

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Tuberkulosis (TB) masih menjadi salah satu penyakit infeksi pembunuh utama di seluruh dunia. Berdasarkan Global TB Report tahun 2023 Pada tahun 2022, diperkirakan 10 juta orang jatuh sakit karena TB secara global dan menyebabkan sekitar 1,30 juta kematian. Terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, TBC terus menjadi ancaman kesehatan masyarakat. Data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, di Indonesia tahun 2023, diperkirakan jumlah orang jatuh sakit karena TB berjumlah 1,060 juta ternotifikasi 724.309 dengan terdiagnosa TB Paru 670.484 dan TB ekstra Paru 53.825, orang dengan TBC Resisten Obat sekitar 31.000 dan menyebabkan sekitar 1,30 juta kematian, sampai saat ini tingkat keberhasilan pengobatan sekitar 86%.¹

Untuk pengendalian TB, diagnosis dini dan akurat terhadap penyakit TB aktif sangat penting. Hal ini memungkinkan inisiasi pengobatan anti-TB yang tepat waktu. Pengobatan dini tidak hanya meningkatkan hasil bagi pasien, tetapi juga mencegah penularan M. tuberculosis ke kontak lainnya. Namun, menegakkan diagnosis mikrobiologis yang tepat waktu bisa menjadi tantangan. Pendekatan diagnostik konvensional terutama bergantung pada mikroskop dan kultur apusan sputum. Tetapi apusan memiliki sensitivitas yang terbatas, terutama pada pasien dengan penyakit paucibacillary yang memiliki jumlah bakteri yang rendah. BTA hanya positif pada sekitar separuh kasus TB aktif. Oleh karena itu, pendekatan diagnostik tambahan

untuk pasien yang dicurigai TB dengan hasil pemeriksaan negatif. Salah satu pilihannya adalah bronkoskopi dengan aspirasi bronkus dan sikatan bronkus. Dengan mengambil



sampel cairan dan sel langsung dari saluran napas bawah, metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus dapat meningkatkan hasil diagnostik dibandingkan dengan sampel sputum. Dengan meningkatkan diagnosis pada kasus Basil Tahan Asam (BTA) negatif, metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus dapat mempercepat deteksi, pengobatan, dan penghentian penularan.^{1,2}

Bronkoskopi adalah suatu prosedur media menggunakan Bronkoskopi fleksibel atau dikenal sebagai Fiber Optic Bronchoscopy (FOB) Sepanjang 55 cm tabung bronkoskop fleksibel memberikan visualisasi trakeobronkial dengan menempatkan Diagnostic Sign (bronkoskopi) ke dalam saluran napas dan dilakukan oleh dokter yang mempunyai kompetensi. Salah satu teknik bronkoskopi yang biasa digunakan adalah metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus dilakukan dengan cara menyuntikkan larutan saline ke dalam segmen bronkus tertentu, kemudian diaspirasikan kembali. Cairan yang diperoleh selanjutnya dikirim untuk pemeriksaan laboratorium seperti sitologi, mikrobiologi, dan biokimiawi. Metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus banyak digunakan untuk mendiagnosis berbagai penyakit paru seperti infeksi, radang, kanker, dan penyakit parenkim paru lainnya. metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus memiliki beberapa keunggulan diagnostik dibandingkan sputum karena dapat mengambil sampel langsung dari saluran napas bawah. Namun, metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus juga memiliki beberapa keterbatasan seperti memerlukan keahlian khusus operator, alat bronkoskopi yang mahal, dan risiko prosedur meskipun kecil. Oleh karena itu, indikasi metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus harus dinilai secara cermat sebelum dilakukan pada pasien. Secara



an, metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus merupakan diagnostik invasif yang berguna untuk mendeteksi berbagai saluran napas bagian bawah dan paru.^{1,2}

Hasil metode bilasan bronkus, BAL, dan sikatan bronkus dapat memberikan informasi diagnostik tambahan dibandingkan pemeriksaan sputum pada kasus tertentu. Hal ini meningkatkan kemungkinan untuk mendapatkan basil tuberkulum dibandingkan dengan sputum yang mungkin berasal dari saluran napas bagian atas. Sampel berkualitas lebih tinggi, sampel cairan metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus tidak terlalu terkontaminasi dengan sekresi oral dan flora saluran napas bagian atas dibandingkan dengan sputum. Hal ini memudahkan deteksi basil tuberkel. Peningkatan materi seluler, metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus mengambil makrofag alveolar yang mungkin mengandung lebih banyak *Mycobacterium tuberculosis* dibandingkan dengan sputum. Peningkatan sensitivitas, Studi menunjukkan FOB dapat memberikan diagnosis yang cepat dan pasti untuk tuberkulosis paru pada pasien dengan dahak negatif, dengan hasil diagnostik 57,5%. Metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus dapat mendeteksi TB ketika jumlah bakteri rendah dan apusan sputum negatif. Jangkauan pengujian yang lebih luas, Cairan metode bilasan bronkus dan sikatan bronkus memungkinkan dilakukannya berbagai macam tes mikrobiologi, molekuler, dan sitologi.^{3,4}

1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat ditetapkan rumusan masalah penelitian yaitu Bagaimana nilai diagnostik hasil pemeriksaan FOB pada pasien tuberkulosis paru di RSUP Wahidin Sudirohusodo, RSUD Labuang Baji, dan RS Ibnu Sina?



1.3. TUJUAN PENELITIAN

1.3.1. Tujuan Umum

Menganalisis nilai diagnostik FOB berdasarkan variabel-variabel tertentu, seperti sensitivitas, spesitivitas, Nilai prediksi negative, Nilai prediksi positif, dan akurasi pada populasi pasien.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui karakteristik pasien terduga tuberkulosis paru di rumah sakit yang dilakukan tindakan bronkoskopi.
2. Mengetahui hubungan antara nilai diagnostik pemeriksaan sampel sputum dan sampel FOB dengan hasil diagnostik tuberkulosis paru
3. Mengetahui nilai diagnostik pemeriksaan TCM dan BTA dari sampel sputum dan sampel FOB pada pasien tuberkulosis paru.
4. Mengetahui perbandingan nilai diagnostik antara pemeriksaan sampel sputum dan sampel FOB dalam mendiagnosis tuberkulosis paru.

1.4. HIPOTESIS PENELITIAN

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah terdapat nilai diagnostik yang signifikan dari pemeriksaan sampel FOB untuk menegakkan diagnosis tuberkulosis paru.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

1.5.1. Pendidikan



Hasil penelitian ini mengenai bronkoskopi sebagai prosedur pada tuberkulosis Paru diharapkan dapat memberikan

kontribusi dalam dunia pendidikan mengenai peran bronkoskopi untuk deteksi Tuberkulosis paru pada pasien terduga tuberkulosis paru.

1.5.2. Penelitian

1. Sebagai sarana untuk melatih pola pikir dan membuat penelitian berdasarkan metode penelitian yang baik dan benar
2. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan khasanah rujukan ilmiah bagi penelitian selanjutnya nilai diagnostik bronkoskopi untuk deteksi Tuberkulosis paru pada pasien terduga tuberkulosis paru.

1.5.3. Pelayanan/ Pengabdian Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan informasi mengenai alternatif prosedur diagnostik pada Tuberkulosis paru, terutama bagi pasien pasien tuberkulosis paru bakteriologis negatif dan praktisi Kesehatan.

Memberikan manfaat bagi masyarakat, terutama pada praktisi kesehatan dalam rangka menurunkan angka morbiditas dan mortalitas pasien Tuberkulosis Paru sehingga dapat meningkatkan kualitas hidup pasien di masa yang akan datang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. DIAGNOSIS TUBERKULOSIS PARU

Tuberkulosis adalah suatu penyakit kronik menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini berbentuk batang dan bersifat tahan asam sehingga sering dikenal dengan Basil Tahan Asam (BTA). Sebagian besar kuman TB sering ditemukan menginfeksi parenkim paru dan menyebabkan TB paru, namun bakteri ini juga memiliki kemampuan menginfeksi organ tubuh lainnya (TB ekstra paru) seperti pleura, kelenjar limfe, tulang, dan organ ekstra paru lainnya. Terdapat 5 bakteri yang berkaitan erat dengan infeksi TB: *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium africanum*, *Mycobacterium microti* and *Mycobacterium canettii*. *Mycobacterium tuberculosis* (M.TB), hingga saat ini merupakan bakteri yang paling sering ditemukan, dan menular antar manusia melalui rute udara.^{1,2}

Klasifikasi dan tipe pasien TB Terduga (presumptive) pasien TB adalah seseorang yang mempunyai keluhan atau gejala klinis mendukung TB (sebelumnya dikenal sebagai terduga TB). Pasien TB yang terkonfirmasi bakteriologis adalah pasien TB yang terbukti positif bakteriologi pada hasil pemeriksaan (contoh uji bakteriologi adalah sputum, cairan tubuh dan jaringan) melalui pemeriksaan mikroskopis langsung, TCM TB, atau biakan. Termasuk dalam kelompok pasien ini adalah :^{2,3}

1. Pasien TB paru BTA positif

2. Pasien TB paru hasil biakan M.TB positif

 TB paru hasil tes cepat M.TB positif

 TB ekstra paru terkonfirmasi secara bakteriologis, baik dengan biakan maupun tes cepat dari contoh uji jaringan yang terkena.



