



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

Integrasi Sistem Pengambilan Gambar Mikroskopis untuk Deteksi Bakteri Mycobacterium Tuberculosis Secara Otomatis

Agus Darmawan

18917202

Tesis diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Magister Komputer

Konsentrasi Informatika Medis

Program Studi Informatika Program Magister

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

2023

Lembar Pengesahan Pembimbing

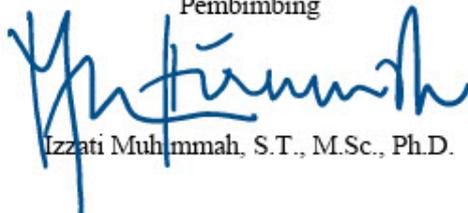
Integrasi Sistem Pengambilan Gambar Mikroskopis untuk Deteksi Bakteri Mycobacterium Tuberculosis Secara Otomatis

Agus Darmawan

18917202

Yogyakarta, 13 Februari 2023

Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Izzati Muhammadiyah', is written over the printed name. The signature is fluid and cursive, with the first letter 'I' being particularly large and stylized.

Izzati Muhammadiyah, S.T., M.Sc., Ph.D.

Lembar Pengesahan Penguji

Integrasi Sistem Pengambilan Gambar Mikroskopis untuk Deteksi Bakteri Mycobacterium Tuberculosis Secara Otomatis

Agus Darmawan

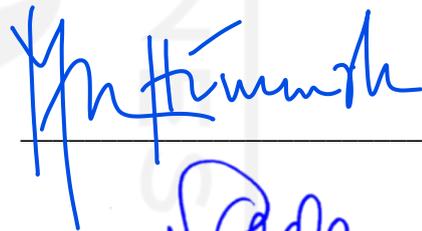
18917202

Yogyakarta, 25 Februari 2023

Tim Penguji,

Izzati Muhimmah, ST., M.Sc., Ph.D

Ketua



Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T.

Anggota I



Irving Vitra Paputungan. T., M.Sc., Ph.D.

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika Program Magister

Universitas Islam Indonesia



Irving Vitra Paputungan. T., M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Integrasi Sistem Pengambilan Gambar Mikroskopis untuk Deteksi Bakteri Mycobacterium Tuberculosis Secara Otomatis

Kemenkes RI saat ini sedang menjalankan program untuk mencapai eliminasi Tuberculosis (TB) pada tahun 2030. Pada tingkat Puskesmas, penegakan diagnosis TB menggunakan pemeriksaan BTA. Pada proses ini, dahak pasien disiapkan dalam bentuk preparat dan diamati oleh analis laboran melalui lensa mikroskop. Proses pelaporan untuk keperluan penegakkan diagnosa ini memerlukan perhitungan jumlah dari bakteri TB dalam 100 lapang pandang per-preparat. Proses pengamatan mikroskopis manual semacam ini melelahkan dan hasil pembacaan bersifat subjektif. Penelitian ini menawarkan desain integrasi pengambilan gambar mikroskopis secara otomatis dengan sistem deteksi bakteri TB yang terintegrasi dengan komputer. Proses pengambilan gambar secara otomatis diperoleh dengan bantuan motor penggerak yang ditambahkan pada mikroskop. Dengan penambahan motor penggerak ini, proses pengambilan gambar mikroskopis untuk 100 lapang pandang membutuhkan waktu ± 450 detik. Dari proses integrasi ini, terlihat potensi sistem yang diusulkan dapat mengurangi kelelahan kerja analis laboran dalam melakukan pengamatan mikroskopis secara manual. Sistem deteksi bakteri TB memanfaatkan prinsip kerja bidang teknik pengolahan citra melalui penggabungan metode color-deconvolution, segmentation, dan countour-detection. Nilai komparasi deteksi objek TB sistem dengan pakar menghasilkan nilai sensitifitas sebesar 77% dan nilai spesifisitas sebesar 68%. Rendahnya rate deteksi ini dikarenakan citra yang diperoleh masih banyak yang kabur. Sehingga, perlu investigasi lebih lanjut dalam menentukan laju pergerakan motor penggerak dan timing yang tepat untuk pengambilan gambar mikroskopis, supaya citra yang dihasilkan tidak kabur. Hasil akhir yang menjadi fokus dari penulisan ini ialah keberhasilan integrasi sistem yang dilakukan antara sistem penggerak motor pada dudukan preparat dengan sistem deteksi bakteri TB untuk menjadi satu kesatuan sistem.

Kata kunci

Tuberculosis, Sputum, Image Processing, Mikroskop.

Abstract

Integration of Microscopic Image Capturing System for Automatic Detection of Mycobacterium Tuberculosis Bacteria

The Ministry of Health of the Republic of Indonesia is currently running a program to achieve the elimination of Tuberculosis (TB) by 2030. At the Puskesmas level, TB diagnosis is confirmed using BTA examination. In this process, the patient's sputum is prepared in the form of preparations and observed by the laboratory analyst through the lens of a microscope. The reporting process to establish this diagnosis requires the calculation of the number of TB bacteria in 100 fields of view per preparation. This kind of manual microscopic observation process is tedious and the reading results are subjective. This study offers an integrated design for automatic microscopic imaging with a computer-integrated TB bacteria detection system. The process of taking pictures is automatically obtained with the help of a driving motor that is added to the microscope. With the addition of this motor, the process of taking microscopic images for 100 fields of view takes ± 450 seconds. From this integration process, it can be seen that the potential of the proposed system can reduce the work fatigue of laboratory analysts in conducting microscopic observations manually. The TB bacteria detection system utilizes the working principle of image processing techniques by combining color-deconvolution, segmentation, and contour-detection methods. The comparative value of the TB object detection system with experts resulted in a sensitivity value of 77% and a specificity value of 68%. The low detection rate is because the image obtained is still a lot blurry. Thus, further investigation is needed in determining the rate of movement of the driving motor and the right timing for taking microscopic images, so that the resulting image is not blurry. The final result that is the focus of this paper is the successful integration of the system carried out between the motor drive system on the preparation stand and the TB bacteria detection system to become a unified system.

Keywords

Tuberculosis, Sputum, Image Processing, Microscope.

Pernyataan Keaslian Tulisan

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini merupakan tulisan asli dari penulis, dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya atau tulisan dari penulis lain terkecuali referensi atas material tersebut telah disebutkan dalam tesis. Apabila ada kontribusi dari penulis lain dalam tesis ini, maka penulis lain tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam tesis ini.

Dengan ini saya juga menyatakan bahwa segala kontribusi dari pihak lain terhadap tesis ini, termasuk bantuan analisa statistik, desain survei, analisa data, prosedur teknis yang bersifat signifikan, dan segala bentuk aktivitas penelitian yang dipergunakan atau dilaporkan dalam tesis ini telah secara eksplisit disebutkan dalam tesis ini.

Segala bentuk hak cipta yang terdapat dalam material dokumen tesis ini berada dalam kepemilikan pemilik hak cipta masing-masing. Apabila dibutuhkan, penulis juga telah mendapatkan izin dari pemilik hak cipta untuk menggunakan ulang materialnya dalam tesis ini.

Yogyakarta, 25 Februari 2023



Handwritten signature of Agus Darmawan.

Agus Darmawan, S.Kom

Daftar Publikasi

{Tulis daftar publikasi selama masa studi dengan menggunakan format standar referensi APA. Pilih publikasi berdasarkan jenis publikasi, misal: jurnal, bab dalam buku, prosiding konferensi, dan lain-lain.

Semua publikasi yang termaktub di atas didetikan di bawah (**Publikasi yang menjadi bagian dari tesis**).

Publikasi yang menjadi bagian dari tesis

{Jika ada sebagian atau semua dari publikasi selama masa studi diikutsertakan dalam tesis ini, gunakan bagian berikut untuk mendetikan publikasi yang dimaksud. Berikan deskripsi kontribusi dari masing-masing penulis jika anda bukan satu-satunya penulis.

Sebagai contoh:

Publikasi berikut menjadi bagian dari Bab 3

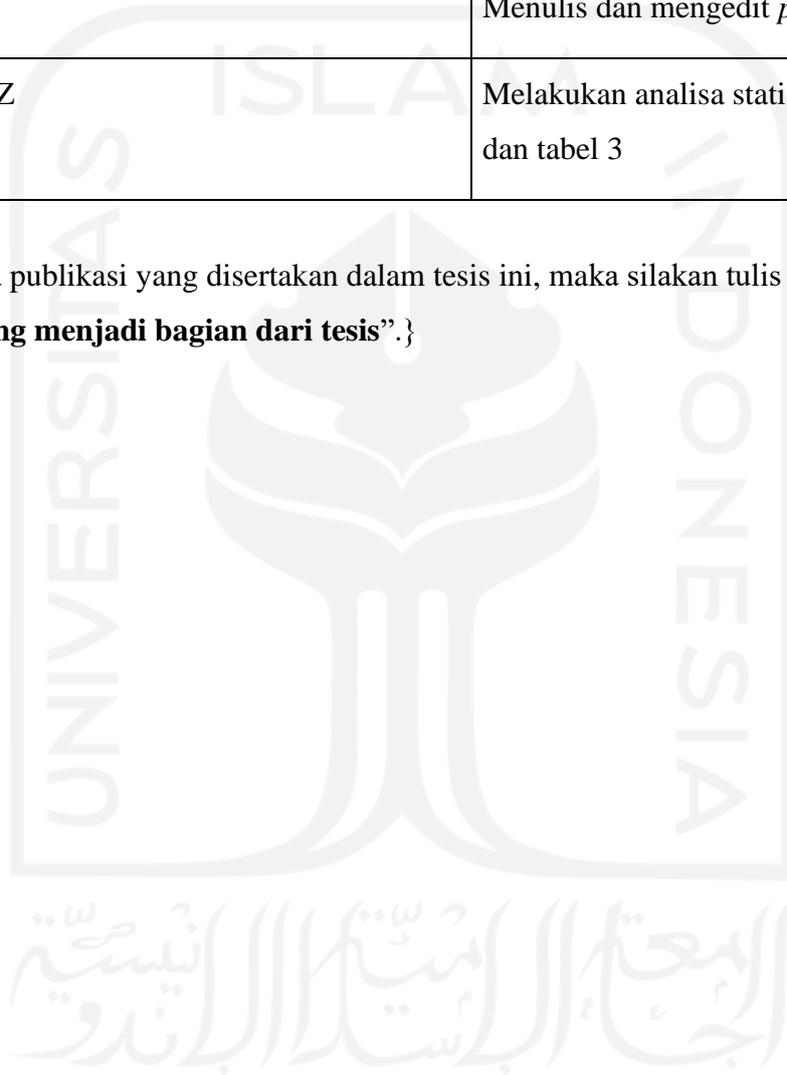
Sitasi publikasi 1

Kontributor	Jenis Kontribusi
Author XXXX (Anda)	Mendesain eksperimen (60%) Menulis <i>paper</i> (70%)
Author YYYY	Mendesain eksperimen (40%) Menulis dan mengedit <i>paper</i> (30%)
Author ZZZZ	Melakukan analisa statistik dari data di tabel 2 dan tabel 3

Sitasi publikasi n

Kontributor	Jenis Kontribusi
Author XXXX (Anda)	Mendesain eksperimen (60%) Menulis <i>paper</i> (70%)
Author YYYY	Mendesain eksperimen (40%) Menulis dan mengedit <i>paper</i> (30%)
Author ZZZZ	Melakukan analisa statistik dari data di tabel 2 dan tabel 3

Jika tidak ada publikasi yang disertakan dalam tesis ini, maka silakan tulis “**Tidak ada publikasi yang menjadi bagian dari tesis**”.



