

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*, bakteri berbentuk batang dengan dinding sel kaya akan asam mikolat yang memberikan sifat tahan terhadap asam dan alkohol (Bayot, 2023). Meskipun berbagai strategi pengendalian telah diterapkan, TB masih menjadi salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas akibat penyakit infeksi di dunia. Laporan *Global Tuberculosis Report* menunjukkan bahwa pada tahun 2023 diperkirakan terdapat sekitar 10,8 juta kasus baru dengan lebih dari 1,25 juta kematian, sedangkan Indonesia termasuk tiga negara dengan beban TB tertinggi di dunia (World Health Organization, 2024). Tingginya beban penyakit tersebut menegaskan bahwa diagnosis laboratorium yang cepat, akurat, dan mudah diakses tetap menjadi komponen penting dalam pengendalian TB, terutama di negara berkembang dengan keterbatasan sumber daya (Maciejak-Jastrzębska et al., 2025).

Di antara berbagai metode diagnosis yang tersedia, pemeriksaan mikroskopis sputum Basil Tahan Asam (BTA) menggunakan pewarnaan Ziehl Neelsen masih menjadi metode yang paling luas digunakan di fasilitas pelayanan kesehatan primer karena sederhana, cepat, ekonomis, dan memiliki spesifisitas yang baik pada pasien dengan beban kuman tinggi (Siahaan et al.,

2021). Namun, keberhasilan pemeriksaan mikroskopis tidak hanya ditentukan oleh kualitas pewarnaan preparat, tetapi juga oleh kemampuan sistem optik mikroskop dalam membentuk citra yang mampu menampilkan morfologi *Mycobacterium tuberculosis* secara jelas. Dengan kata lain, keberhasilan identifikasi bakteri pada pemeriksaan BTA pada dasarnya merupakan hasil dari proses transfer informasi optik dari preparat menuju sistem pengamatan.

Secara morfologi, *Mycobacterium tuberculosis* memiliki ukuran yang sangat kecil, yaitu sekitar 2–4 μm dengan diameter hanya 0,2–0,6 μm , sehingga posisinya mendekati batas resolusi mikroskop cahaya (Kumbi et al., 2024). Kondisi tersebut menyebabkan visualisasi bakteri sangat bergantung pada kemampuan sistem optik dalam mengumpulkan sebanyak mungkin cahaya yang membawa informasi dari preparat. Menurut teori difraksi yang dikemukakan oleh Ernst Abbe, kemampuan mikroskop membedakan dua struktur yang berdekatan ditentukan oleh numerical aperture (NA), yang secara matematis dipengaruhi oleh indeks bias medium di antara preparat dan lensa objektif ($\text{NA} = n \sin \theta$). Semakin tinggi indeks bias medium, semakin besar kemampuan objektif mengumpulkan berkas cahaya, sehingga batas resolusi menjadi semakin kecil dan detail morfologi objek dapat diamati dengan lebih baik.

Prinsip tersebut menjadi dasar penggunaan immersion oil pada objektif 100 $\times$. Minyak imersi tidak berfungsi memperbesar objek, melainkan mempertahankan kontinuitas jalur optik antara kaca preparat dan lensa

objektif dengan mengurangi perbedaan indeks bias pada antarmuka kedua medium tersebut. Apabila ruang di antara preparat dan objektif hanya berisi udara dengan indeks bias sekitar 1,000, sebagian berkas cahaya akan mengalami pembiasan sehingga tidak seluruh informasi optik dapat diterima oleh lensa objektif. Sebaliknya, immersion oil yang memiliki indeks bias sekitar 1,515–1,518, mendekati indeks bias kaca preparat, mampu meminimalkan kehilangan cahaya, mempertahankan *numerical aperture*, mengurangi aberasi optik, serta menghasilkan resolusi, kontras, dan ketajaman citra yang lebih baik (Kumbi et al., 2024). Oleh karena itu, karakteristik optik, khususnya indeks bias, merupakan parameter fundamental yang menentukan efektivitas suatu medium imersi.

Meskipun *immersion oil* standar telah digunakan secara luas dalam pemeriksaan mikroskopis, penggunaannya masih menghadapi beberapa keterbatasan praktis, antara lain biaya yang relatif tinggi, ketergantungan terhadap produk komersial, serta ketersediaannya yang tidak selalu memadai pada laboratorium dengan sumber daya terbatas. Kondisi tersebut mendorong pencarian medium imersi alternatif yang tidak hanya lebih mudah diperoleh, tetapi juga memiliki karakteristik optik yang mampu mempertahankan mekanisme pembentukan citra mikroskopis. Dengan demikian, pemilihan bahan alternatif tidak semata-mata didasarkan pada aspek ekonomi, melainkan harus didukung oleh kesesuaian sifat optiknya terhadap sistem mikroskop.

Salah satu bahan alami yang memiliki potensi sebagai medium imersi

adalah *castor oil* (*Ricinus communis*). *Castor oil* tersusun terutama oleh trigliserida dengan kandungan asam risinoleat yang sangat tinggi, yaitu sekitar 85–90%, sehingga memiliki karakteristik fisik yang berbeda dibandingkan sebagian besar minyak nabati lainnya. Keberadaan gugus hidroksil pada asam risinoleat meningkatkan polarizabilitas molekul yang berkontribusi terhadap tingginya indeks bias, viskositas, transparansi, dan stabilitas optik *castor oil* (Setayeshnasab et al., 2024). Berbagai penelitian melaporkan bahwa *castor oil* memiliki nilai indeks bias sekitar 1,476–1,480, yaitu relatif mendekati *immersion oil* standar, sehingga secara teoritis berpotensi mempertahankan transmisi cahaya yang diperlukan dalam sistem mikroskop.