5. TB anak yang terdiagnosis dengan pemeriksaan bakteriologis.

Pasien TB terdiagnosis secara klinis adalah pasien yang tidak memenuhi kriteria terdiagnosis secara bakteriologis tetapi didiagnosis sebagai pasien TB aktif oleh dokter, dan diputuskan untuk diberikan pengobatan TB. Termasuk dalam kelompok pasien ini adalah :^{2,3}

1. Pasien TB paru BTA negatif dengan hasil pemeriksaan foto toraks mendukung TB.
2. Pasien TB paru BTA negatif dengan tidak ada perbaikan klinis setelah diberikan antibiotika non OAT, dan mempunyai faktor risiko TB
3. Pasien TB ekstra paru yang terdiagnosis secara klinis maupun laboratoris dan histopatologis tanpa konfirmasi bakteriologis.
4. TB anak yang terdiagnosis dengan sistim skoring.

Pasien TB yang terdiagnosis secara klinis dan kemudian terkonfirmasi bakteriologis positif (baik sebelum maupun setelah memulai pengobatan) harus diklasifikasi ulang sebagai pasien TB terkonfirmasi bakteriologis.^{2,3}

Guna menghindari terjadinya over diagnosis dan situasi yang merugikan pasien, pemberian pengobatan TB berdasarkan diagnosis klinis hanya dianjurkan pada pasien dengan pertimbangan sebagai berikut :^{2,3}

1. Keluhan, gejala dan kondisi klinis sangat kuat mendukung diagnosis TB
2. Kondisi pasien perlu segera diberikan pengobatan misal: pada kasus perikarditis TB, TB milier, pasien dengan HIV positif, perikarditis TB suppuratif, TB adrenal.



Gejala di atas dapat tidak muncul secara khas pada pasien dengan koinfeksi HIV. Selain gejala tersebut, perlu digali riwayat lain untuk menentukan faktor risiko seperti kontak erat dengan pasien TB, lingkungan tempat tinggal kumuh dan padat penduduk, dan orang yang bekerja di lingkungan berisiko menimbulkan paparan infeksi paru, misalnya tenaga kesehatan atau aktivis TB.^{2,3}

Untuk memastikan infeksi TB, setiap pasien yang memiliki gejala harus melakukan pemeriksaan bakteriologis. Biakan bakteri yang digunakan untuk pemeriksaan berasal dari sampel biologis (sputum atau spesimen lainnya), atau dari teknik diagnostik cepat yang telah disetujui oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO). Pada wilayah dengan laboratorium Terjauh melalui sistem pemantauan eksternal, kasus TB Paru BTA positif ditentukan oleh hasil minimal satu spesimen. Di wilayah yang tidak memiliki fasilitas pemeriksaan, definisi TB Paru BTA positif didefinisikan sebagai adanya dua atau lebih spesimen BTA positif.^{2,9}

WHO merekomendasikan pemeriksaan biakan dan uji kepekaan minimal terhadap rifampisin dan isoniazid pada kelompok pasien yang mempunyai gejala TB dengan satu atau lebih riwayat pengobatan atau kriteria berikut: ²

1. Semua pasien dengan riwayat pengobatan OAT. Hal ini dikarenakan TB resistan obat banyak ditemukan terutama pada pasien yang memiliki riwayat gagal pengobatan sebelumnya.
2. Semua pasien dengan HIV yang didiagnosis TB aktif. Khususnya mereka yang tinggal di daerah dengan prevalensi TB resistan obat yang tinggi.
3. Pasien dengan TB aktif yang terpajan dengan pasien TB resistan



da pasien baru di daerah dengan kasus TB resistan obat
:r >3%

5. Pasien baru atau riwayat OAT dengan sputum BTA tetap positif pada akhir fase intensif. Sebaiknya dilakukan pemeriksaan sputum BTA pada bulan berikutnya.

Pemeriksaan biakan dan uji kepekaan dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode:^{2,7}

1. Metode konvensional uji kepekaan obat

Uji kepekaan yang dipakai adalah dengan metode proporsi agar, dapat dilakukan menggunakan 2 macam yaitu medium padat (Lowenstein Jensen /LJ atau Ogawa) dan media cair MGIT (Mycobacterium growth indikator tube). Medium padat merupakan gold standard yang sensitive tetapi membutuhkan waktu yang lama untuk pertumbuhan bakteri sedangkan biakan MTB pada media cair memerlukan waktu yang singkat minimal 2 minggu, lebih cepat dibandingkan biakan pada medium padat yang memerlukan waktu 28-42 hari.^{2,7}

2. Metode cepat uji kepekaan obat (uji diagnostik molekular cepat)

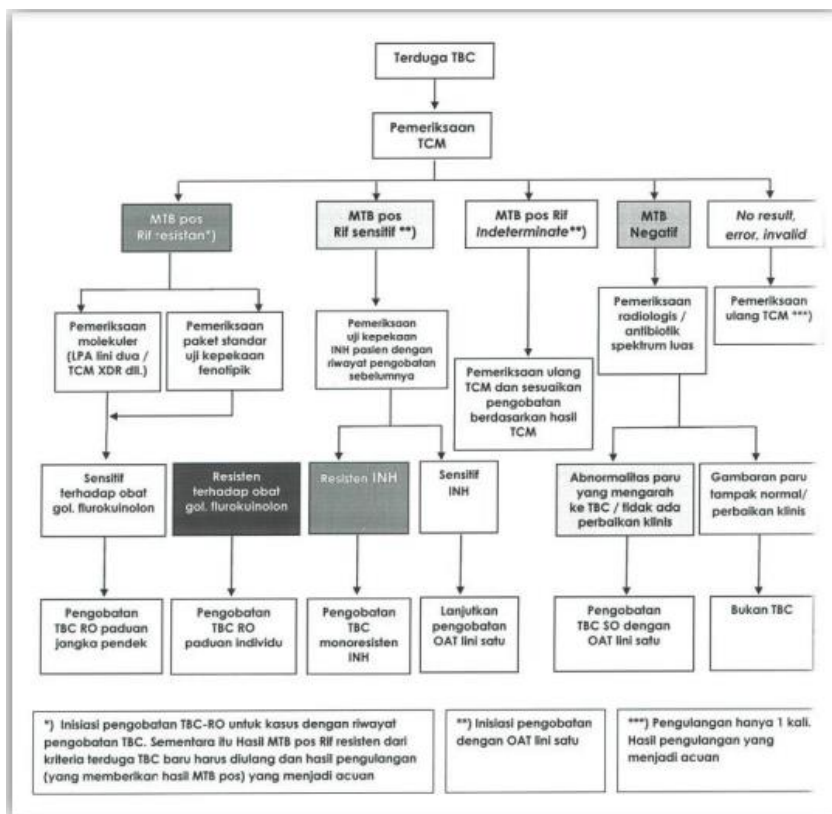
Pemeriksaan molekular untuk mendeteksi DNA MTB saat ini merupakan metode pemeriksaan tercepat yang sudah dapat dilakukan di Indonesia. Metode molekular dapat mendeteksi MTB dan membedakannya dengan Non-Tuberculous Mycobacteria (NTM). Selain itu metode molekular dapat mendeteksi mutasi pada gen yang berperan dalam mekanisme kerja obat antituberkulosis lini 1 dan lini 2. WHO merekomendasikan penggunaan Xpert MTB/RIF untuk deteksi resistan rifampisin. Resistan obat antituberkulosis lini 2 direkomendasikan untuk menggunakan second line line probe assay (SL-LPA) yang dapat mendeteksi resistensi terhadap obat antituberkulosis injeksi dan obat antituberkulosis golongan fluorokuinolon.²