Halaman Kontribusi

Ucapan terimakasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan dana penelitian yang dihibahkan pada penelitian ini dengan nomor kontrak 012/ST-DirDPPM/70/DPPM/PPS-PTM-KEMENDIKBUDRIS TEK/V/2022, diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini dapat membantu pengembangan teknologi dibidang medis Indonesia, dan penerapannya dapat memudahkan pelayanan kesehatan di Indonesia untuk mendeteksi penyebaran bakteri TB secara dini.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Dinas Kesehatan Kabupaten Temanggung dan Dinas Kesehatan Kabupaten Sleman atas ketersediaan data sekunder pasien penderita TB, tanpa ketersediaan data yang memumpuni pengembangan sistem akan terkendala.

Dan juga tidak lupa ucapan terimakasih kepada Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia atas peminjaman fasilitas mikroskop dan ruangan laboratorium yang digunakan dalam pengembangan sistem ini.



Halaman Persembahan



Kata Pengantar



Daftar Isi

Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji.....	iii
Abstrak	iv
Abstract.....	v
Pernyataan Keaslian Tulisan	vi
Daftar Publikasi	vii
Halaman Kontribusi.....	ix
Halaman Persembahan	x
Kata Pengantar.....	xi
Daftar Isi.....	xii
Daftar Tabel.....	xv
Daftar Gambar	xvi
Glosarium	xvii
BAB 1 Pendahuluan	18
1.1 Latar Belakang.....	18
1.2 Rumusan Masalah.....	20
1.3 Tujuan	20
1.4 Manfaat Penelitian	20
1.5 Batasan Masalah	20
1.6 Sistematika Penulisan	20
BAB 2 Tinjauan Pustaka	22
2.1 Pendahuluan.....	22
2.2 Konsep Pengetahuan.....	23
BAB 3 Metodologi	28
3.1 Tahapan Penelitian.....	28

3.2	Analisa Masalah.....	28
3.2.1	Studi Literatur.....	28
3.2.2	Kebutuhan Sistem.....	28
3.3	Implementasi Sistem.....	29
3.3.1	Motorik Mikroskop	29
3.3.2	Sistem Deteksi Bakteri TB	29
3.3.3	Integrasi Sistem Mikroskop dengan Deteksi Bakteri	31
3.4	Pengujian	31
3.4.1	Evaluasi Hasil Pengambilan Citra	32
3.4.2	Evaluasi Akurasi Deteksi.....	32
3.4.3	Evaluasi Waktu Sistem.....	33
BAB 4 Hasil dan Pembahasan.....		34
4.1	Motor Mikroskop.....	34
4.1.1	Motor Controller.....	34
4.1.2	Komunikasi Motor Controller dan Komputer	35
4.2	Deteksi Bakteri TB	35
4.3	Integrasi Sistem Mikroskop Dengan Sistem Deteksi Bakteri TB.....	38
4.3.1	Perancangan User Interface	38
4.3.2	Alur Penggunaan Sistem	39
4.4	Pengujian	43
4.4.1	Evaluasi Hasil Pengambilan Citra	43
4.4.2	Evaluasi Akurasi Deteksi.....	47
4.4.3	Evaluasi Waktu Sistem.....	64
BAB 5 Kesimpulan dan Saran.....		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran	66
Daftar Pustaka		68

LAMPIRAN A	70
LAMPIRAN B.....	72
LAMPIRAN C.....	77



Daftar Tabel

Tabel 2.1 Klasifikasi Bakteri TB.....	24
Tabel 2.2 Deteksi bakteri TB.....	25
Tabel 2.3 Akuisisi Citra Otomatis	26
Tabel 3.1. Skala penentu tingkat keparahan bakteri Tuberculosis	30
Tabel 4.1 Evaluasi kualitas citra pemotretan.....	46
Tabel 4.2. Komparasi hasil deteksi sistem dengan pakar	49
Tabel 4.3. <i>Confusion matrix</i> komparasi sistem dengan pakar.....	63
Tabel 4.4 Waktu komputasi sistem	65



Daftar Gambar

Gambar 3.1. Tahapan penelitian.....	28
Gambar 3.2. Sistem motorik mikroskop.....	29
Gambar 3.3. Karakter dan bentuk bakteri TB pada citra digital.....	30
Gambar 3.4. Mikroskop dengan tambahan kamera pada lensa pengamatan.....	31
Gambar 4.1. Alur kerja motorik mikroskop	34
Gambar 4.2. Rangkaian elektronik <i>motor controller</i>	34
Gambar 4.3. Alur deteksi bakteri TB	36
Gambar 4.4. (a) Citra bakteri TB, (b) Hasil <i>color-deconvolution</i> pertama yang memperjelas perbedaan warna objek dan area sekita objek, (c) Hasil <i>color-deconvolution</i> kedua yang menampilkan area objek dengan dominan warna yang berbeda pada citra.....	36
Gambar 4.5. Pseudocode penambahan pemisah warna merah pada citra	37
Gambar 4.6. Hasil deteksi dan pelabelan bakteri.	38
Gambar 4.7. Rancangan <i>graphic user interface</i> sistem motorik mikroskop	39
Gambar 4.8. Pemasangan preparat pada lensa perbesaran 100x.	39
Gambar 4.9. Antar muka sistem deteksi objek bakteri secara otomatis.	40
Gambar 4.10. Diagram alur kerja pergerakan dan pemotretan mikroskopis secara otomatis.	41
Gambar 4.11. Menghubungkan motor kontrol ke komputer.	42
Gambar 4.12. Posisi kamera pada lensa mikroskop.	42
Gambar 4.13. Integrasi motor kontrol, kamera dan komputer.	43
Gambar 4.14. (a) Citra hasil kecepatan motor 10rpm, (b) Citra hasil kecepatan motor 100rpm, (c) Citra hasil kecepatan 200rpm.	44
Gambar 4.15. Proses FGD dengan ATLM Dinas Kesehatan Sleman untuk evaluasi kualitas citra pemotretan.	45
Gambar 4.16. Hasil deteksi dan pelabelan pakar.....	48
Gambar 4.17. Bakteri TB dengan kondisi tumpang tindih.....	63
Gambar 4.18. (a) Menunjukkan citra tidak jelas akibat getaran pergerakan perpindahan motor, (b) Menunjukkan citra yang jelas.....	64

Glosarium

TB	- Bakteri Tuberculosis
ATLM	- Ahli Teknologi Laboratorium Medik
PUSKESMAS	- Pusat Kesehatan Masyarakat
FGD	- Focus Discussion Group
BTA	- Bakteri Tahan Asam
GUI	- Graphic User Interface



BAB 1

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

TB (Tuberculosis) merupakan salah satu jenis penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri yang disebut dengan MTb (*Mycobacterium tuberculosis*) dan dapat menyebar melalui udara yang dilepaskan oleh penderita sehingga dapat tersalurkan dengan sangat mudah terhadap orang lain (Basic TB Facts | TB | CDC, 2020). Penyakit ini menyerang organ tubuh paru-paru penderita yang dapat mengakibatkan timbulnya rasa tidak nyaman di daerah dada, intensitas batuk yang berlangsung lebih dari 3 minggu hingga munculnya darah, suhu badan yang tidak konsisten, kelelahan, berkeringat di malam hari, dan kehilangan selera makan. Namun selain gejala-gejala yang timbul dari penyakit TB, penyakit ini juga dapat mempengaruhi beberapa organ tubuh lain dengan penyebaran melalui aliran darah manusia, diantaranya nyeri tulang belakang, kerusakan sendi, meningitis, ginjal, dan gangguan jantung (Tuberculosis - Symptoms and Causes - Mayo Clinic, 2020). Penyakit TB akan sangat mudah menyerang seseorang dengan tingkat kekebalan tubuh yang rendah, seseorang yang memiliki gejala-gejala penyakit TB dan tingkat kekebalan tubuh sedang menurun dapat dipastikan bahwa orang tersebut terkena penyakit TB aktif, biasanya terjadi pada orang-orang dengan paru-paru yang rusak maupun karena merokok (Murrell, 2018). Berbeda halnya dengan seseorang yang terjangkit TB laten yang tidak menampilkan gejala-gejala TB namun bakteri TB akan tetap berada dalam tubuh penderita.

Salah satu cara untuk diagnosis penderita TB dilakukan dengan pemeriksaan dahak yang dikeluarkan oleh penderita saat batuk. Dahak dari penderita TB akan melalui proses pewarnaan *Ziehl neelsen* (menggunakan larutan fuksin karbol yang pekat dan panas) dengan tujuan untuk memudahkan pengamat dalam membedakan pola dan kriteria dari bakteri penyebab timbulnya penyakit TB dan diamati menggunakan alat yang disebut mikroskop (World Health Organization, 2021).

Pemeriksaan dahak dengan mikroskop biasanya dilakukan di fasilitas kesehatan masyarakat, yaitu PUSKESMAS. Proses pemeriksaan dilakukan oleh petugas kesehatan atau Ahli Teknologi Laboratorium Medik (ATLM). Mikroskop menjadi salah satu alat medis yang berperan dalam membantu melakukan proses analisis dan diagnosis terhadap suatu penyakit dengan memperhatikan pola dan beberapa kriteria suatu penyakit dari darah, sel

tubuh, maupun bagian tubuh lainnya. Namun pendeteksian terhadap objek bakteri penyebab TB masih sangat objektif berdasarkan hasil pengamatan dari masing-masing ATLM.

Hasil pengamatan ATLM akan sangat berpengaruh terhadap diagnosis penyakit yang dialami oleh pasien. Sehingga, pendapat yang sangat objektif ini perlu adanya sebuah standar yang sesuai untuk dapat menentukan hasil dari objek pengamatan secara optimal. Pengamatan menggunakan perangkat mikroskop memiliki beberapa prosedur penggunaan yang perlu diperhatikan. Salah satunya merupakan masalah jangka waktu seorang ATLM dalam menggunakan perangkat mikroskop, dimana jangka waktu yang sangat baik untuk mengamati mikroskop adalah selama 2 jam dalam 1 hari.

