencerna komponen organik dalam spesimen, sekaligus membasmi bakteri non-*Mycobacterium* yang dapat mengganggu proses biakan. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam tahap ini, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya. Metode yang

dipilih idealnya mampu mengeliminasi bakteri kontaminan secara maksimal tanpa merusak *Mycobacterium* yang menjadi target.

Dua metode yang paling umum digunakan dalam proses dekontaminasi dan homogenisasi adalah metode NALC-NaOH dan metode Petroff dengan penggunaan NaOH 4%.

(Kemenkes, 2022).

1) Metode NALC-NaOH

Larutan yang digunakan dalam metode ini terdiri dari NALC-NaOH-Natrium sitrat. N-acetyl-L-cysteine (NALC) berfungsi sebagai agen mukolitik yang secara cepat mengencerkan lendir dalam sampel, sementara NaOH bertindak sebagai agen dekontaminasi untuk membunuh mikroorganisme selain *Mycobacterium*. Metode ini dikenal sebagai metode dekontaminasi ringan, karena keberadaan NALC menurunkan konsentrasi akhir NaOH dalam spesimen (sekitar 1–1,5 kali lebih rendah), sehingga efek destruktif terhadap basil TBC menjadi lebih minimal.

NALC bersifat tidak stabil dan cepat kehilangan efektivitasnya di dalam larutan, sehingga harus dibuat segar setiap hari dan tidak dapat disimpan lebih dari 24 jam. Natrium sitrat ditambahkan sebagai agen penstabil dengan cara mengikat ion logam berat dalam sampel, yang dapat mengganggu kinerja NALC. Selain itu, buffer fosfat digunakan untuk menetralkan sisa

NaOH dan mengencerkan hasil homogenisasi, sehingga viskositas dan densitas spesimen menurun sebelum dilakukan proses sentrifugasi.

Metode ini cocok digunakan baik untuk media biakan padat maupun cair (Kemenkes, 2022). Penggunaan kombinasi natrium hidroksida dan NALC menjadi salah satu prosedur dekontaminasi yang paling luas diterapkan di laboratorium, khususnya di negara-negara maju, karena cepat, efisien, dan mampu mengurangi tingkat kontaminasi dengan baik. Jika dilakukan secara tepat, metode ini mampu meningkatkan keberhasilan kultur positif dibanding metode lain, dengan tingkat kerusakan terhadap basil TBC yang relatif rendah, yakni sekitar 30% (Verma *et al*, 2021).

2) Metode Petroff – NaoH 4%

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan zat yang bersifat toksik, tidak hanya terhadap mikroorganisme pengganggu (kontaminan), tetapi juga terhadap *Mycobacterium*. NaOH diketahui dapat membunuh sekitar 70% basil tuberkel yang terdapat dalam spesimen. Oleh karena itu, proses dekontaminasi menggunakan NaOH harus dilakukan dengan kontrol waktu yang sangat ketat untuk mencegah kerusakan berlebih pada basil target. Metode dekontaminasi ini hanya dianjurkan untuk spesimen yang akan ditanam pada media padat. Proses pembuatan larutan NaOH

pada metode ini sama seperti pada metode NALC-NaOH dengan konsentrasi 4% (Kemenkes, 2022).

b. Metode Tes Cepat Molekuler (TCM)

Tes cepat molekuler merupakan pemeriksaan molekuler berbasis deteksi DNA *Mycobacterium tuberculosis* (M.TB) merupakan metode tercepat yang kini tersedia di Indonesia. Teknik ini tidak hanya mampu mengidentifikasi keberadaan M.TB, tetapi juga membedakannya dari jenis *Mycobacterium* lain yang bukan penyebab TBC (*Non-Tuberculous Mycobacteria*/ NTM). Selain itu, metode ini dapat mengidentifikasi mutasi pada gen-gen yang terlibat dalam mekanisme resistensi terhadap obat antituberkulosis lini pertama maupun lini kedua.

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan Xpert MTB/RIF untuk mendeteksi resistensi terhadap rifampisin. Sementara itu, untuk mengetahui resistensi terhadap obat lini kedua, WHO menganjurkan penggunaan *second-line Line Probe Assay* (SL-LPA), yang dapat mendeteksi resistensi terhadap antibiotik suntik dan obat dari golongan fluorokuinolon.

Deteksi mutasi genetik yang menyebabkan resistensi terhadap OAT lainnya saat ini juga dimungkinkan melalui metode sekuensing. Namun, teknik ini belum cocok untuk penggunaan rutin karena memerlukan alat yang canggih dan keahlian analisis yang spesifik. WHO juga telah merekomendasikan penggunaan metode molekuler

seperti *Line Probe Assay* (LPA) dan Tes Cepat Molekuler (TCM) langsung pada spesimen dahak pasien.

Pemeriksaan menggunakan Tes Cepat Molekuler (TCM) mampu mendeteksi keberadaan *Mycobacterium tuberculosis* serta mutasi gen *rpoB* yang berhubungan dengan resistensi terhadap rifampisin, dengan waktu hasil sekitar dua jam. Meskipun begitu, konfirmasi uji kepekaan obat anti-TBC (OAT) dengan metode konvensional masih dianggap sebagai standar emas (gold standard) dalam diagnosis.

Penggunaan TCM belum menggantikan sepenuhnya peran biakan dan uji kepekaan konvensional, yang tetap diperlukan untuk memastikan diagnosis TBC secara definitif, terutama pada pasien dengan hasil mikroskopis BTA negatif, serta untuk mendeteksi resistensi terhadap OAT selain rifampisin.