Pada kondisi tidak berhasil mendapatkan sputum secara ekspektorasi spontan oleh pasien maka dapat diberikan mukolitik dan dilakukan tindakan induksi sputum dengan larutan natrium clorida atau prosedur invasif seperti bronkoskopi atau torakoskopi jika pasien menyetujui. Pemeriksaan tambahan pada semua pasien TB yang terkonfirmasi bakteriologis maupun terdiagnosis klinis adalah pemeriksaan HIV dan gula darah. Pemeriksaan lain dilakukan sesuai indikasi misalnya fungsi hati (SGOT/SGPT), fungsi ginjal (ureum/kreatinin) dan lain-lain.^{2,3}

Keterbatasannya dari teknik atau metode diagnostik saat ini merupakan salah satu hambatan dalam meningkatkan penemuan kasus TB paru. Metode diagnostik yang sering digunakan dan sudah menjadi gold standard ialah pemeriksaan BTA dengan pewarnaan Ziehl Neelsen. Terdapat kelemahan dalam hal teknik pembuatan sediaan dan interpretasi hasil dari pemeriksaan BTA. Jumlah bakteri yang dibutuhkan relatif besar, yaitu minimal 10⁴ -10⁵ bakteri/ml sputum untuk mendapatkan hasil positif sehingga umumnya hanya efektif terhadap pasien yang sudah memiliki manifestasi klinis. Manifestasi klinis TB perlu waktu hampir satu bulan atau bahkan lebih sebelum dapat menimbulkan respon imunitas selular dan jumlah bakteri dapat ditemukan dalam jumlah cukup banyak di dalam sputum.





Gambar 1. Alur Diagnosis Tuberkulosis

Dikutip dari (3)

2.2. BRONKOSKOPI

Bronkoskopi fleksibel atau dikenal sebagai Fiber Optic Bronchoscopy Sepanjang 55 cm tabung bronkoskop fleksibel mengandung serat optik yang memancarkan cahaya. Ujung distal bronkoskop memiliki sumber cahaya yang dapat memperbesar 120° dari 100° lapangan pandang yang diproyeksikan ke layar video atau kamera. a sangat fleksibel sehingga memungkinkan operator untuk udut 160o-180o keatas dan 100o130o ke bawah. Hal ini



memungkinkan *bronchoscopist* untuk melihat ke segmen yang lebih kecil dan segmen sub cabang bronkus ke atas dan ke bawah dari bronkus utama, dan juga ke depan belakang (anterior dan superior).¹⁸

Bronkoskopi adalah tindakan intervensi utama yang digunakan dalam menentukan diagnosis dan staging pasien kanker serta berperan dalam penyakit interstisial disease dan infeksi. Teknik pengambilan sampel dibagi atas endobronchial biopsy, bronchial brushing, bronchial washing, transbronchial biopsy, bronchoalveolar lavage (BAL), dan transbronchial needle aspiration (TBNA). Dua indikasi utama penggunaan bronkoskopi adalah sebagai alat diagnostik dan terapeutik. Bronkoskopi tidak dapat dilakukan jika memiliki kontraindikasi absolut (Tidak ada informed consent dari pasien, Tidak ada operator terlatih, Kurangnya peralatan dan fasilitas) dan sebaiknya tidak dilakukan pada pasien dengan kontraindikasi relatif (Recent Myocard Infark, Unstable Angina, Uncontrolled arrhythmia, Hipoksemia refrakter, Hiperkarbia berat).^{1,5}

2.2.1. METODE BRONCHOALVEOLAR LAVAGE DAN BILASAN BRONKUS

Bronchoalveolar lavage (BAL) merupakan salah satu metode invasif minimal yang dapat digunakan untuk mendiagnosis tuberkulosis paru. Prosedur ini difasilitasi dengan memasukkan bronkoskop fleksibel ke dalam sub segmen paru. Prosedur ini dipopulerkan pada tahun 1974 oleh dokter Amerika, Reynolds dan Newball, di Maryland. Saat ini, prosedur ini berfungsi terutama sebagai alat diagnostik untuk evaluasi patologi saluran pernapasan bagian bawah dan pada beberapa kondisi k umum, prosedur ini juga memiliki kegunaan terapeutik. besar penyakit patologis di dalam paru-paru terjadi pada eolar. BAL memungkinkan pengumpulan sampel lingkungan



alveolar dan analisis lebih lanjut mengenai komposisinya. Skenario umum untuk penggunaan BAL meliputi pemeriksaan infeksi pernapasan oportunistik dan atipikal pada pasien yang mengalami gangguan kekebalan tubuh, infiltrat paru radiografi yang tidak dapat dijelaskan, atau hipoksemia. BAL juga dapat memberikan petunjuk untuk mendukung diagnosis beberapa kondisi non-infeksi seperti *Diffuse Alveolar Hemorrhage (DAH)*, *Pulmonary Alveolar Proteinosis (PAP)*, *Pneumonia Eosinofilik*, *Pneumonia Hipersensitif (HP)*, Penyakit Paru-paru Interstitial (ILD), beriliofobia kronik, adanya sel ganas dan paparan Asbes.^{1,5}

Beberapa indikasi untuk dilakukannya metode bronchoalveolar lavage (BAL) dalam mendiagnosis tuberkulosis:^{1,3}

1. Pasien dengan gejala klinis TB paru namun pemeriksaan dahak berulang negatif. BAL dapat meningkatkan sensitivitas diagnosis.
2. Pasien dengan TBC milier atau TBC diseminata, dimana TBC menyebar ke organ lain selain paru. BAL dapat mendeteksi *M.tuberculosis* di saluran napas bawah.
3. Pasien dengan luluh paru yang mencurigakan TB berdasarkan foto thoraks namun sputum negatif. BAL dapat membantu diagnosis.
4. Pasien dengan penyakit TB paru namun tidak mampu menghasilkan dahak yang adekuat. BAL dapat digunakan untuk mendapatkan spesimen.
5. Pasien dengan penyakit paru lain yang dapat menyerupai TBC seperti pneumonia, kanker paru, dsb. BAL dapat membantu memastikan diagnosis.
6. Pasien dengan kondisi imunokompromais seperti HIV, dimana diagnosis TBC sulit ditegakkan. BAL dapat meningkatkan akurasi diagnosis.



7. Saat pemeriksaan dahak tidak dapat dilakukan atau terbatas, misalnya pada anak-anak.
8. Untuk menyampaikan respon pengobatan TBC dan keberadaan resistensi obat.

Organisasi seperti American and British Thoracic Societies telah menerbitkan artikel mengenai prosedur BAL, namun masih terdapat beberapa perbedaan dalam proses pengerjaannya. BAL biasanya dilakukan setelah bronkoskopi ditempatkan di bronkus sub segmen dan evaluasi saluran napas, sebelum biopsi atau penyikatan. Hal ini mengurangi potensi sisa-sisa dinding bronkus dan sel darah merah tambahan masuk ke dalam udara terjauh, yang dapat mempengaruhi komposisi sampel lavage. Diameter ujung bronkoskop yang dapat ditekuk adalah sekitar 3 mm hingga 6 mm. Ujung bronkoskop ini terhubung ke subsegmen paru yang akan menginisiasi BAL dan meluas ke bronkiolus.^{1,2,7}

Tindakan yang dilakukan dengan Cara menyemprotkan NaCl 0,9 % melalui *working channel* sebanyak 20-60 cc setiap kali semprot diulangi 3-5 kali, dan total cairan yang digunakan bisa 100-300 cc cairan tergantung protokol yang digunakan. Jika hanya 5% dari setiap aliquot yang disuntikkan yang kembali, mengindikasikan bahwa sebagian besar cairan yang diinjeksikan tertahan, maka prosedur harus dibatalkan. Hasil sampel yang kembali sebesar 30% atau lebih dari instillat dianggap sebagai hasil yang memadai, di mana setidaknya 10 ml - 20 ml diperlukan untuk pemeriksaan seluler dan infeksi. Cairan BAL yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah specimen trap dan dikirim ke laboratorium untuk diperiksa lebih lanjut. Volume cairan BAL



hasil diaspirasi biasanya sekitar 40-60% dari volume larutan uskan semula. Pemilihan lokasi BAL disesuaikan dengan area ; teridentifikasi berdasarkan gambaran klinis dan Radiologi numnya BAL dilakukan pada lobus tengah atau lobus inferior

paru karena sistem drainase alveoli lebih baik di daerah tersebut. BAL sebaiknya dilakukan sebelum prosedur bronkoskopi lainnya untuk mencegah kontaminasi spesimen BAL. Spesimen cairan BAL selanjutnya dapat diperiksa dengan berbagai tes seperti kultur, pewarnaan, sitologi, mikrobiologi, dan biokimiawi. BAL merupakan prosedur invasif sehingga hanya dilakukan jika diagnosis dengan pemeriksaan non-invasif seperti sputum gagal menunjukkan hasil. Pemeriksaan spesimen BAL dapat memberikan informasi berguna untuk menegakkan diagnosis penyakit paru.^{2,6,4}