Menurut (Hamson et al., 2021), penggunaan teknologi informasi di bidang kesehatan amat sangat banyak. Diantaranya sebagai pengumpul data penyakit, pembuatan daftar diagnosis banding, sampai dengan memberikan umpan balik diagnosis untuk ATLM. Pengembangan teknologi dibidang kesehatan sangat membantu ATLM dalam meringankan proses diagnosis terhadap penyakit. Hal ini juga dapat diterapkan pada pengamatan terhadap deteksi bakteri TB. Penelitian sebelumnya oleh (Pratama, 2020) mengembangkan sistem untuk deteksi bakteri TB dari citra hasil pemotretan mikroskop. Namun penelitian ini hanya mendeteksi bakteri dan tidak terhubung dengan mikroskopya.

Dengan begitu penggunaan mikroskop yang telah terhubung dengan sistem visual digital dan sistem deteksi bakteri TB pada komputer akan sangat meringankan proses pengamatan yang akan dilakukan oleh ATLM terhadap objek pengamatan bakteri. Mikroskop yang telah ditambahkan sebuah kamera untuk mencitrakan tangkapan lensa mikroskop ke layar komputer. Sehingga ATLM tidak perlu melakukan pengamatan menggunakan mikroskop dengan memandang lensa secara langsung.

Proses deteksi bakteri secara otomatis akan sangat mempermudah ATLM dan diagnosis terhadap penderita penyakit TB tanpa melalui hasil pengamatan yang objektif. Pembuatan sistem yang terintegrasi dengan sistem visual digital dari lensa mikroskop berjenis binocular ke komputer akan sangat membantu ATLM dalam kemudahan untuk melihat objek tanpa harus melihat secara langsung ke arah mikroskop, dan dengan dibuatkannya sistem yang dapat mengambil gambar secara otomatis dan menghasilkan deteksi bakteri TB secara otomatis. Hal ini akan sangat mempersingkat waktu untuk menentukan hasil diagnosis terhadap objek pengamatan, dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra untuk dapat mengidentifikasi atau membedakan antara objek bakteri TB dan bukan bakteri.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengintegrasikan sistem motorik mikroskop dengan sistem deteksi bakteri TB?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan, yaitu untuk menghasilkan integrasi sistem antara sistem penggerak motor pada dudukan preparat dengan sistem deteksi bakteri TB untuk menjadi satu kesatuan sistem.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan diantaranya.

1. Dapat membuat motor penggerak untuk mempermudah ATLM menganalisa bakteri TB menggunakan mikroskop.
2. Dapat mendeteksi bakteri TB dari citra hasil pemotretan mikroskop.
3. Dapat menghasilkan integrasi sistem antara sistem penggerak motor pada dudukan preparat dengan sistem deteksi bakteri TB untuk menjadi satu kesatuan sistem.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian ini, ada beberapa batasan masalah yang perlu diperhatikan, hal ini bertujuan agar riset yang dilakukan tidak menyimpang dari pokok pembahasan yang diangkat, maka berikut batasan masalah dari penelitian ini.

1. Berfokus pada motorik mikroskop dan integrasi antara sistem motorik mikroskop dengan sistem deteksi TB.
2. Algoritma deteksi bakteri menggunakan algoritma yang telah dikembangkan oleh (Pratama, 2020).
3. Perpindahan pergerakan dudukan preparat hanya bergerak secara horizontal.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian akan disusun sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Pada Bab1 berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Pada Bab 2 berisi literatur *review* dari penelitian sebelumnya dan juga konsep pengetahuan.

Bab 3 Metodologi

Pada Bab 3 berisi metodologi penelitian yang digunakan.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Pada Bab 4 berisi hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Pada Bab 5 berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.



BAB 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Pendahuluan

Penelitian ini akan berfokus pada deteksi dan klasifikasi bakteri TB dengan membandingkan beberapa riset yang sebelumnya telah dilakukan.

Berdasarkan laporan WHO, pada tahun 2016 TB masih menempati peringkat ke-10 sebagai penyakit dengan jumlah kematian yang tinggi, dengan gejala utama pasien mengalami batuk berdahak selama 2 minggu atau lebih. WHO sendiri telah menetapkan 3 indikator TBC beserta target untuk dicapai oleh negara-negara di dunia (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2021), diantaranya:

1. Menurunkan jumlah kematian TBC sebanyak 95% pada tahun 2035 dibandingkan kematian pada tahun 2015.
2. Menurunkan insidens TBC sebanyak 90% pada tahun 2035 dibandingkan tahun 2015.
3. Tidak ada keluarga pasien TBC yang terbebani pembiayaannya terkait pengobatan TBC pada tahun 2035.

Klasifikasi mengenai TB terbagi menjadi 5 jenis pemaparan (San Mateo County Health Department, 2007), dengan dilakukannya pengujian tes kulit TB (tes tuberkulin mantoux) yang berfungsi untuk mengukur tingkat responsifitas dari sistem kekebalan tubuh seseorang terhadap bakteri penyebab TB (Basic TB Facts | TB | CDC, n.d. 2020), diantaranya:

1. Tidak ada paparan TB dan tidak terinfeksi: Tidak terdapat riwayat terjadinya paparan TB dan hasil dari tes kulit menampilkan reaksi negatif.
2. Terpapar TB dan tidak ada bukti terinfeksi: Memiliki riwayat terpapar TB dan hasil dari tes kulit menampilkan reaksi negatif.
3. Terinfeksi TB dan tidak ada timbul penyakit: Hasil dari tes kulit menampilkan reaksi positif terkena TB, namun tidak timbulnya penyakit berdasarkan uji klinis.
4. Mengalami Penyakit TB: Pengujian klinis maupun tes kulit sama-sama menghasilkan reaksi positif terjadinya TB.
5. Sebelumnya memiliki penyakit TB: Memiliki riwayat sembuh dari TB, namun tes kulit masih menampilkan reaksi positif dan tidak timbulnya penyakit berdasarkan uji klinis.

6. Tersangka penyebaran TB: Diagnosis terhadap tersangka sebagai agen penyebaran TB, bagian yang paling berbahaya untuk setiap orang.

2.2 Konsep Pengetahuan

Riset yang membahas mengenai deteksi TB pada paru-paru dengan menggunakan citra hasil X-Ray memanfaatkan teknik filter median untuk dapat menghilangkan gurau pada gambar, dari hasil pengujian yang dilakukan dengan digabungkannya beberapa model pengolahan citra yaitu *watershed* dan *gray level thresholding* menghasilkan gambar yang sangat akurat. Selain itu untuk mempermudah dalam melakukan klasifikasi terhadap bakteri TB, digunakan klasifikasi KNN dengan hasil 80% lebih efisiensi dalam mendeteksi bakteri TB pada citra paru-paru (Antony & Banu, 2017). Sama halnya dengan riset yang dilakukan oleh (Juliando & Setiarini, 2017), pemanfaatan teknik pengolahan citra menggunakan *watershed* memberikan dampak yang signifikan terhadap hasil identifikasi citra objek bakteri TB, proses segmentasi yang dilakukan juga bergantung pada kondisi citra, sehingga proses *color-conversion* citra akan sangat membutuhkan beberapa operasi morfologi, seperti operasi *opening* dan operasi *closing*.

Sedangkan (Rajkumar M, 2018), memanfaatkan teknik klasifikasi Multi-SVM dalam melakukan pengelompokkan terhadap bakteri TB, selain itu pemanfaatan beberapa teknik pengolahan citra digunakan seperti *color-conversion*, *segmentation*, dan *edge-detection*. Dari pengujian yang dilakukan menggunakan citra TB hasil mikroskop, didapatkan akurasi sebesar 95% dalam melakukan pengelompokkan dan identifikasi terhadap bakteri TB.

Berbeda halnya yang dilakukan oleh (R & Beegum, 2017) yang melakukan diagnosis terhadap TB dengan memanfaatkan suatu ukuran yang sebelumnya telah mereka tentukan nilai batasan untuk membedakan antara bakteri penyebab TB (*Basili*) dan bukan, dengan memanfaatkan metode *shape features* untuk mendapatkan data ukuran area deteksi objek sehingga dapat dilakukan pembatasan terhadap objek yang akan dideteksi, selain itu beberapa metode seperti *Polygon Approximation*, *Concave point Extraction*, *Contour Segmentation*, dan *Ellipse Processing* untuk dapat membedakan objek bakteri TB yang memperlihatkan keadaan tumpang tindih antara masing-masing bakteri pada citra dahak TB. Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode-metode tersebut menghasilkan tingkat akurasi sebesar 88% dan sensitifitas sebesar 88.34% untuk mendiagnosis bakteri TB.

Riset automasi untuk fokus kamera dalam membaca ruang pandang mikroskop yang dilakukan oleh (Win et al., 2016) memodifikasi mikroskop konvensional dengan menambahkan kamera digital sebagai visual digital dari ruang pandang mikroskop dan

motor *stepper* sebagai penggerak jarak fokus pandang dari mikroskop, selain itu penggunaan metode *Normalized Variance* (F) digunakan untuk menemukan nilai fokus yang baik menurut manusia dan komputer. Hasil dari riset yang dilakukan ialah sistem sudah mampu menggantikan tugas manusia untuk mendapatkan fokus yang bagus dalam ruang pandang mikroskop.

Sedangkan riset serupa (Susanti et al., 2017) berfokus pada pengendalian cahaya monokromatis untuk dapat mendeteksi parasit malaria. Selain penggunaan kamera digital, riset ini juga menambahkan motor sebagai pengendali pergerakan dudukan preparat pada mikroskop, pengendalian ini bertujuan untuk dapat mengamati seluruh area preparat hanya dengan menggunakan komputer (tanpa mengendalikan manual), penggunaan cahaya monokromatis menghasilkan gambar kontras antar sel darah, parasit, dan latar belakang sehingga mengurangi artefak.

Riset serupa yang mengembangkan hasil gambar berfokus pada objek penelitian menggunakan 2 kamera yang dipasangkan pada 2 lensa mata mikroskop, hal ini bertujuan untuk mendapatkan suatu gambar mikroskopis dari mikroskop biasa yang memiliki tingkat fokus yang maksimal terhadap objek dengan memadukan dua gambar yang dihasilkan dari 2 kamera yang terpasang. Teknik ini mengurangi penggunaan pergerakan fokus yang perlu dilakukan pada mikroskop dengan peningkatan 40% terhadap akuisisi pengambilan gambar yang fokus dan menghasilkan citra dengan besar rata-rata 2 *GigaPiksel* selama 90 detik (Guo et al., 2015).