Apabila pasien tidak dapat menghasilkan sputum secara spontan, maka dapat dilakukan induksi sputum atau prosedur invasif seperti bronkoskopi atau torakoskopi guna memperoleh spesimen. Selain itu, seluruh pasien TBC—baik yang telah dikonfirmasi secara bakteriologis maupun yang didiagnosis secara klinis—perlu menjalani pemeriksaan HIV dan gula darah sebagai bagian dari evaluasi awal. Pemeriksaan tambahan lain, seperti fungsi hati atau fungsi ginjal, dilakukan berdasarkan kebutuhan klinis masing-masing pasien.

Sumber : (Kemenkes, 2020)

B. Landasan Teori

1. Tinjauan tentang Tuberkulosis Paru

Tuberkulosis paru merupakan penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Meskipun bakteri ini dapat menginfeksi hampir semua organ tubuh manusia, paru-paru tetap menjadi lokasi yang paling umum diserang. *Mycobacterium tuberculosis* merupakan bakteri berbentuk batang yang bersifat aerob obligat, dengan suhu pertumbuhan ideal antara 35°C hingga 37°C. Karena itu, bakteri ini cenderung berkembang lebih baik di paru kanan, yang memiliki kadar oksigen lebih tinggi dibandingkan paru kiri.

Bakteri ini juga dikenal sebagai basil tahan asam (BTA) karena kemampuannya bertahan terhadap proses pewarnaan menggunakan alkohol-asam. Untuk dapat terdeteksi di bawah mikroskop, diperlukan konsentrasi minimal sekitar 5.000 bakteri per 1 ml sputum. Sampel dahak yang ideal untuk pemeriksaan adalah yang kental, mukopurulen, serta berwarna kehijauan atau kekuningan, dengan volume setiap pengambilan antara 3 hingga 5 ml.

2. Definisi Sputum

Sputum merupakan lendir serta materi lain yang berasal dari saluran pernapasan bagian bawah, seperti paru-paru, bronkus, dan trakea, yang dapat dikeluarkan melalui batuk, dimuntahkan, atau bahkan tertelan.

Diagnosis TBC dapat ditegakkan melalui pemeriksaan tes cepat molekuler terhadap sampel sputum pasien.

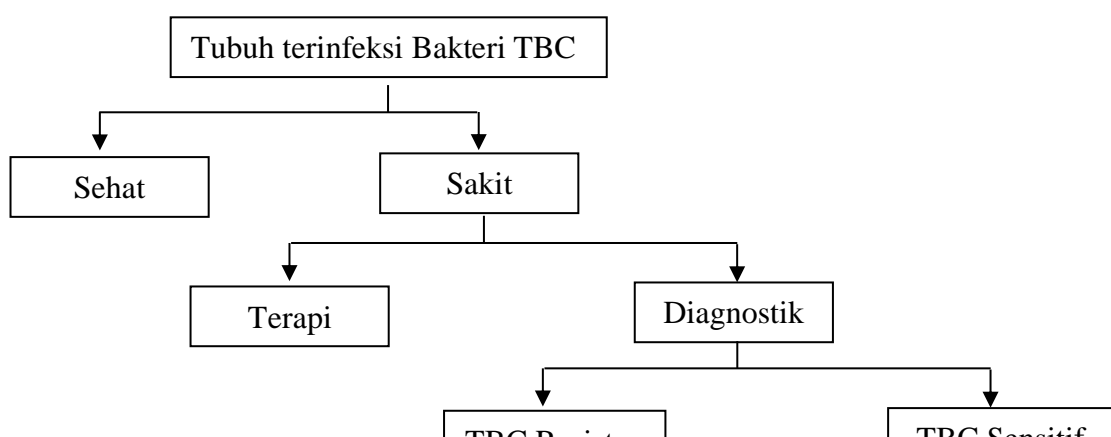
3. Definisi Pemeriksaan *Ziehl Neelsen*

Pemeriksaan basil tahan asam (BTA) dapat dilakukan melalui metode pewarnaan Ziehl-Neelsen. Untuk memperoleh hasil optimal, pewarnaan juga dapat dilakukan menggunakan teknik Tan Thiam Hok (Kinyoun-Gabbett) atau metode Ziehl-Neelsen klasik. Pada hasil pewarnaan tahan asam, basil akan tampak berwarna merah, sedangkan latar belakang berwarna biru.

Hasil pemeriksaan dinyatakan positif jika terdapat antara 5.000–10.000 bakteri per mililiter sputum. Namun, hasil negatif belum tentu menandakan tidak adanya bakteri, karena keterbatasan mikroskop cahaya biasa dalam mendeteksi jumlah basil yang sangat sedikit.

Metode Ziehl-Neelsen merupakan teknik pewarnaan yang relatif sederhana, cepat, dan ekonomis, namun tetap memberikan sensitivitas dan spesifisitas yang cukup baik, sehingga menjadi metode pilihan dalam deteksi awal TBC.

C. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2.2 Kerangka Pikir Penelitian

D. Hipotesis

1. Hipotesis Nol (H_0)

Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil pewarnaan BTA dari sampel sputum langsung dengan sputum yang ditambahkan NALC-NaOH pada pasien *follow up* tuberkulosis resisten obat

2. Hipotesis Alternatif (H_a)

Ada perbedaan yang signifikan antara hasil pewarnaan BTA dari sampel sputum langsung dengan sputum yang ditambahkan NALC-NaOH pada pasien *follow up* tuberkulosis resisten obat