Bilasan bronkus merupakan salah satu metode invasif minimal yang dapat digunakan untuk mendiagnosis tuberkulosis paru. Prosedur ini difasilitasi dengan memasukkan bronkoskop fleksibel ke dalam sub segmen paru. Saat ini, prosedur ini berfungsi terutama sebagai alat diagnostik untuk evaluasi patologi saluran pernapasan bagian bawah dan pada beberapa kondisi yang tidak umum, prosedur ini juga memiliki kegunaan terapeutik. Sebagian besar penyakit patologi di dalam paru-paru terjadi pada saluran napas bawah. Bilasan bronkus memungkinkan pengumpulan sampel lingkungan alveolar dan analisis lebih lanjut mengenai komposisinya. Skenario umum untuk penggunaan Bilasan bronkus meliputi pemeriksaan infeksi pernapasan oportunistik dan atipikal pada pasien yang mengalami gangguan kekebalan tubuh, infiltrat paru radiografi yang tidak dapat dijelaskan, atau hipoksemia. Bilasan bronkus juga dapat memberikan petunjuk untuk mendukung diagnosis beberapa kondisi non-infeksi seperti *Diffuse Alveolar Hemorrhage (DAH)*, *Pulmonary Alveolar Proteinosis (PAP)*, *Pneumonia Eosinofilik*, *Pneumonia Hipersensitif (HP)*, Penyakit Paru-paru Interstisial, liofobia kronik, adanya sel ganas dan paparan Asbes.^{1,5}



Beberapa indikasi untuk dilakukannya metode Bilasan bronkus dalam mendiagnosis tuberkulosis:^{1,3}

1. Pasien dengan gejala klinis TB paru namun pemeriksaan sputum berulang negatif. Bilasan bronkus dapat meningkatkan sensitivitas diagnosis.
2. Pasien dengan TBC milier atau TBC diseminata, dimana TBC menyebar ke organ lain selain paru. Bilasan bronkus dapat mendeteksi M.tuberculosis di saluran napas bawah.
3. Pasien dengan luluh paru yang mencurigakan TB berdasarkan foto thoraks namun sputum negatif. Bilasan bronkus dapat membantu diagnosis.
4. Pasien dengan penyakit TB paru namun tidak mampu menghasilkan sputum yang adekuat. Bilasan bronkus dapat digunakan untuk mendapatkan spesimen.
5. Pasien dengan penyakit paru lain yang dapat menyerupai TBC seperti pneumonia, kanker paru, dsb. Bilasan bronkus dapat membantu memastikan diagnosis.
6. Pasien dengan kondisi imunokompromais seperti HIV, dimana diagnosis TBC sulit ditegakkan. Bilasan bronkus dapat meningkatkan akurasi diagnosis.
7. Saat pemeriksaan sputum tidak dapat dilakukan atau terbatas, misalnya pada anak-anak.
8. Untuk menyampaikan respon pengobatan TBC dan keberadaan resistensi obat.

Organisasi seperti American and British Thoracic Societies telah menerbitkan artikel mengenai prosedur Bilasan bronkus, namun masih



beberapa perbedaan dalam proses pengerjaannya. Bilasan biasanya dilakukan setelah bronkoskopi ditempatkan di bronkus dan evaluasi saluran napas, sebelum biopsi atau lain. Hal ini mengurangi potensi sisa-sisa dinding bronkus dan sel

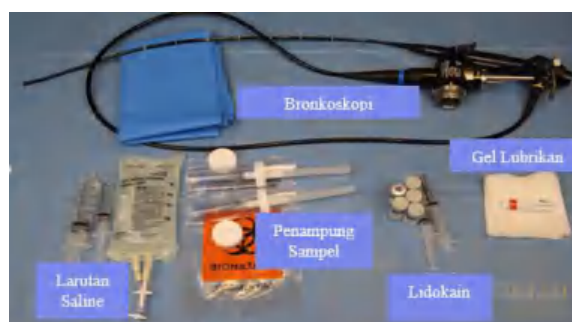
darah merah tambahan masuk ke dalam udara terjauh, yang dapat mempengaruhi komposisi sampel Bilasan bronkus. Diameter ujung bronkoskop yang dapat ditekuk adalah sekitar 3 mm hingga 6 mm. Ujung bronkoskop ini terhubung ke subsegmen paru yang akan menginisiasi Bilasan bronkus dan meluas ke bronkiolus.^{1,2,7}

Bilasan bronkus diperoleh dengan memasukkan bronkoskop ke dalam saluran napas, memasukkan 10 hingga 20 mL larutan garam steril tergantung protokol yang digunakan, dan kemudian dengan cepat menyedot larutan garam yang dimasukkan ke dalam wadah spesimen. Prosedur ini diulangi satu kali pada segmen yang sama. Sampel yang diambil diberi label sebagai sampel pertama dan kedua. Jika hanya 5% dari setiap aliquot yang disuntikkan yang kembali, mengindikasikan bahwa sebagian besar cairan yang diinjeksikan tertahan, maka prosedur harus dibatalkan. Hasil sampel yang kembali sebesar 30% atau lebih dari instillat dianggap sebagai hasil yang memadai. Cairan bilasan bronkus yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah specimen trap dan dikirim ke laboratorium untuk diperiksa lebih lanjut.

Pemilihan lokasi bilasan bronkus disesuaikan dengan area paru yang teridentifikasi berdasarkan gambaran klinis dan Radiologi pasien. Umumnya bilasan bronkus dilakukan pada lobus tengah atau lobus inferior paru karena sistem drainase alveoli lebih baik di daerah tersebut. bilasan bronkus sebaiknya dilakukan sebelum prosedur bronkoskopi lainnya untuk mencegah kontaminasi spesimen bilasan bronkus. Kegunaan Bilasan bronkus sebagian besar adalah untuk mendiagnosis penyakit saluran napas, termasuk karsinoma paru primer atau s dan infeksi jamur atau mikobakteri.



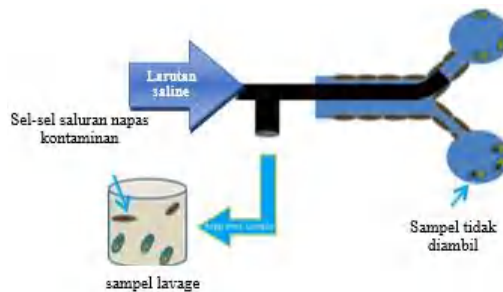
Dari berbagai prosedur bronkoskopi, Bilasan bronkus adalah yang paling mudah dilakukan tetapi memiliki hasil terendah (sensitivitas, 27% hingga 90%), dengan hasil yang lebih tinggi untuk lesi sentral. Bilasan bronkus merupakan prosedur tambahan yang tidak mahal dan harus dilakukan selama bronkoskopi diagnostik jika diperlukan karena, meskipun dengan persentase yang kecil, prosedur ini dapat meningkatkan hasil diagnostik secara keseluruhan dari prosedur ini. Bilasan terdiri dari sediaan seluler yang agak pekat dari sel epitel bronkus dan makrofag dengan jumlah sel inflamasi dan lendir yang bervariasi. Karena volume sampel yang relatif kecil (seperti halnya sampel sikatan bronkus ketika dimasukkan ke dalam larutan), sejumlah pengujian dapat dilakukan pada spesimen pencucian bronkus. Spesimen cairan bilasan bronkus selanjutnya dapat diperiksa dengan berbagai tes seperti kultur, pewarnaan, sitologi, mikrobiologi, dan biokimiawi. Bilasan bronkus merupakan prosedur invasif sehingga hanya dilakukan jika diagnosis dengan pemeriksaan non-invasif seperti sputum gagal menunjukkan hasil. Pemeriksaan spesimen Bilasan bronkus dapat memberikan informasi berguna untuk menegakkan diagnosis penyakit paru.^{2,6,4}



Gambar 2. Perlengkapan prosedur bilasan bronkus

Dikutip dari (1)





Gambar 3. Ilustrasi Proses bilasan bronkus

Dikutip dari (5)

Pengumpulan sampel Bronchial Washing tidak terstandarisasi, para ahli menyarankan untuk mengikuti protokol untuk meminimalkan kontaminasi dan artefak. Cairan bilasan yang diperoleh kembali harus dikumpulkan, dicampur, dan volumenya dicatat. Cairan tersebut harus dikirim ke laboratorium sambil disimpan dalam es jika pengangkutannya akan tertunda lebih dari 1 jam. Studi menunjukkan bahwa sel-sel dalam cairan BAL dapat bertahan selama 4 jam pada suhu kamar. Cairan biasanya dianalisis untuk sel darah putih dan merah. Untuk membedakan makrofag imatur dari limfosit besar, digunakan pewarnaan esterase. Noda lain dapat menilai keberadaan zat besi, sel ganas, debu anorganik, dan mikroorganisme.