Tabel 2.1 Klasifikasi Bakteri TB

No.	Sub Tema	Keywords	Ulasan Kritis	Pustaka
1	Klasifikasi Bakteri TB	WHO, Indikator dan target untuk TB	Memastikan terjadinya penurunan yang spesifik terhadap penuluran TB didunia, dengan melakukan beberapa pencegahan.	Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2021
2	Klasifikasi Bakteri TB	Klasifikasi TB	Pengklasifikasian penderita TB berdasarkan hasil pengujian tes kulit untuk memastikan apakah seseorang bersifat sebagai	Basic TB Facts TB CDC, 2020

			pembawa bakteri TB atau hanya korban terkena paparan bakteri TB	
--	--	--	---	--

Tabel 2.2 Deteksi bakteri TB

No.	Sub Tema	Keywords	Ulasan Kritis	Pustaka
1	Deteksi Tuberkulosis	TB, X-Ray, watershed segmentation.	Penggunaan metode penyaringan median untuk menghilangkan derau yang timbul dari hasil citra X-Ray dan penggunaan metode KNN sebagai proses klasifikasi dan menghasilkan efisiensi sebesar 80% dalam mendeteksi TB pada citra paru-paru hasil X-Ray.	Antony & Banu, 2017
2	Deteksi Tuberkulosis	Image Acquisition, Feature Extraction, Classification	Penelitian ini melakukan proses pengelompokan terhadap TB dengan menggunakan metode multi-SVM dan memanfaatkan teknik pengolahan citra untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan beberapa jenis TB pada citra mikroskop dengan tingkat akurasi klasifikasi sebesar 95%.	Rajkumar M, 2018
3	Deteksi Tuberkulosis	Watershed, indentifikasi	Penggunaan metode watershed mampu mengekstrak objek bakteri	Juliando & Setiarini, 2017

		bakteri tuberculosis	dari citra walaupun tersebar secara acak dan berada dekat dengan noise.	
4	Deteksi Tuberkulosis	Shape Feature analysis, Polygon approximation, Concave point extraction, Contour segmentation, Ellipse fitting	Penelitian ini berfokus pada proses mendeteksi bakteri penyebab TB dan bukan bakteri TB, dengan memanfaatkan metode shape features untuk mendapatkan data ukuran area objek dan beberapa metode lain untuk membedakan objek bakteri TB yang memperlihatkan keadaan tumpang tindih antara masing-masing bakteri. Penggunaan metode-metode tersebut menghasilkan tingkat akurasi sebesar 88% dan sensitifitas sebesar 88.34% untuk mendiagnosis bakteri TB.	R & Beegum, 2017

Tabel 2.3 Akuisisi Citra Otomatis

No.	Sub Tema	Keywords	Ulasan Kritis	Pustaka
1	Sistem pergerakan mikroskop	Normalized Variance, digital microscope, automatic focus	Penelitian ini memanfaatkan motor sebagai penggerak dari fokus mikroskop, selain itu penggunaan metode normalized variance untuk menghasilkan citra yang	Win et al., 2016

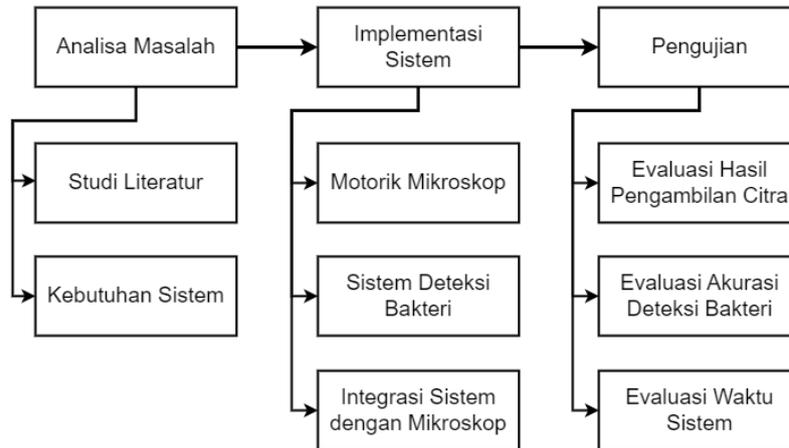
			fokus dapat mengganti kerja manusia.	
2	Sistem pergerakan mikroskop	Deteksi malaria, Mikroskop monokromatik, Mikrokontroler	Penelitian ini memodifikasi mikroskop dengan menambahkan tempat duduk preparat yang dapat bergerak secara sumbu x dan sumbu y, dan menggunakan cahaya monokromatis dari cahaya laser dengan intensitas cahaya yang berbeda (putih, hijau, dan merah).	Susanti et al., 2017
3	Sistem pergerakan mikroskop	Imaging system, Image recontruction techniques	Penelitian ini mengembangkan hasil gambar berfokus pada objek penelitian menggunakan 2 camera yang dipasangkan pada 2 lensa mata mikroskop, teknik ini mengurangi penggunaan pergerakan fokus yang perlu dilakukan dengan peningkatan 40% terhadap akuisisi pengambilan gambar yang fokus dan menghasilkan citra dengan besar rata-rata 2 GigaPiksel selama 90 detik.	Guo et al., 2015

BAB 3

Metodologi

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, ada beberapa tahap yang akan dilalui, mulai dari tahap analisa masalah, implementasi sistem, dan pengujian sistem. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Tahapan penelitian

3.2 Analisa Masalah

Pada tahap analisa masalah terdapat dua tahapan yang akan dilakukan, yaitu tahap studi literatur dan tahap kebutuhan sistem.

3.2.1 Studi Literatur

Tahap studi literatur meliputi aktivitas pencarian literatur yang melakukan penelitian sejenis, panduan tatalaksana pemeriksaan bakteri tahan asam yang menjadi pedoman praktik bagi ATLM. Literatur yang didapatkan dari beberapa sumber yaitu laporan penelitian, jurnal, dan beberapa sumber lainnya.

3.2.2 Kebutuhan Sistem

Pada tahap kebutuhan sistem yang akan dilakukan adalah pengumpulan data, indikator, dan standar yang diperlukan sebagai *input*, proses, dan ukuran kinerja dari sistem yang menjadi fokus penelitian.

3.3 Implementasi Sistem

Selanjutnya tahap implementasi sistem akan memanfaatkan salah satu mikroskop yang telah dimodifikasi dengan penambahan sebuah kamera pada lensa okuler mikroskop. Pengendalian pergerakan terhadap dudukan preparat yang dapat dikendalikan melalui komputer, kemudian akan dilakukan integrasi terhadap sistem deteksi dan klasifikasi bakteri TB yang mampu mendeteksi objek bakteri TB dan mengklasifikasinya berdasarkan tingkat kearahannya dengan memanfaatkan teknik-teknik pengolahan citra. Pada tahapan implementasi sistem terdapat tiga tahapan yang akan dilakukan, yaitu motorik mikroskop, sistem deteksi dan klasifikasi bakteri, dan integrasi sistem dengan mikroskop.

3.3.1 Motorik Mikroskop

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan sistem motorik untuk dudukan preparat mikroskop, selain itu menghubungkan motorik mikroskop dengan komputer sehingga dapat dikendalikan menggunakan komputer.

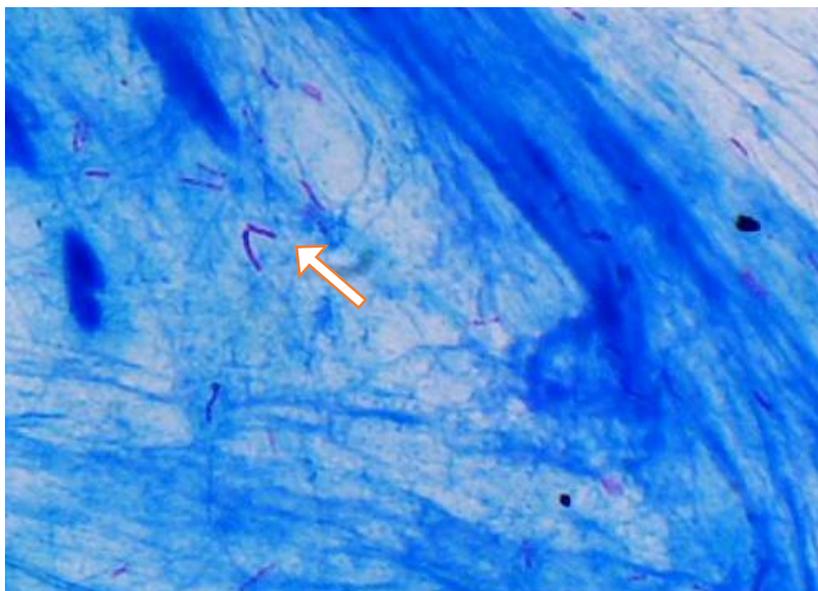


Gambar 3.2. Sistem motorik mikroskop

3.3.2 Sistem Deteksi Bakteri TB

Pada tahap ini akan menjelaskan sistem bakteri TB untuk membantu validasi keberhasilan integrasi sistem motorik mikroskop dengan sistem deteksi bakteri TB. Sistem deteksi bakteri yang digunakan merupakan sistem deteksi yang dikembangkan sebelumnya oleh mahasiswa Sarjana Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia untuk mendeteksi dan menghitung jumlah bakteri TB yang terdeteksi dalam sebuah citra (Pratama, 2020). Data uji yang akan digunakan merupakan data primer, berupa sampel-sampel dahak sewaktu dari pasien pengidap penyakit TB dengan masing-masing tingkat kearahannya. Pengumpulan data sputum bakteri TB pada penelitian ini didapatkan dari Dinas Kesehatan

Kabupaten Temanggung dan Kabupaten Sleman dengan jumlah sampel dahak yang didapatkan sebanyak 125 data preparat.



Gambar 3.3. Karakter dan bentuk bakteri TB pada citra digital

Tabel 3.1. Skala penentu tingkat keparahan bakteri Tuberculosis

Diagnosis	Bakteri ditemukan
Negatif	Tidak terlihat bakteri TB dalam 100 Lapang Pandang
Meragukan(<i>scanti</i>)	1-9/100 Lapang Pandang
1+	10-99/100 Lapang Pandang
2+	1-10/Lapang Pandang (min. 50 Lapang Pandang)
3+	>10/Lapang Pandang (min. 20 Lapang Pandang)

Tabel 3.1 menunjukkan skala tingkat keparahan dari penderita TB, pasien penderita TB akan dinyatakan negatif jika dalam 100 lapang pandang dahak yang diamati tidak ditemukan bakteri TB, namun akan bernilai meragukan jika ditemukan 1 sampai dengan 9 bakteri TB dalam 100 lapang pandang. Berbeda halnya dengan keadaan yang positif, pada dahak pasien akan ditemukan banyak bakteri TB dalam 100 lapang pandang.

