

ABSTRAK

Penyakit Tuberkulosis (TBC) masih menjadi masalah kesehatan global yang memerlukan diagnosis yang cepat dan akurat. Salah satu metode diagnosis yang umum digunakan adalah pemeriksaan mikroskopis dengan pewarnaan Ziehl-Neelsen (ZN) pada sampel dahak. Namun, kualitas pewarnaan yang kurang optimal seperti *Over Staining* atau *Less Staining* dapat memengaruhi akurasi pembacaan mikroskopis dan menyebabkan kesalahan diagnosis. Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah belum tersedianya sistem otomatis berbasis *Machine Learning* (ML) yang mampu mengklasifikasikan kualitas pewarnaan ZN sekaligus menghitung jumlah bakteri TBC secara efisien dan fleksibel di lingkungan tanpa koneksi internet.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mengembangkan sebuah aplikasi *standalone* berbasis ML yang dapat melakukan klasifikasi kualitas pewarnaan ZN dan menghitung jumlah bakteri TBC secara otomatis. Sistem ini dibangun agar dapat berjalan secara lokal (offline) dan terintegrasi antara model klasifikasi berbasis CNN dan deteksi bakteri berbasis YOLOv11. Aplikasi dilengkapi fitur preprocessing otomatis, validasi input gambar, serta notifikasi apabila gambar tidak memenuhi kriteria analisis. Seluruh data hasil klasifikasi disimpan secara terenkripsi pada server lokal, memastikan keamanan dan efisiensi sistem dalam lingkungan operasional laboratorium.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap dataset uji, sistem klasifikasi dengan model CNN mencapai akurasi, presisi, sensitivitas, spesifisitas, dan F1-score sebesar 100% pada setiap kelas (Good Staining, Less Staining, Over Staining). Pada tahap deteksi bakteri, model YOLOv11 menunjukkan performa evaluasi dengan mAP, precision, recall, dan F1-score $\geq 80\%$. Waktu rata-rata pemrosesan gambar pada 30 laptop berbeda tercatat ≤ 3 detik per gambar. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki performa tinggi, fleksibel, dan siap diimplementasikan dalam skala operasional laboratorium maupun daerah dengan keterbatasan jaringan.

Kata kunci : aplikasi standalone, klasifikasi gambar, machine learning, tuberkulosis, Ziehl-Neelsen.