Bilasan bronkus memiliki beberapa keunggulan dalam mendiagnosis tuberkulosis paru terutama pada kasus sputum BTA negatif. Teknik ini dapat meningkatkan akurasi diagnosis TB paru karena spesimen diambil langsung dari saluran napas bagian bawah yang merupakan sumber utama infeksi. Bilasan bronkus memungkinkan

lan spesimen cairan dari area lesi atau kavitas di paru-paru, meningkatkan peluang mendapatkan basil TB dalam jumlah up untuk terdeteksi. Teknik ini mampu mencapai area paru



yang sulit dijangkau atau tidak terjangkau oleh batuk produktif. Dibandingkan prosedur invasif lain, bilasan bronkus relatif minim invasif dengan risiko komplikasi yang lebih rendah. Prosedur ini dapat diulang pada lokasi berbeda untuk meningkatkan hasil positif. Selain pemeriksaan BTA dan kultur, spesimen bilasan bronkus juga dapat digunakan untuk pemeriksaan sitologi dan tes molekuler yang dapat meningkatkan akurasi diagnostik TB paru lebih lanjut.^{1,8}

2.2.2. METODE SIKATAN BRONKUS

Sikatan bronkus bertujuan mengambil sampel dari epitel saluran pernapasan, tumor ataupun kelainan yang lain menggunakan brush yang fleksibel. Sikatan bronkus dapat diperoleh dengan menggunakan sikat sitologi untuk mengikis beberapa sel dari permukaan area yang tidak normal. Sikat terdiri dari bulu halus yang mirip dengan sikat botol dengan selubung plastik pelindung, instrumen dilewatkan melalui saluran instrumen bronkoskop menuju area abnormal, bagian kuas kemudian menonjol keluar dari selubung plastik dan disikat ke mukosa yang abnormal. Sikat kemudian ditarik kembali ke dalam selubung plastik, kemudian selnya dioleskan ke slide atau dibilas ke dalam larutan garam sesuai dengan preferensi lokal. Di beberapa pusat, sikat dibilas ke dalam larutan sitolit untuk diproses, hasilnya dari sikatan bronkus adalah 59 (kisaran 23-93) persen; komplikasi utama adalah minimal perdarahan tetapi ada risiko pneumotoraks di mana sikat diarahkan tidak terkontrol di luar bronkus subsegmental. Untuk meningkatkan akurasi diagnostik, sikatan bronkus sering kali dikombinasikan dengan teknik pengambilan sampel sel lainnya seperti biopsi bronkus, pencucian

atau biopsi transbronkus. kombinasi sikatan bronkus dengan
1 meningkatkan sensitivitas diagnosis kanker paru hingga



Beberapa indikasi utama dilakukannya sikatan bronkus antara lain:^{9,10}

1. Evaluasi lesi atau massa di saluran pernapasan Prosedur ini dilakukan untuk mengambil sampel sel dari lesi atau massa di dalam saluran pernapasan untuk membantu mendiagnosis penyakit seperti kanker paru atau infeksi.
2. Evaluasi kelainan radiologis Jika terdapat kelainan yang terlihat pada pemeriksaan radiologi seperti CT scan atau X-ray dada, sikatan bronkus dapat dilakukan untuk mengambil sampel sel dan menentukan penyebabnya.
3. Pemantauan penyakit paru kronis Pada pasien dengan penyakit paru kronis seperti fibrosis paru, sikatan bronkus dapat membantu memantau perubahan sel dan memandu pengobatan.
4. Membantu diagnosis infeksi paru Jika dicurigai adanya infeksi bakteri, jamur, atau virus di saluran pernapasan, sampel sel dari sikatan bronkus dapat digunakan untuk identifikasi mikroorganisme penyebab.

Beberapa keuntungan utama dari metode sikatan bronkus (sikatan bronkus) dalam diagnosis tuberkulosis klinis:^{7,13}

1. Pengambilan Sampel Langsung dari Lesi Sikatan bronkus memungkinkan pengambilan sampel sel secara langsung dari lesi atau area yang dicurigai di dinding saluran pernapasan (bronkus). Ini dapat meningkatkan akurasi diagnosis karena sel yang diambil berasal dari sumber infeksi utama.



Akses ke Lesi yang Tersembunyi Dengan menggunakan onkoskop dan sikat fleksibel, sikatan bronkus dapat

mengakses lesi atau area yang tersembunyi atau sulit dijangkau dengan metode lain, seperti lesi di cabang bronkus perifer.

3. Deteksi Perubahan Sel Sampel sel yang diperoleh dari sikatan bronkus dapat diperiksa secara sitologis untuk mendeteksi perubahan sel yang spesifik untuk tuberkulosis, seperti sel raksasa atau granuloma.
4. Identifikasi Mikroorganisme Selain deteksi sel-sel terinfeksi, sikatan bronkus juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan mikroorganisme penyebab tuberkulosis, seperti *Mycobacterium tuberculosis*, melalui kultur atau metode molekuler.
5. Prosedur Relatif Aman Sikatan bronkus merupakan prosedur bronkoskopik yang relatif aman dan minim invasif dibandingkan dengan biopsi atau operasi bedah. Risiko komplikasi seperti perdarahan atau pneumotoraks relatif rendah.
6. Kombinasi dengan Metode Lain Sikatan bronkus sering dikombinasikan dengan metode bronkoskopik lain seperti bilasan bronkus (bilasan bronkus) atau biopsi transbronkial untuk meningkatkan akurasi diagnosis.



Gambar 4. Sikatan bronkus

Dikutip dari (6)



2.3. NILAI DIAGNOSTIK BRONKOSKOPI UNTUK TUBERKULOSIS PARU

Bilasan bronkus dan sikatan bronkus merupakan teknik pemeriksaan untuk mendiagnosis tuberkulosis paru. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menilai kemampuan bilasan bronkus dan sikatan bronkus dalam mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* penyebab TB paru. Penelitian Studi komparatif prospektif dengan Pasien yang dicurigai menderita TB paru tetapi status sputum BTA negatif. oleh dr. Vikas Gupta dll. (2022) yang dilakukan International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP) melaporkan Bronkoskopi sangat penting untuk mendiagnosis tuberkulosis paru, dengan konfirmasi bakteriologis yang lebih tinggi untuk pasien dengan bukti klinis dan radiologis yang kuat dan faktor risiko yang lebih tinggi. Sebuah Studi observasional yang diterbitkan Hong Yu He dkk (2021) dengan 111 jumlah sampel dari populasi Pasien dengan terduga tuberkulosis paru, Sikatan bronkus meningkatkan efisiensi diagnostik Xpert sputum dalam mendeteksi tuberkulosis paru pada pasien.^{7,9}

Bronchoalveolar Lavage (BAL) merupakan salah satu teknik pemeriksaan untuk mendiagnosis tuberkulosis paru. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menilai kemampuan BAL dalam mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* penyebab TB paru. Penelitian Randomized Controlled Trial dengan jumlah sampel 94 Pasien yang dicurigai menderita TB paru tetapi status sputum BTA negatif. oleh Y. Kim dkk (2019) yang dilakukan di Korea melaporkan Bilasan bronchoalveolar (*BAL*) lebih efektif daripada pencucian bronkus (*BW*)

n diagnosis tuberkulosis paru pada kasus yang tidak ada atau yang BTA-nya negatif, dengan tingkat deteksi yang tinggi, yaitu 85,7% pada spesimen BAL. Sebuah meta-analisis



yang diterbitkan Hong Cao Liu dkk (2020) meninjau 19 studi dari populasi Pasien dengan tuberkulosis paru, tidak termasuk anak-anak dan mendapatkan Xpert MTB/RIF yang menggunakan cairan *Bronchoalveolar Lavage* menunjukkan hasil diagnostik yang menjanjikan untuk tuberkulosis paru, dengan sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode kultur.^{4,8}