Citra sputum hasil tangkap kamera mikroskop akan diproses menggunakan metode *color-deconvolution* untuk membedakan karakteristik warna dari bakteri TB dan warna area sekitarnya. Kemudian dilakukan proses perhitungan jumlah objek yang dinyatakan sebagai bakteri, selanjutnya proses pelabelan terhadap objek yang terdeteksi, dan terakhir akan menentukan tingkat penyakit TB berdasarkan perbandingan jumlah bakteri TB yang terdeteksi oleh sistem dengan Tabel 3.1.

3.3.3 Integrasi Sistem Mikroskop dengan Deteksi Bakteri

Pada tahapan ini, yang akan dilakukan adalah mengintegrasikan motorik mikroskop dengan sistem deteksi bakteri. Selain itu, adanya penambahan sebuah kamera (Optilab Advance) dengan resolusi kamera sebesar 12MP pada lensa mikroskop. Mikroskop ini merupakan objek penelitian dari tim peneliti Program Studi Informatika Program Magister, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia mengenai sistem automasi mikroskop.



Gambar 3.4. Mikroskop dengan tambahan kamera pada lensa pengamatan

3.4 Pengujian

Tahap pengujian akan dilakukan untuk mengevaluasi hasil keluaran dari sistem integrasi dalam mendeteksi bakteri. Pengujian ini akan membandingkan antara identifikasi bakteri oleh pakar dengan hasil deteksi dari sistem. Terdapat 3 pengujian yang akan dilakukan, yaitu: evaluasi hasil pengambilan citra, evaluasi akurasi deteksi, dan evaluasi waktu sistem. Evaluasi tersebut bertujuan untuk memastikan integrasi antara kedua sistem berhasil dilakukan.

3.4.1 Evaluasi Hasil Pengambilan Citra

Evaluasi hasil pengambilan citra dilakukan untuk memastikan pengaruh pergerakan motor terhadap kualitas citra pemotretan dan memastikan hasil citra yang paling optimal. Validasi ini akan dilakukan dengan mengadakan FGD bersama narasumber dari ATLM yang ada di PUSKESMAS Kabupaten Sleman. Dalam FGD ini akan diberikan form penilaian untuk validasi hasil pengambilan citra berdasarkan kecepatan motor. Hasil form penilaian ini akan dihitung menggunakan jawaban yang diberikan, yaitu citra tidak dapat dinilai, citra masih dapat dinilai, dan citra mudah untuk dinilai. Form penilaian terdapat pada LAMPIRAN B.

3.4.2 Evaluasi Akurasi Deteksi

Evaluasi akurasi deteksi akan menggunakan data hasil dari observasi pakar sebagai acuan untuk menguji sensitivitas dan spesifitas dalam mendeteksi bakteri TB. Evaluasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa integrasi sistem pemotretan mikroskop dengan sistem deteksi bakteri berhasil dilakukan. Data uji yang digunakan merupakan data hasil pemeriksaan yang telah dilakukan oleh pakar sejumlah 26 data sebagai bahan pembandingan hasil dari sistem. Untuk perhitungan sensitivitas dan spesifitas menggunakan *Convution Matrix*.

Convution matrix merupakan salah satu skala pengukuran yang digunakan untuk menentukan nilai sensitivitas dan spesifitas dari sebuah sistem (Kulkarni et al., 2020). Skala pengukuran ini biasa digunakan untuk membandingkan hasil penilaian sebuah sistem dengan hasil dari pakar.

$$\text{Sensitifitas} = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad (3.1)$$

$$\text{Spesifitas} = \frac{TN}{(TN+FN)} \quad (3.2)$$

Keterangan:

- TP (True Positive) = kondisi dimana sistem dan pakar menyatakan objek yang terdeteksi merupakan bakteri TB
- TN (True Negative) = kondisi dimana sistem dan pakar menyatakan objek yang terdeteksi merupakan bukan bakteri TB
- FP (False Positive) = kondisi dimana sistem menyatakan objek yang terdeteksi merupakan bakteri TB, namun pakar menyatakan bukan bakteri TB
- FN (False Negative) = kondisi dimana sistem menyatakan objek yang terdeteksi merupakan bukan bakteri TB, namun pakar menyatakan bakteri TB

3.4.3 Evaluasi Waktu Sistem

Pada evaluasi waktu sistem yang dilakukan adalah menghitung lama proses dari mulai sistem mengambil citra sampai mengeluarkan hasil deteksi objek. Evaluasi ini bertujuan untuk membandingkan rentang waktu yang digunakan oleh sistem dan ATLM untuk menganalisa bakteri TB.



BAB 4

Hasil dan Pembahasan

4.1 Motor Mikroskop

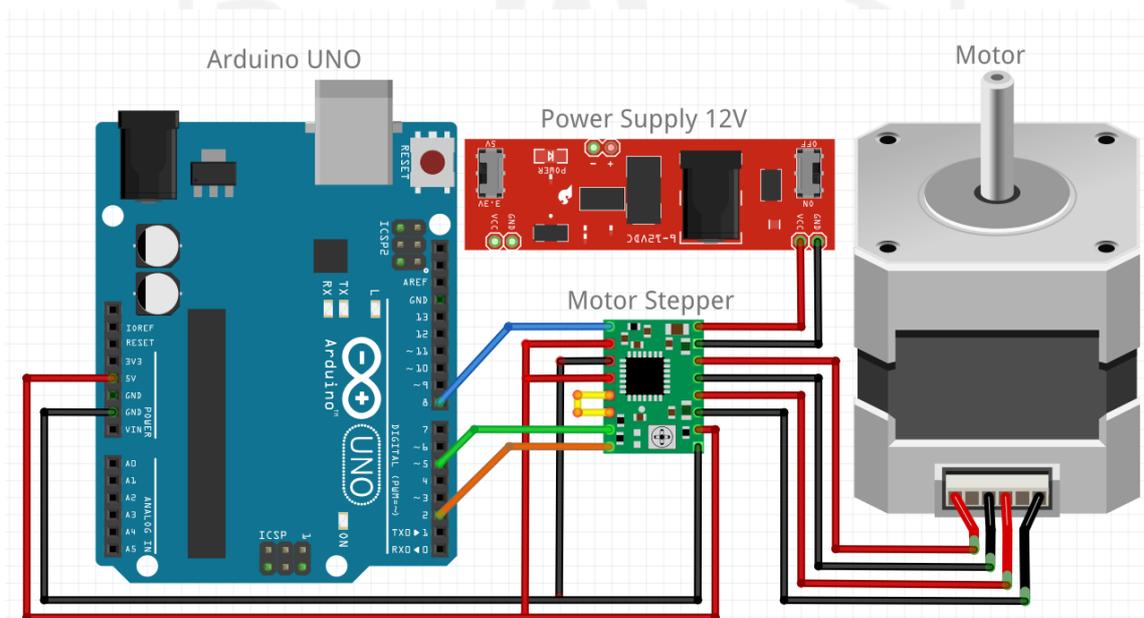
Perpindahan dudukan preparat pada mikroskop menggunakan 1 buah motor DC dan dikontrol menggunakan *microcontroller* Arduino UNO dengan motor driver (*motor controller*). Perpindahan preparat dibuat bergerak secara horizontal dengan tujuan agar proses deteksi bakteri diperiksa sepanjang preparat. Alur kerja sistem motorik mikroskop terdapat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Alur kerja motorik mikroskop

4.1.1 Motor Controller

Motor controller merupakan satu kesatuan perangkat untuk mengendalikan pergerakan motor menggunakan logika digital. Perangkat ini tersusun dari *microcontroller* Arduino UNO, motor driver, dan motor Gambar 4.2. *Microcontroller* berfungsi sebagai otak pengendali dari motor driver, kemudian motor driver akan mengubah logika yang diberikan *microcontroller* menjadi arah dan kecepatan untuk pergerakan motor.



Gambar 4.2. Rangkaian elektronik *motor controller*

Gambar 4.2 menampilkan rangkaian elektronik dari *motor controller*. Pada Arduino UNO akan digunakan 3 pin utama, diantaranya pin 2 (kabel berwarna jingga) untuk mengendalikan arah pergerakan motor, pin 5 (kabel berwarna hijau) untuk mengendalikan banyaknya putaran dan kecepatan yang akan dilakukan motor, pin 8 (kabel biru) untuk menentukan aktifnya motor. Sedangkan untuk pin lain (berwarna merah dan hitam) sebagai penyalur tegangan listrik sebesar 5V untuk mengaktifkan motor stepper. Arduino UNO memiliki keluaran tegangan sebanyak 5V, namun untuk menjalankan motor membutuhkan tegangan listrik sebesar 12V. Maka dari itu ditambahkannya power supply untuk dapat menjalankan atau menghidupkan perangkat motor.

4.1.2 Komunikasi Motor Controller dan Komputer

Komunikasi antara *motor controller* dengan komputer menggunakan komunikasi serial, yaitu suatu komunikasi yang digunakan untuk melakukan pertukaran data antara dua perangkat yang berbeda. Penggunaan komputer bertujuan untuk mempermudah *user* dalam mengirimkan perintah pergerakan ke motor. Pertukaran data yang dilakukan berupa informasi mengenai kecepatan, dan arah pergerakan.

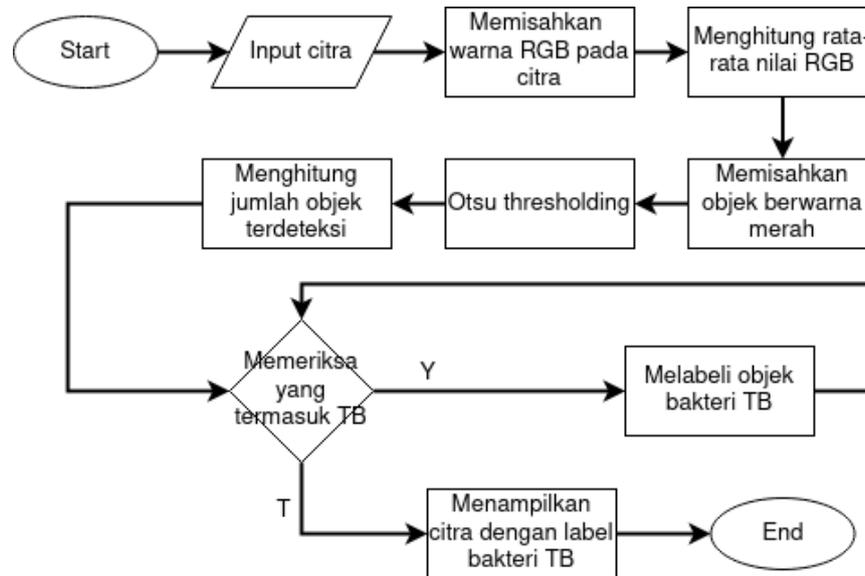
Kecepatan pada motor dipengaruhi oleh banyaknya putaran dalam satuan menit atau biasa disebut dengan rpm (rotasi per menit). Komputer akan mengirimkan informasi ke *microcontroller* Arduino UNO untuk menggerakkan motor sesuaikan dengan masukan dari *user*. Data masukan berupa angka dengan rentang nilai antara 0 sampai dengan 255, angka ini merepresentasikan jumlah tegangan yang dikeluarkan oleh Arduino. Angka 0 memiliki arti bahwa Arduino tidak mengeluarkan tegangan sama sekali, sedangkan 255 mengartikan bahwa Arduino mengeluarkan tegangan sebanyak 5V. Rentang nilai inilah yang akan diubah oleh motor stepper menjadi kecepatan untuk pergerakan motor.