Penelitian Rastogi et al. (2017) menunjukkan bahwa *castor oil* mampu menghasilkan kualitas visualisasi mikroskopis yang sebanding dengan *immersion oil* standar pada identifikasi parasit malaria. Namun demikian, hasil tersebut belum dapat secara langsung diterapkan pada pemeriksaan *Mycobacterium tuberculosis*. Dibandingkan parasit malaria, *Mycobacterium tuberculosis* memiliki ukuran yang lebih kecil dan mendekati batas resolusi mikroskop cahaya sehingga memerlukan efisiensi transmisi cahaya dan kualitas sistem optik yang lebih tinggi. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan ilmiah mengenai apakah karakteristik optik *castor oil*, khususnya indeks biasnya, cukup untuk mempertahankan kualitas visualisasi pada objek mikroskopis yang memiliki tuntutan resolusi lebih tinggi seperti *Mycobacterium tuberculosis*.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik optik *castor oil* melalui pengukuran indeks bias serta menganalisis kemampuannya sebagai medium imersi alternatif berdasarkan kualitas visualisasi mikroskopis *Mycobacterium tuberculosis* pada pewarnaan Ziehl Neelsen. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan alternatif medium imersi yang lebih ekonomis dan mudah diperoleh, tetapi juga memberikan pemahaman ilmiah mengenai hubungan antara indeks bias, transmisi cahaya, kualitas pembentukan citra, dan visualisasi mikroskopis bakteri, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan medium imersi berbasis bahan alami pada pemeriksaan laboratorium

B. Rumusan Masalah

Apakah *Castor oil* dapat digunakan sebagai media alternatif *immersion oil* berdasarkan kualitas visualisasi mikroskopis *Mycobacterium tuberculosis* pada pemeriksaan mikroskopis Ziehl Neelsen?

C. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui kemampuan *Castor oil* sebagai media alternatif *immersion oil* berdasarkan kualitas visualisasi menganalisis perbedaan kualitas visualisasi mikroskopis *Mycobacterium tuberculosis* pada pemeriksaan mikroskopis Ziehl Neelsen.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Secara Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang laboratorium medis, khususnya dalam pemeriksaan mikroskopis bakteri tahan asam (BTA). Hasil penelitian

ini dapat menambah informasi ilmiah mengenai potensi castor oil sebagai media imersi alternatif berdasarkan prinsip optic mikroskopi, terutama yang berkaitan dengan indeks refraksi, resolusi, kontras dan ketajaman citra mikroskopis.

2. Manfaat Secara Praktik

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penggunaan castor oil sebagai alternatif immersion oil dalam pemeriksaan mikroskopis mycobacterium tuberculosis, terutama pada kondisi keterbatasan ketersediaan immersion oil standar. Juga penelitian ini dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang mengkaji karakteristik optic castor oil, efektivitas pengunanya pada objek mikroskopis lain, maupun pengembangan media imersi alternatif berbasis bahan alami.

E. Ruang Lingkup

Penelitian ini termasuk dalam ruang lingkup bidang Teknologi Laboratorium Medis khususnya di sub bidang mikrobiologi dan mikroskop diagnostik.

F. Keaslian penelitian

1. Restogi *et al.* (2017) meneliti penggunaan minyak nabati sebagai alternatif minyak imersi pada pemeriksaan mikroskopis parasite malaria dalam eritrosit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa jenis minyak nabati termasuk *castor oil* mampu menghasilkan kualitas visualisasi yang sebanding dengan *immersion oil* standar sehingga berpotensi digunakan sebagai media imersi alternatif pada pemeriksaan mikroskopis.

Persamaan penelitian ini terletak pada pemanfaatan *castor oil* sebagai

alternatif *immersion oil* dan penilaian kualitas visualisasi mikroskopis. Perbedaananya terletak pada objek penelitian dimana restogi *et al.* menggunakan parasite malaria dalam eritrosit, sedangkan penelitian ini menggunakan preparate BTA positif *Mycobacterium tuberculosis*.

2. Sarhan *et al.*(2025) meneliti karakteristik fisik dan optic *castor oil* melalui pengukuran indeks refraksi, densitas dan viskositas dinamis pada sampel biodiesel berbasis *castor oil*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan komposisi *castor oil* dapat dideteksi secara sensitive melalui perubahan indeks refraktif, sehingga indeks refraksi dapat digunakan sebagai parameter yang menggambarkan karakteristik optic *castor oil* secara akurat.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang ditulis pada penggunaan *castor oil* sebagai objek kajian dan karakteristiknya dengan sifat optic.

Perbedaanya penelitian sarhan *et al.* berfokus pada karakteristik fisik dan optic *castor oil*, sedangkan penelitian ini mengkaji pengaruh penguasaan *castor oil* terhadap kualitas visualisasi mikroskopis *mycobacterium tuberculosis*.

3. Sergievskaya *et al.* (2021) meneliti pemanfaatan *castor oil* sebagai mdium cair dalam pembentukan nanopartikel emas menggunakan metode magnetron sputtering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *castor oil* memiliki stabilitas fisik dan karakteristik optic yang baik dalam mendukung transmisi sertainteraksi cahaya. Temuan tersebut menunjukan bahwa *castor oil* mampu mempertahankan sifat optic

sebagai medium berbias cahaya.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan terletak pada penggunaan *castor oil* dan kajian terhadap karakteristik optiknya.

Perbedaannya, penelitian sergievskaya *et al.* berada pada bidang nanoteknologi dan material, sedangkan penelitian ini berada pada bidang teknologilaboratorium medis dengan fokus pada kualitas visualisasi mikroskopis *mycobacterium tuberculosis*.