Beberapa studi terbaru juga melaporkan hasil BAL yang tinggi untuk TB paru, seperti penelitian Studi kasus seri observasional dengan Populasi 58 Pasien BTA negatif dengan dugaan tuberkulosis paru di Bangladesh oleh KM Monjurul Alom dkk (2020) Uji Xpert MTB/RIF pada cairan *Bronchoalveolar Lavage* adalah alat diagnostik yang berguna untuk tuberkulosis paru pada pasien BTA negatif, dengan sensitivitas dan spesifisitas masing-masing 85,7% dan 85,5%, penelitian Studi evaluasi kinerja diagnostik dengan Populasi 98 Pasien. Pasien dengan kondisi medis yang kompleks menjalani bronkoskopi di Durban, Afrika Selatan oleh Dilshaad Fakey Khan dkk (2020) Dua tes Xpert MTB/RIF secara simultan pada cairan BAL meningkatkan hasil diagnostik bronkoskopi pada pasien yang kompleks secara medis, meningkatkan diagnosis yang terbukti secara mikrobiologis dari 47% menjadi 74% dibandingkan dengan kultur saja. penelitian Studi evaluasi kinerja diagnostik dengan Populasi 331 Pasien Pasien dengan Pasien yang didiagnosis dengan tuberkulosis paru aktif oleh Meifang Han dkk (2021) BALF memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang sama untuk diagnosis laboratorium tuberkulosis paru aktif, sehingga menjadikannya sebagai metode pelengkap yang berguna ketika ketersediaan dahak kurang. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa diagnostic



bervariasi pada rentang 30-90% tergantung karakteristik dan metode pemeriksaan yang digunakan. BAL terbukti dapat tkan deteksi TB paru terutama pada kasus dengan hasil ian dahak yang negatif berulang.^{5,10}

Dibandingkan dengan pemeriksaan dahak (sputum) smear mikroskopis, BAL memiliki sensitivitas yang 2-3 kali lebih tinggi dalam mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* penyebab tuberkulosis paru. Hasil diagnosis TB paru dengan BAL dilaporkan mencapai 43-93% pada kasus dengan sputum negatif berulang. Sensitivitas BAL sedikit lebih rendah (60-80%) dibandingkan kultur sputum (80-85%) yang dianggap sebagai gold standar. Namun, kombinasi BAL dan kultur sputum dapat meningkatkan sensitivitas hingga 97%, menunjukkan keduanya saling melengkapi. Dibandingkan dengan teknik bronchial washing, BAL dan bronchial washing memiliki nilai diagnostik TB paru yang sebanding. BAL memiliki keunggulan sedikit lebih tinggi untuk penyakit paru difus. Sementara untuk bronchial brushing, hasil diagnosis TB parunya lebih rendah dibandingkan BAL, namun berguna untuk konfirmasi TB endobronkial.^{6,12}

Beberapa studi terbaru juga melaporkan hasil BAL yang tinggi untuk TB paru, seperti penelitian Studi Tinjauan retrospektif dengan Populasi 97 Pasien immunosupresi dengan infiltrat paru Pasien BTA negatif dengan dugaan tuberkulosis paru bronchoalveolar Lavage adalah prosedur yang berharga dan aman untuk mendiagnosis penyakit paru pada pasien yang mengalami gangguan kekebalan, terutama efektif dalam mendiagnosis infeksi oportunistik.^{4,8}

Sebuah Studi observasional yang diterbitkan F. Zuberi dkk (2018) dengan 120 jumlah sampel dari populasi Pasien dengan terduga tuberkulosis paru dengan bakteriologis negatif, Bilasan bronkus Gene Xpert memiliki hasil diagnostik yang sangat baik untuk mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* pada kasus-kasus yang dicurigai sebagai TB paru dengan sulit untuk mengeluarkan dahak. Sebuah kasus yang diterbitkan Liye Suo dkk (2019) dengan 1 jumlah



sampel dari Pasien usia 50 tahun imunokompeten dengan terduga tuberkulosis paru dengan bakteriologis negatif, Sitologi bronkial brushing secara efektif mendiagnosis *Mycobacterium tuberculosis* pada pasien yang tidak memiliki kekebalan tubuh, menyoroti pentingnya mengenali sitomorfologi dari spesimen penyikatan bronkial. Sebuah Uji Coba Terkendali Acak yang diterbitkan Y. Kim dkk (2019) dengan 94 jumlah sampel dari Pasien dengan terduga tuberkulosis paru dengan bakteriologis negatif, Bilasan bronchoalveolar (BAL) lebih efektif daripada pencucian bronkus (BW) untuk mendiagnosis tuberkulosis paru pada kasus yang tidak ada sputumnya atau yang BTA-nya negatif, dengan tingkat deteksi yang lebih tinggi, yaitu 85,7% pada spesimen BAL. Studi kohort prospektif. Sebuah Uji Studi kohort prospektif yang diterbitkan Naoshi Urabe dkk (2021) dengan 69 jumlah sampel dari Pasien dengan terduga tuberkulosis paru, Sikatan bronkus memiliki kegunaan yang terbatas dalam mendiagnosis infeksi mikobakteri nontuberkulosis paru dibandingkan dengan pencucian bronkus saja, dengan tingkat kultur positif sebesar 4,3%.^{4,8}

Beberapa studi terbaru juga melaporkan Mikroskopi dan kultur dahak tetap menjadi landasan diagnosis, tetapi dapat menjadi negatif pada sebagian besar pasien TB paru (BTA-negatif multipel atau dahak sedikit). Bronkoskopi telah terbukti sebagai metode yang aman dan efektif untuk pasien-pasien tersebut dengan hasil diagnostik yang bervariasi mulai dari 30 hingga 90%. Pada penelitian diagnostik prospektif dengan Populasi dari Pasien dengan Pasien terduga Tuberkulosis paru oleh Rajendra Prasad dkk (2019). Bronkoskopi berguna dalam mendiagnosis kasus-kasus yang dicurigai secara klinis



ogis sebagai kasus tuberkulosis paru, bahkan ketika pasien is atau radiologis mencurigakan, Pada penelitian diagnostik dengan Populasi dari Pasien dengan Pasien terduga sis paru oleh Ankur agrawal dkk (2023). Penelitian Studi

Observasional dengan Populasi 27. Pasien dengan Pasien yang didiagnosis dengan tuberkulosis paru diseminata oleh F. Khan dkk (2020) Bronkoskopi yang dikombinasikan dengan bilasan bronkus dan sikatan bronkus secara efektif mendiagnosis tuberkulosis yang disebarkan pada 81,5% kasus.. *Bilasan bronkus dan sikatan bronkus* terbukti dapat meningkatkan deteksi TB paru terutama pada kasus dengan hasil pemeriksaan sputum yang negatif berulang.^{5,10}

Dibandingkan dengan pemeriksaan sputum (sputum) Bilasan bronkus sangat bermanfaat dalam situasi tertentu (terutama bila hasil pemeriksaan dahak negatif dan sulit mendapatkan dahak), kultur tetap menjadi landasan untuk diagnosis definitif. Diagnosis dini dan akurat sangat penting untuk penatalaksanaan TB yang efektif dan pengendalian penularan Sebuah studi retrospektif mengevaluasi nilai diagnostik dari kedua metode ini dengan menggunakan apusan basil cepat asam, kultur mikobakteri, dan PCR waktu nyata untuk mendeteksi tuberkulosis.^{7,8}

Sensitivitas:

1. Tidak ada perbedaan yang signifikan dalam sensitivitas antara sikatan bronkus dan pencocokan dahak dengan menggunakan masing-masing metode.
2. baik Sikatan bronkus maupun sputum memiliki sensitivitas yang sama dalam hal sensitivitas untuk mendeteksi tuberkulosis.