4.2 Deteksi Bakteri TB

Merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh tim Informatika (Pratama, 2020), bahwa adanya proses FGD (*focus discussion group*) dengan analis dari Dinas Kesehatan Kabupaten Temanggung yang menyatakan pendeteksian bakteri TB sepanjang 100 lapang pandang secara manual sangat melelahkan untuk dapat mendiagnosa penderita TB. Proses ini dibutuhkan bantuan alat digital dalam mengamati jumlah bakteri TB yang terdapat pada dahak pasien sepanjang 100 lapang pandang.

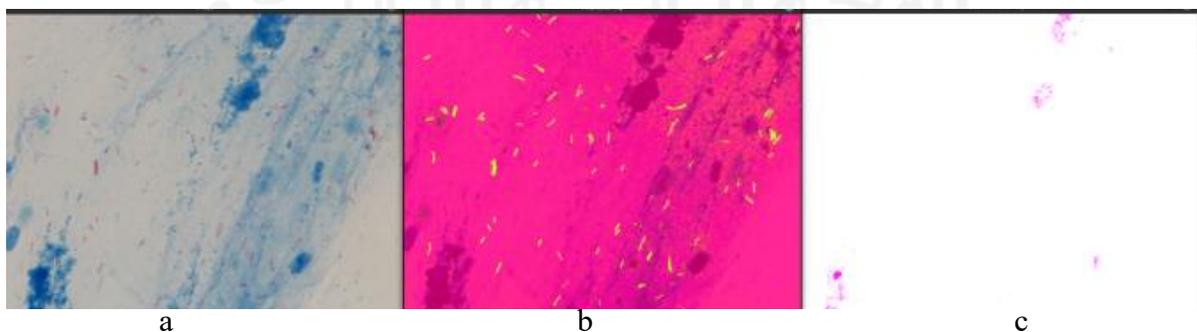
Citra yang akan digunakan merupakan citra hasil pemotretan mikroskop. Kamera mikroskop mengeluarkan citra dengan resolusi maksimal sebesar 4100×3075 piksel. Citra

dengan resolusi besar akan mempengaruhi lama waktu analisa citra. Sehingga dilakukan proses pengecilan ukuran resolusi citra menjadi 1000 x 750 piksel, terlihat hasil citra kamera pada Gambar 3.3. Pada Gambar 4.3 terdapat dua tahapan untuk deteksi bakteri TB, yaitu tahap *pre-processing* (memisahkan warna RGB pada citra, menghitung rata-rata nilai RGB, memisahkan objek berwarna merah, dan Otsu thresholding), dan proses filter (memeriksa objek termasuk TB atau bukan TB).



Gambar 4.3. Alur deteksi bakteri TB

Tahap *pre-processing* menerapkan metode *color-deconvolution* untuk memisahkan beberapa citra yang memiliki warna yang dominan, proses pemisahan warna ini akan menghasilkan 3 keluaran. Berdasarkan citra dari Gambar 3.3, warna dominan yang akan muncul ada 2 warna, yaitu warna merah untuk objek bakteri TB, warna biru untuk bagian yang bukan bakteri TB, dan warna putih yang merupakan area latar belakang dari citra preparat seperti yang tertampil pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. (a) Citra bakteri TB, (b) Hasil *color-deconvolution* pertama yang memperjelas perbedaan warna objek dan area sekitar objek, (c) Hasil *color-deconvolution* kedua yang menampilkan area objek dengan dominan warna yang berbeda pada citra.

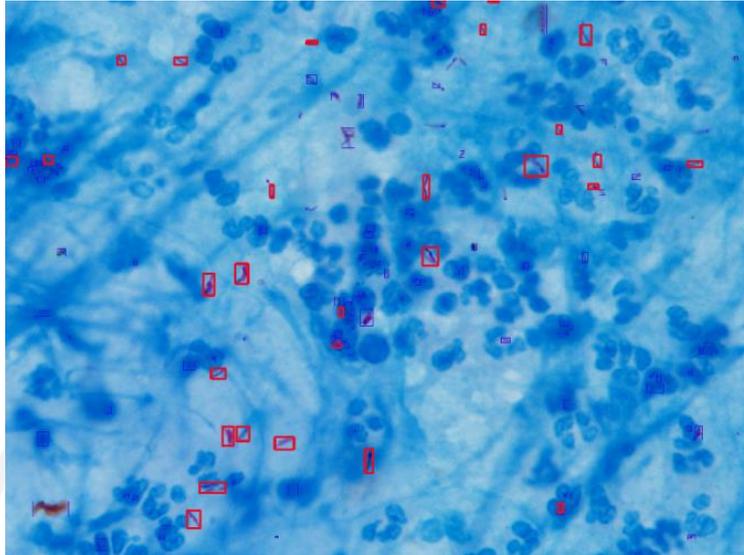
Dari hasil proses *color-deconvolution*, masih menampilkan objek dengan warna biru. Sehingga dilakukan penambahan algoritma untuk mengambil bagian objek dengan warna merah, seperti yang terlihat pada Gambar 4.5. Selanjutnya akan dilanjutkan dengan proses segmentasi untuk memperjelas objek yang diduga sebagai objek bakteri TB, proses ini akan memperbesar kemunculan objek-objek yang diduga sebagai bakteri TB.

```
color = cv2.bitwise_and(img, img, mask=th)
_, _, r = cv2.split(color)
ret,th = cv2.threshold(r,70,255,cv2.THRESH_BINARY)
```

Gambar 4.5. Pseudocode penambahan pemisah warna merah pada citra

Tahap terakhir melakukan proses filter atau memilah kandidat objek bakteri menjadi 2 bagian, ialah kandidat objek yang memiliki kriteria menyerupai bakteri TB dan objek yang memiliki kriteria sebagai bakteri TB. Untuk menentukan objek yang ditemukan merupakan bakteri TB atau bukan, digunakan metode *shape descriptors*. Metode tersebut digunakan dengan menentukan beberapa kriteria atau ambang batas berupa ukuran area, panjang, dan lebar dari objek. Kemudian hasil perhitungan dimasukkan kedalam metode *contour-detection*, sehingga proses ini akan melabeli dan menghitung jumlah objek yang termasuk kedalam ambang batas diduga bakteri TB. Pada tahap ini, terjadi perbedaan ambang batas atau parameter yang digunakan pada algoritmanya. Penggunaan citra hasil pemotretan mikroskop masih belum memenuhi beberapa kriteria dari objek bakteri TB yang muncul, sehingga perlu dilakukan penyesuaian parameter untuk mendeteksi bakteri TB dari citra hasil pemotretan

Parameter yang menjadi patokan untuk menentukan bakteri TB berdasarkan bentuk, panjang, dan luasan dari objek yang terdeteksi. Setelah menemukan objek bakteri TB, kemudian akan dilakukan penandaan terhadap objek tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Hasil deteksi dan pelabelan bakteri.

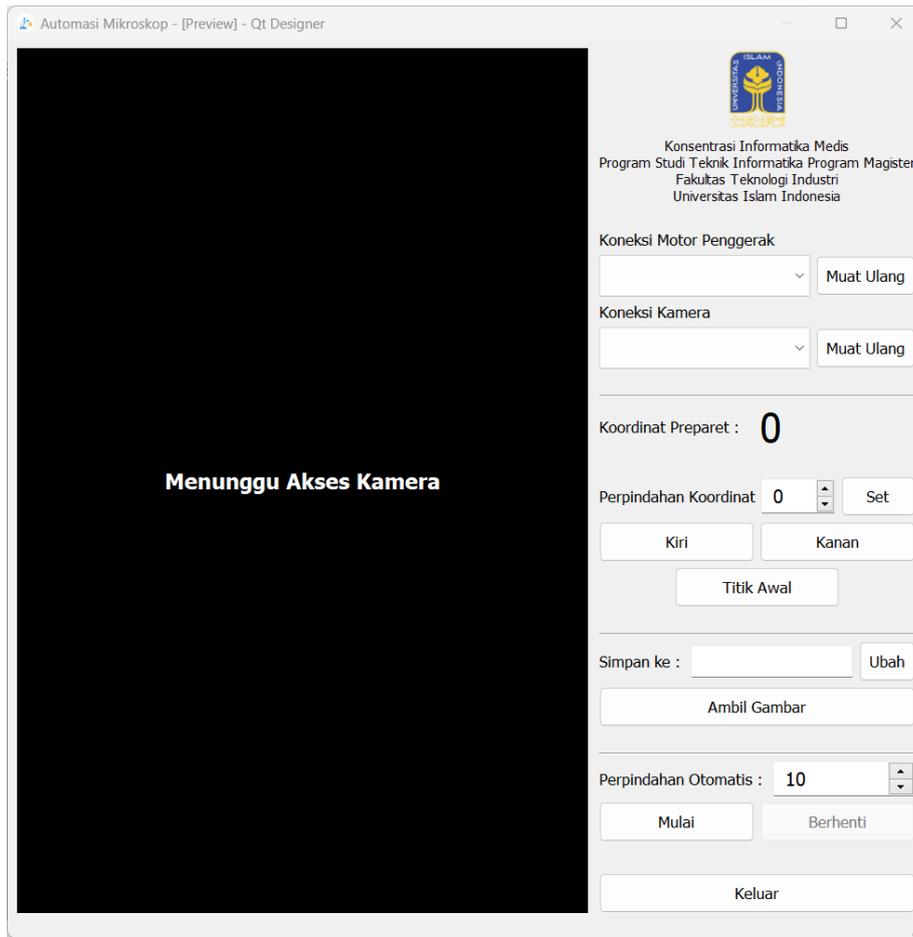
4.3 Integrasi Sistem Mikroskop Dengan Sistem Deteksi Bakteri TB

Pemanfaatan salah satu mikroskop (Olympus CX31) yang memiliki pilihan lensa dengan besaran 4X, 10X, 40X, dan 100X (CX31 | Olympus LS, 2022) yang telah diperbarui dengan ditambahkan sebuah kamera (Optilab Advance) dengan resolusi kamera sebesar 12MP pada lensa mikroskop, dan juga pengendalian pergerakan terhadap dudukan preparat yang dapat dikendalikan melalui komputer Gambar 3.4.