Spesifisitas:

1. Spesifisitas PCR real-time pada penyikatan bronkial lebih rendah daripada pada dahak.
2. Dengan kata lain, dahak adalah spesimen yang lebih baik untuk endeteksi tuberkulosis paru dalam hal spesifisitas, Meskipun kedua metode memiliki sensitivitas yang sebanding, dahak lebih



disukai karena spesifisitasnya yang lebih tinggi dalam mendiagnosis tuberkulosis paru.^{6,12}

Sikatan bronkus dan bilasan bronkus adalah dua prosedur yang digunakan dalam bronkoskopi untuk mengambil sampel dari saluran pernapasan. Studi Studi intervensi prospektif pusat tunggal dengan Populasi 69 oleh Naohisa Urabe dkk (2020) melaporkan Risiko perdarahan 5 dari 69 pasien (7,2%) mengalami perdarahan yang memerlukan tindakan hemostasis dan Risiko perdarahan lebih rendah daripada sikatan bronkus dan Volume cairan yang diperlukan lebih sedikit untuk bilasan bronkus. Dengan ini, Keuntungan diagnostik sikatan bronkus terbatas dan Bilasan bronkus adalah metode yang lebih aman dan sering digunakan untuk evaluasi infeksi dan patologi paru non-infeksi.^{4,8}

2.4. PERAN BRONKOSKOPI DALAM DIAGNOSIS TUBERKULOSIS PARU

Bronkoskopi memainkan peran penting dalam diagnosis tuberkulosis (TB), terutama dalam kasus di mana tes diagnostik lainnya gagal atau tidak meyakinkan. Prosedur ini memberikan kesempatan untuk visualisasi langsung saluran pernapasan bawah dan pengambilan sampel yang sesuai seperti cuci bronkial, lavage, dan biopsi jika diperlukan. Berikut adalah beberapa peran kunci bronkoskopi dalam mendiagnosis TB:^{9,14}

1. Mengidentifikasi Lesi: Melihat secara langsung lesi yang mencurigakan, seperti kaseosaaktif, hiperemis edema, fibrostenotik, mirip tumor, Granular, ulseratif, bronkitis non-spesifik, Antracosis (gelap)
2. Pengambilan Sampel: Berbagai spesimen dapat diperoleh melalui bronkoskopi, termasuk smear dan kultur untuk mycobakteria dari aspirat bronkial atau bilasan, BAL, sikat



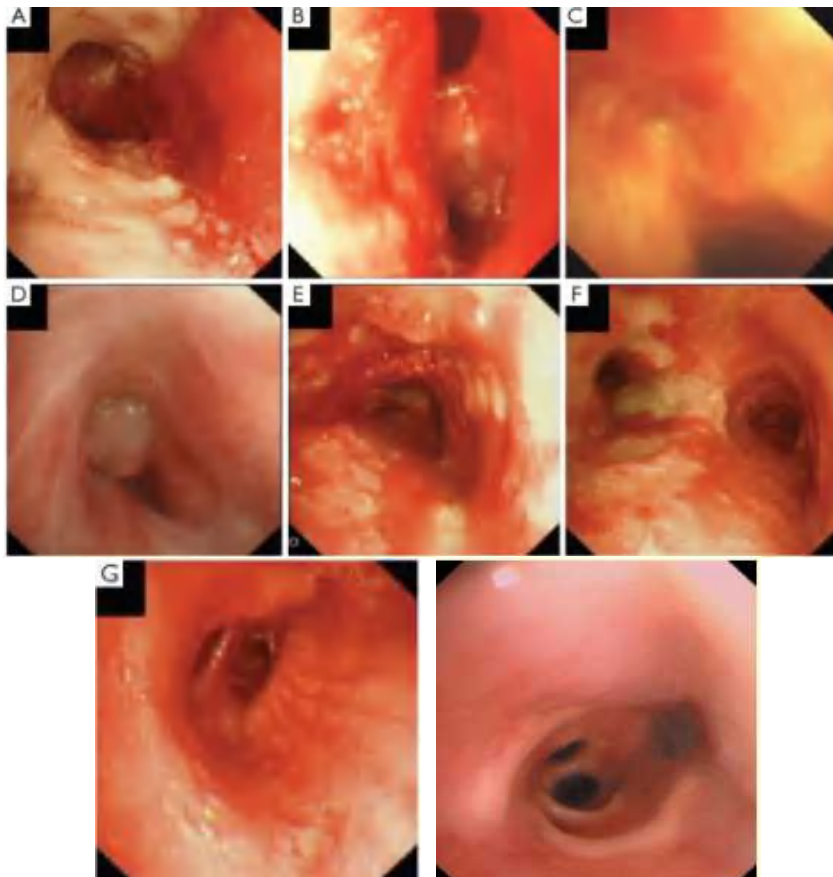
bronkial, sputum pasca-bronkoskopi, aspirasi jarum transbronkial, dan biopsi transbronkial.

3. Konfirmasi Diagnosis: Bronkoskopi dapat digunakan untuk mengonfirmasi diagnosis TB paru dengan mendapatkan sampel untuk sitopatologi dan/atau mikrobiologi.
4. Setelah prosedur sikatan bronkus dan washing, beberapa pemeriksaan diagnostik yang dapat dilakukan adalah:
 - Pemeriksaan Mikroskopis: Meliputi pewarnaan Ziehl-Neelsen untuk mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis*
 - Biakan/Kultur: Menggunakan media padat atau cair untuk mengidentifikasi bakteri dan uji kepekaan obat, Studi juga menemukan bahwa:
 - o *M. tuberculosis* dengan hasil diagnostik bervariasi dari 30 hingga 90%.
 - o NTM (Nontuberculosis *Mycobacterium*) terdeteksi pada 53,6% pasien yang melakukan bilas bronkial.
 - o Penyikatan bronkial tambahan meningkatkan tingkat positif kultur NTM (termasuk *Mycobacterium avium* complex [MAC], *M. kansasii*, dan *M. abscessus*) hanya sebesar 4,3%.
 - Tes Molekuler: Termasuk PCR dan Line Probe Assay untuk mendeteksi DNA/RNA bakteri dan mutasi gen resistensi obat.
 - Pemeriksaan Sitologi: Untuk tanda-tanda keganasan atau kondisi lain dari sel dan jaringan yang diperoleh, ditandai dengan:
 - o Sel atipikal, mendukung atypia
 - o reaktif skuamosa
 - o Infiltrasi neutrofilik dengan latar belakang nekrotik.
 - o Sel raksasa Langhans
 - o Histiosit epiteloid dengan inti bertunas atau agak melengkung



- Pemeriksaan histopatologi: Jika diperoleh jaringan atau massa dari prosedur brushing, jaringan tersebut dapat diperiksa secara histopatologi untuk diagnosis lebih lanjut.
 - o mendapatkan sampel jaringan yang memadai untuk pemeriksaan histopatologi dari prosedur bronkoskopi seperti pencucian dan sikatan bronkus dapat menjadi tantangan, karena teknik ini terutama mengumpulkan bahan seluler dan sekresi pernapasan daripada spesimen jaringan padat.
 - o Dalam kasus sikatan bronkus, sampel yang diperoleh terutama terdiri dari sel-sel yang terkelupas dari mukosa bronkus. Sel-sel ini mungkin tidak memberikan informasi arsitektur yang cukup untuk diagnosis histopatologi TB yang pasti. Namun, adanya peradangan granulomatosa atau nekrosis kaseosa pada sampel sitologi dapat meningkatkan kecurigaan terhadap TB dan mendorong penyelidikan lebih lanjut.
 - o Di sisi lain, sampel pencucian bronkus biasanya terdiri dari sekresi pernapasan, sel inflamasi, dan kadang-kadang fragmen jaringan kecil atau biopsi yang diperoleh secara tidak sengaja selama prosedur. Jika terdapat fragmen jaringan yang memadai dalam sampel, maka sampel tersebut dapat diproses untuk pemeriksaan histopatologi. adanya peradangan granulomatosa atau nekrosis kaseosa pada sampel sitologi dapat meningkatkan kecurigaan terhadap TB dan mendorong penyelidikan lebih lanjut.





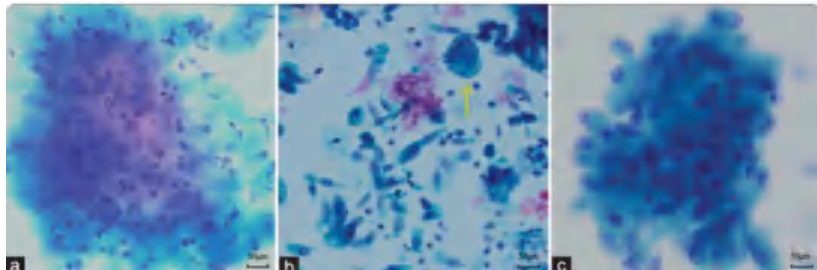
Gambar 5. Tuberkulosis mukosa bronkus pada bronkoskopi

A. kaseosaaktif; B. hiperemis edema; C. fibrostenotik; D. mirip tumor;

E. Granular; F. ulseratif; G. bronkitis non-spesifik; H. Antracosis (gelap)

Dikutip dari (18)

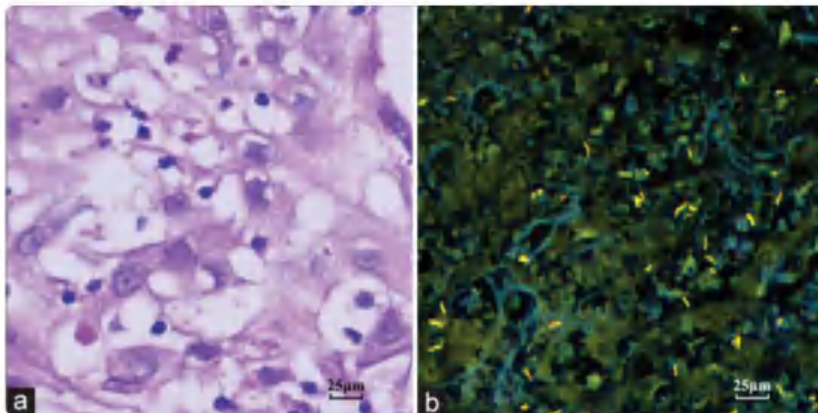




Gambar 6. Sitomorfologi representatif dari tuberkulosis endobronkial.