Dengan pemanfaatan mikroskop tersebut akan dilakukan integrasi terhadap sistem deteksi dan klasifikasi bakteri TB yang menjadi objek pada penelitian ini, untuk dapat melakukan pengambilan citra bakteri dalam 100 lapang pandang dan bergerak secara horizontal mengambil gambar sepanjang ukuran preparat secara otomatis.

4.3.1 Perancangan User Interface

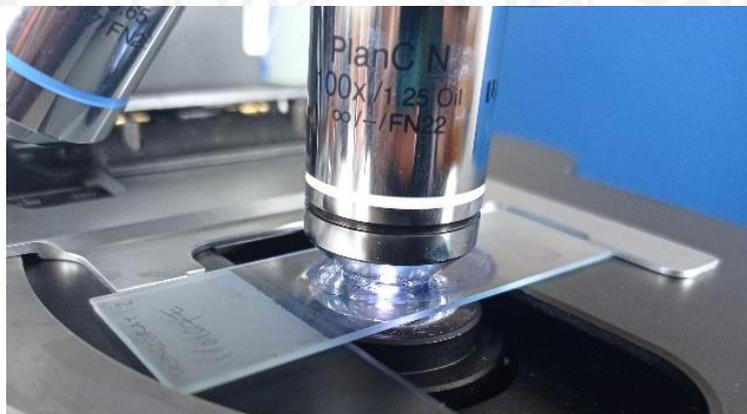
Pembuatan GUI untuk sistem motorik mikroskop bertujuan untuk memudahkan *user* dalam pengamatan menggunakan mikroskop. GUI pada penelitian ini dirancang menggunakan QT5 dengan bahasa pemrograman python. QT5 merupakan *tools* yang digunakan untuk mengembangkan tampilan atau antar muka suatu aplikasi yang memiliki sifat multi-platform atau dapat dikembangkan untuk berbagai macam perangkat komputer. Perancangan ini menonjolkan beberapa fitur utama, yang diantaranya fitur untuk menampilkan hasil citra mikroskop, fitur untuk mengendalikan arah pergerakan motor, dan fitur untuk memotret citra Gambar 4.7.



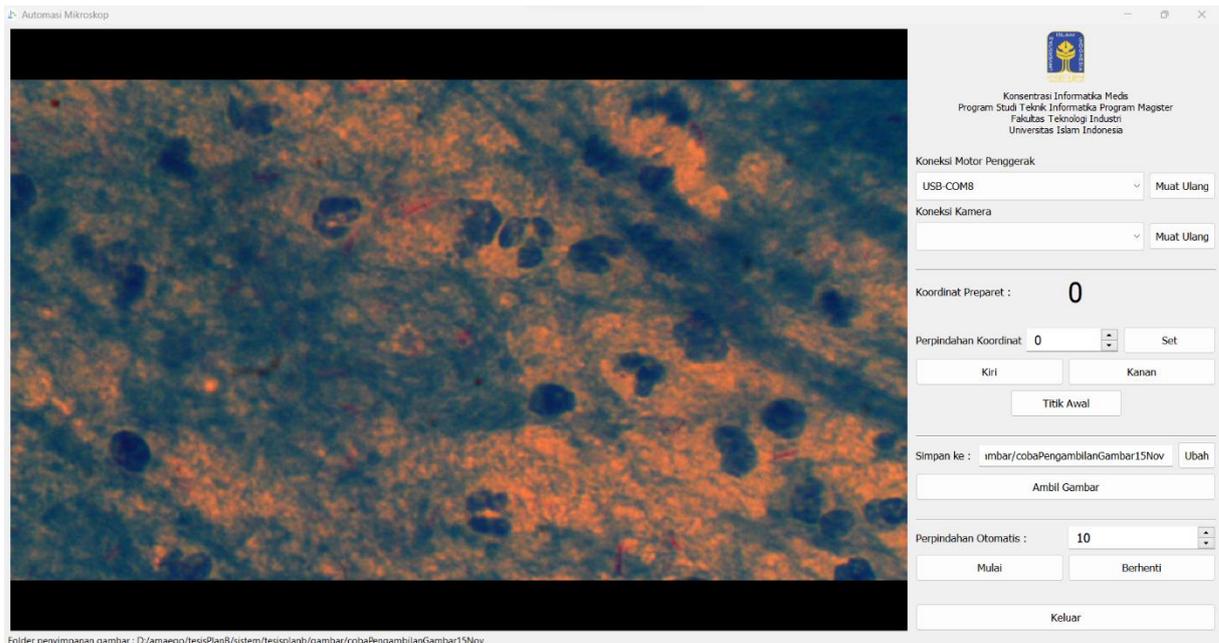
Gambar 4.7. Rancangan *graphic user interface* sistem motorik mikroskop

4.3.2 Alur Penggunaan Sistem

Untuk memulai menggunakan mikroskop, *user* perlu menentukan posisi awal dari preparat yang akan diamati Gambar 4.8, posisi ini akan menjadikan area pandang yang tertangkap kamera menjadi koordinat nol dari posisi motor. Kamera mikroskop akan mengambil citra pada area pandang yang dituju berdasarkan posisi preparat seperti yang terlihat pada Gambar 4.9.

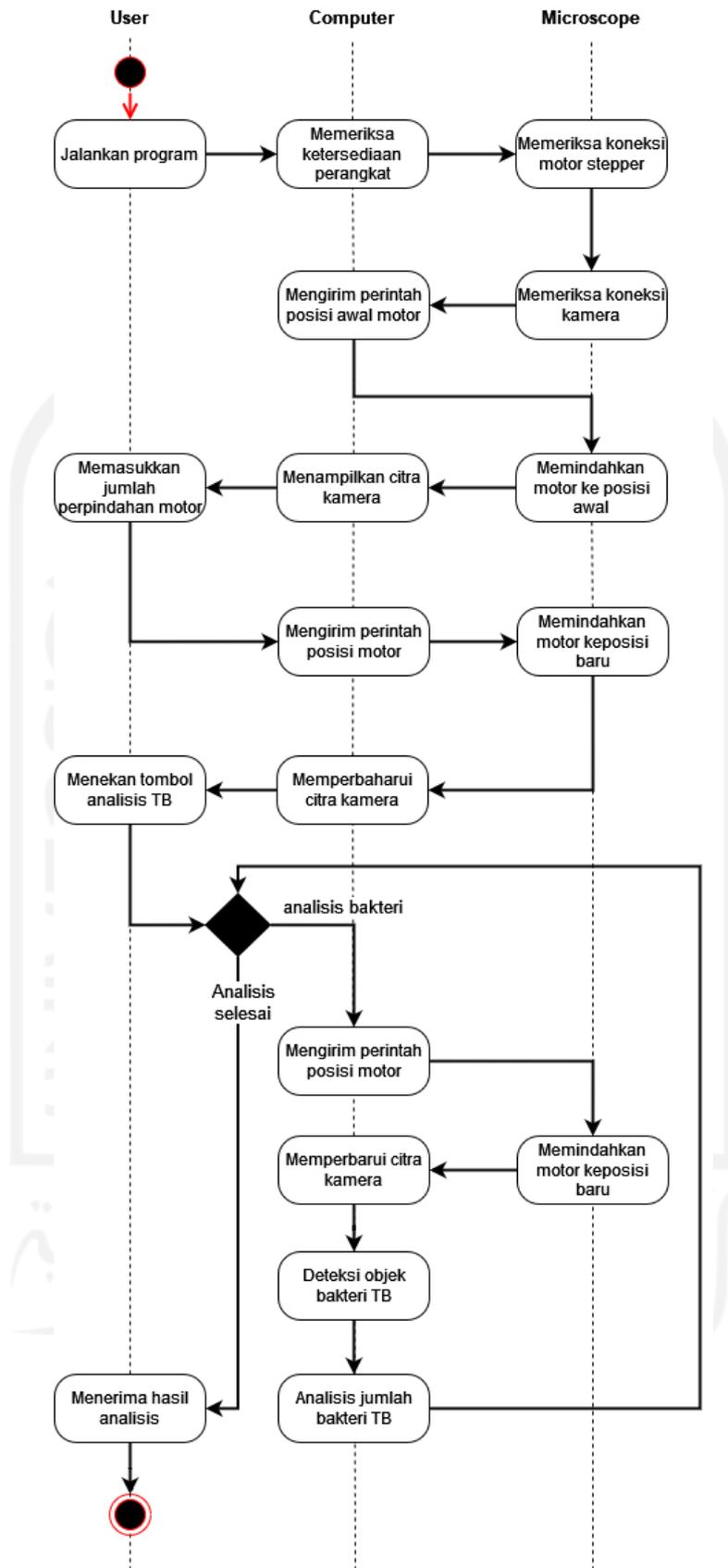


Gambar 4.8. Pemasangan preparat pada lensa perbesaran 100x.



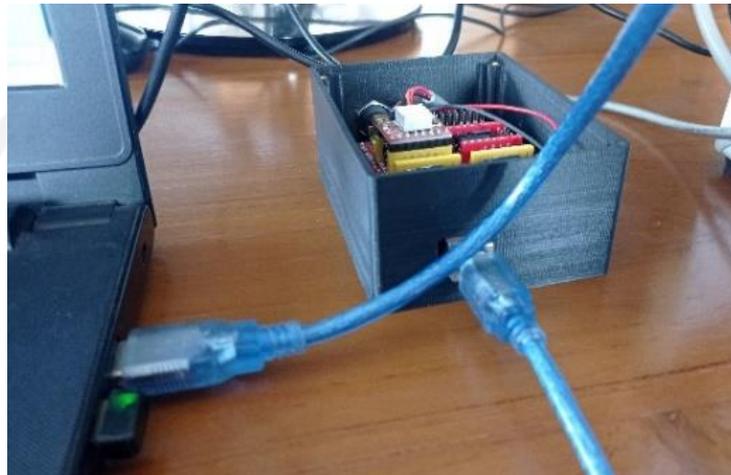
Gambar 4.9. Antar muka sistem deteksi objek bakteri secara otomatis.