Pewarnaan Papanicolaou, $\times 400$. (a) Infiltrasi neutrofilik dengan latar belakang nekrotik. (b) Sel raksasa Langhans (panah kuning). (c) Histiosit epiteloid dengan inti bertunas atau agak melengkung

Dikutip dari (25)



Gambar 7. Sitologi: Nekrosis tersebar dalam epitel skuamosa atipikal yang diperkaya dengan Mycobacterium tuberculosis (MTb).

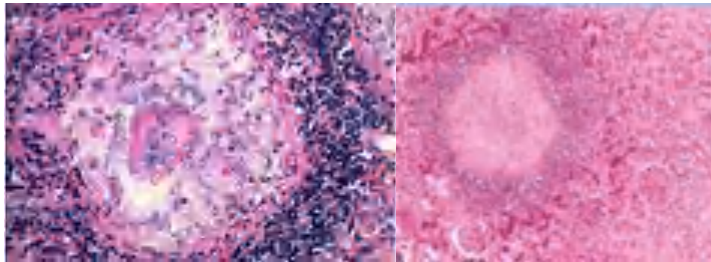
(a) Nekrosis menembus ke dalam ruang epitel skuamosa reaktif.

Pewarnaan hematoxylin dan eosin, $\times 400$ (b) MTb pada nekrosis.

n auramine-rhodamine, $\times 400$ gambar 3a dan b untuk pasien a.



Dikutip dari (25)



Gambar 8. Peradangan granulomatosa dan nekrosis kaseosa

Dikutip dari (25)

2.4. TANTANGAN DAN PELUANG DALAM PENGGUNAAN BRONKOSKOPI

Diameter mempengaruhi sejauh mana bronkoskopi dapat menelusuri saluran pernapasan. Diameter bronkoskopi yang sering digunakan 5-6 mm sehingga dapat mencapai generasi ke 3 dan ke 5 dari bronchial tree. Bronkoskopi dengan ukuran diameter yang lebih kecil (3,1 – 3,8 mm) tersedia, tapi ukuran ruang kerjanya juga kecil sehingga terbatas untuk biopsi dan kekuatan daya hisap. Keterbatasan lain dari bronkoskopi fleksibel adalah saat menatalaksana obstruksi akibat keganasan dan perdarahan saluran nafas. Pada obtruksi saluran pernapasan karena keganasan, jaringan tumor di dalam lumen harus diangkat. Bronkoskopi kaku lebih cepat mengangkat jaringan ini dibanding menggunakan bronkoskopi fleksibel, mengatasi jika terjadi perdarahan dan memasang silikon stent jika diperlukan. Bronkoskopi hanya memberikan informasi tentang kondisi endoluminal, sedangkan untuk melihat jaringan ekstralumen dibutuhkan endosonografi.



Meskipun bilasan bronkus dan sikatan bronkus telah terbukti bermanfaat dalam diagnosis tuberkulosis (TB) dan penyakit paru lainnya, terdapat beberapa tantangan yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan teknik ini. Salah satu tantangan utama adalah sifat invasif dari prosedur bronkoskopi yang diperlukan untuk melakukan bilasan bronkus dan sikatan bronkus. Prosedur ini membutuhkan keahlian khusus dari tenaga medis yang terlatih dan peralatan yang memadai. Selain itu, terdapat risiko komplikasi seperti perdarahan, pneumothoraks, dan reaksi alergi terhadap obat-obatan yang digunakan selama prosedur. Oleh karena itu, prosedur ini harus dilakukan dengan hati-hati dan hanya pada pasien yang memenuhi indikasi klinis yang tepat. Tantangan lain adalah interpretasi hasil pemeriksaan dari spesimen yang diperoleh melalui bilasan bronkus dan sikatan bronkus. Hasil positif palsu atau negatif palsu dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti kualitas spesimen, teknik pengambilan sampel, dan proses laboratorium. Oleh karena itu, diperlukan standar operasional prosedur yang ketat dan personel laboratorium yang terampil untuk memastikan akurasi hasil pemeriksaan.

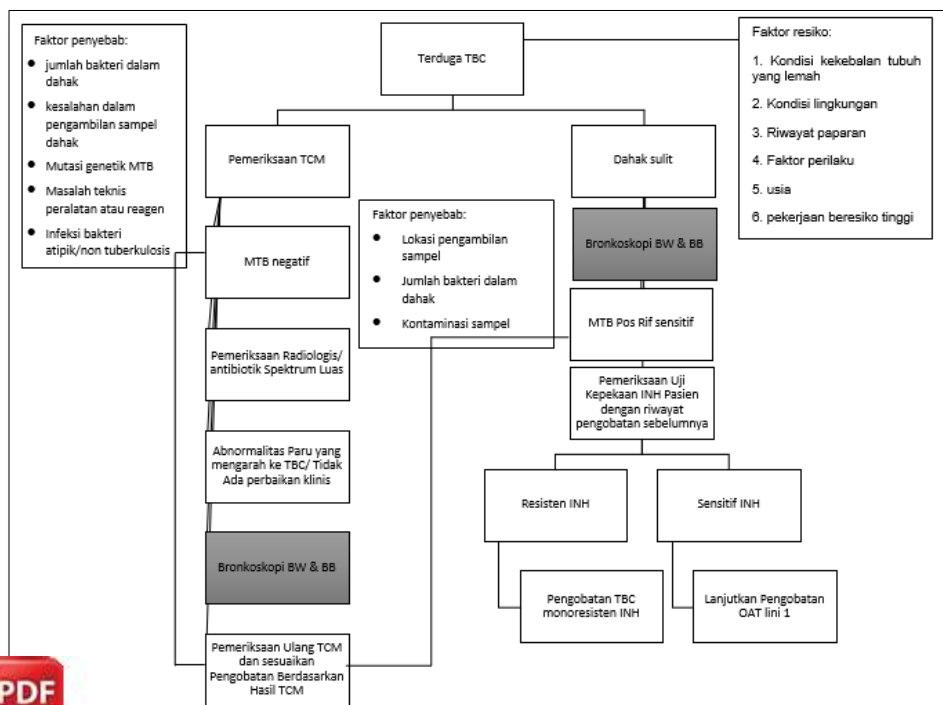
Di sisi lain, penggunaan bilasan bronkus dan sikatan bronkus juga menawarkan peluang yang signifikan dalam diagnosis dan penatalaksanaan TB dan penyakit paru lainnya. Teknik ini memungkinkan akses langsung ke area paru yang terlibat, sehingga dapat meningkatkan sensitivitas dan spesifisitas diagnosis dibandingkan dengan metode diagnostik non-invasif seperti pemeriksaan sputum atau radiologi. Selain itu, spesimen yang diperoleh dari bilasan bronkus dan sikatan bronkus dapat digunakan untuk berbagai pemeriksaan lanjutan, seperti kultur, tes molekuler, dan analisis sitologi topatologi. Hal ini memberikan informasi yang lebih insif tentang jenis infeksi atau kondisi paru yang dialami



pasien, sehingga memungkinkan penatalaksanaan yang lebih tepat dan efektif.

Dengan kemajuan teknologi dan penelitian lebih lanjut, tantangan dalam penggunaan bilasan bronkus dan sikatan bronkus diharapkan dapat diminimalkan, sementara peluang untuk meningkatkan diagnosis dan penatalaksanaan penyakit paru semakin terbuka lebar. Standarisasi prosedur, peningkatan keamanan, dan pengembangan metode diagnostik baru akan membantu memaksimalkan potensi teknik ini dalam pelayanan kesehatan yang lebih baik.^{9,20}

2.5. KERANGKA TEORI



2.6. KERANGKA KONSEP