Pergerakan motor pada mikroskop akan mengikuti instruksi perpindahan yang akan dimasukkan oleh *user*, menggunakan komunikasi serial untuk bertukar informasi antara komputer dan *microcontroller*, dengan alur kerja sesuai pada Gambar 4.10. Komputer akan mengirimkan informasi berupa koordinat pada *microcontroller* untuk menggerakkan motor. 1 nilai kordinat yang dikirimkan memiliki panjang ± 0.01 mm pergerakan.



Gambar 4.10. Diagram alur kerja pergerakan dan pemotretan mikroskopis secara otomatis.

Integrasi sistem motorik mikroskop dengan sistem deteksi bakteri TB dilakukan dengan menghubungkan komputer dan perangkat yang terdapat pada mikroskop, yang diantaranya perangkat kontrol motor dan kamera menggunakan kabel USB Gambar 4.11. Posisi pemasangan kamera perlu mengikuti arah pandang dari lensa, hal ini akan mempengaruhi tampilan citra yang diambil apakah terbalik atau tidak dengan hasil lensa pengamatan manual Gambar 4.12.



Gambar 4.11. Menghubungkan motor kontrol ke komputer.



Gambar 4.12. Posisi kamera pada lensa mikroskop.

Terhubungnya perangkat-perangkat keras ini akan otomatis dideteksi oleh sistem Gambar 4.13, sistem untuk pertama kalinya akan mengirimkan perintah pada motor kontrol agar bergerak ke titik koordinat awal, hal ini bertujuan agar pengunci dudukan preparat tidak berada pada posisi tengah ulir melainkan berada pada posisi awal dari ulir Gambar 3.2,

sehingga posisi awal dari ulir akan didefinisikan sebagai koordinat '0' oleh sistem, selain itu juga *user* dapat memastikan titik koordinat awal dari motor.



Gambar 4.13. Integrasi motor kontrol, kamera dan komputer.

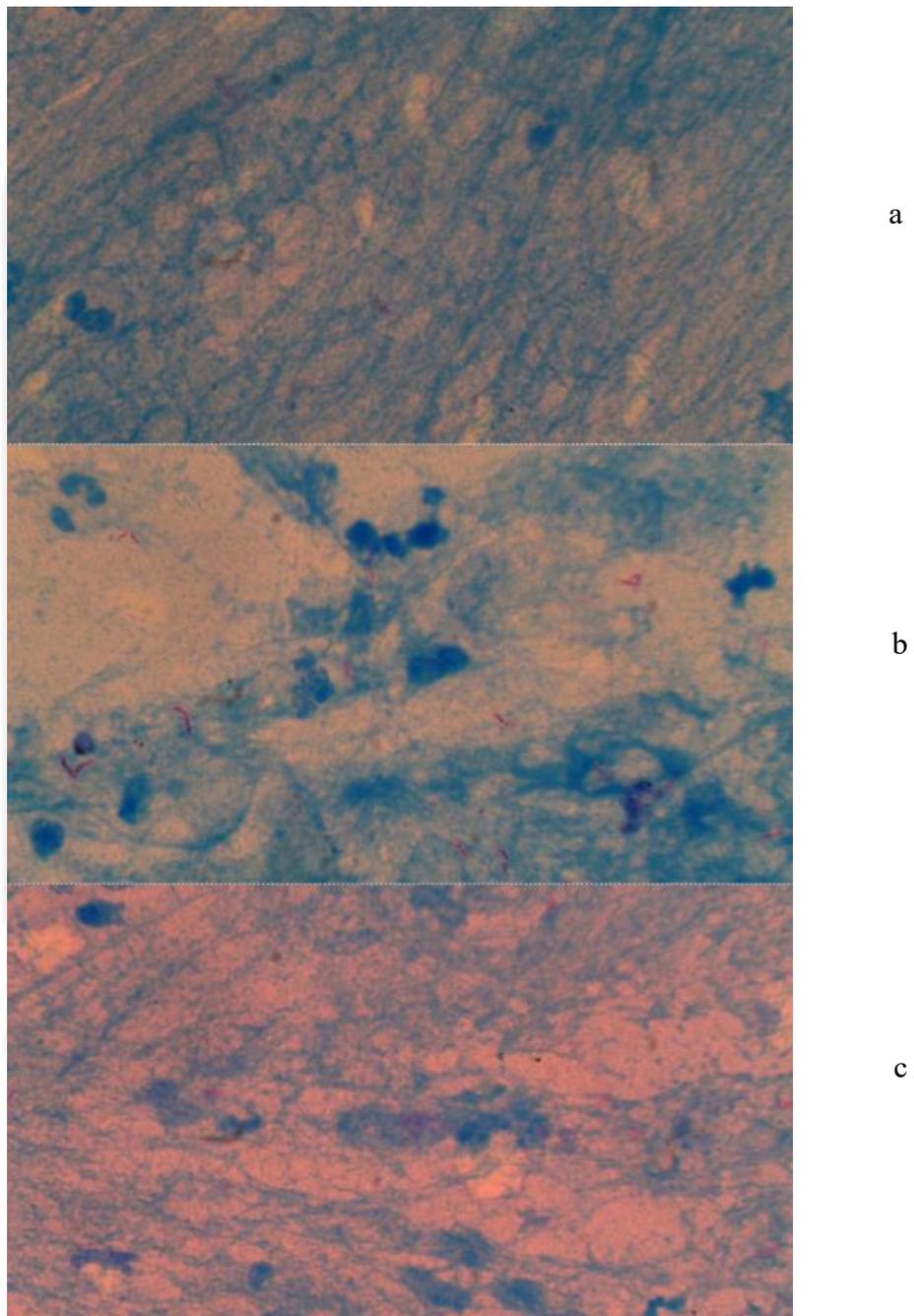
Selanjutnya sistem akan mendeteksi perangkat kamera dan menampilkan citra hasil tangkapan kamera. Integrasi sistem motorik mikroskop dan sistem deteksi bakteri TB bekerja dengan cara sistem akan mengirimkan perintah pada kontrol motor untuk berpindah koordinat, kemudian sistem akan memperbarui citra dari kamera dan dilakukan pengolahan citra untuk mendeteksi bakteri TB dari citra terbaru. Hasil dari pengolahan citra ini akan disimpan dikomputer dengan keluaran citra yang memiliki label bakteri TB dan jumlah bakteri yang terdeteksi pada area pandang, dan proses ini akan dilakukan secara berulang selama banyaknya area pandang yang akan diamati oleh *user*.

4.4 Pengujian

4.4.1 Evaluasi Hasil Pengambilan Citra

Evaluasi ini dilakukan untuk mendapatkan hasil pemotretan citra paling optimal untuk dapat mendeteksi bakteri TB bakteri, dengan harapan mempermudah sistem deteksi bakteri TB dalam mengenali objek bakteri. Kualitas citra hasil pemotretan mikroskop dipengaruhi oleh kecepatan pergerakan perpindahan kedudukan preparat. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 4.14 yang menunjukkan pengaruh kecepatan rpm terhadap tingkat kejelasan citra yang menampilkan objek bakteri TB. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan citra terbaik

berdasarkan 3 tingkatan kecepatan, yaitu 10rpm, 100rpm, dan 200rpm. Pemilihan ketiga kecepatan ini atas dasar kemampuan motor untuk berotasi dengan kecepatan paling rendah, kecepatan normal, dan kecepatan maksimal. Proses pengambilan citra pada evaluasi ini dilakukan dengan tidak memperhatikan kondisi cahaya ruangan, namun menggunakan kondisi maksimal pada pencahayaan mikroskop. Sehingga tingkat pencahayaan citra yang dihasilkan akan disesuaikan secara otomatis oleh kamera.



Gambar 4.14. (a) Citra hasil kecepatan motor 10rpm, (b) Citra hasil kecepatan motor 100rpm, (c) Citra hasil kecepatan 200rpm.

Gambar 4.14.(a) citra yang di potret menggunakan mikroskop dengan kecepatan motor 10rpm, Gambar 4.14.(b) citra yang di potret menggunakan mikroskop dengan kecepatan motor 100rpm, Gambar 4.14.(c) citra yang di potret menggunakan mikroskop dengan kecepatan motor 200rpm. Pengujian dilakukan dengan memotret citra sebanyak 10 citra dari masing-masing kecepatan. 10 citra yang dipotret merupakan 10 citra pertama yang menampilkan penampakan objek bakteri TB, sehingga terdapat total 30 sampel citra bakteri TB untuk dinilai oleh para ATLM.



Gambar 4.15. Proses FGD dengan ATLM Dinas Kesehatan Sleman untuk evaluasi kualitas citra pemotretan.

Evaluasi kualitas citra hasil pemotretan mikroskop dilakukan dengan mengadakan FGD bersama ATLM dari setiap PUSKESMAS Kabupaten Sleman, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.15. Sebanyak 25 ATLM akan menilai citra dari masing-masing kecepatan menggunakan form penilaian yang diberikan dengan 3 tingkatan penilaian, yaitu citra tidak dapat dinilai, citra masih dapat dinilai, dan citra mudah untuk dinilai. Hasil dari form penilaian oleh ATLM terdapat pada LAMPIRAN C.

Terdapat beberapa kendala saat mencetak citra hasil pemotretan. Kendala tersebut adanya perbedaan penggunaan standar warna secara digital dan cetak fisik. Sehingga

dilakukan perubahan tingkat kecerahan citra digital untuk menghasilkan hasil cetak yang mendekati citra digital. Selain itu juga terdapat pengurangan ketajaman citra dari hasil cetak citra.

Tabel 4.1 Evaluasi kualitas citra pemotretan

	10rpm	100rpm	200rpm
Citra tidak dapat dinilai	7	4	5
Citra masih dapat dinilai	3	2	4
Citra mudah untuk dinilai	0	4	1

Tabel 4.1 didapatkan citra yang mudah untuk dinilai paling banyak terdapat pada kecepatan 100rpm, kecepatan ini akan digunakan sebagai kecepatan paling ideal dalam pergerakan dudukan preparat untuk menghasilkan citra pemotretan.

Kegiatan FGD ini juga menghasilkan beberapa diskusi dengan ATLM mengenai beberapa kendala yang dihadapi saat menganalisa gambar yang diberikan. Pertama merupakan warna merah dari bakteri TB yang terlalu condong ke arah warna merah muda. Kemudian bentuk bakteri TB yang dicitrakan mengalami pembesaran ukuran, sehingga para ATLM kadang kala susah untuk memastikan bahwa objek yang muncul merupakan bakteri TB atau objek bukan bakteri.

Mengutip dari laporan dari penelitian sebelumnya yang juga melakukan FGD mengenai penilaian terhadap sistem motorik (Fatmawati, 2023), terdapat beberapa masukan yang diberikan oleh ATLM. Masukan tersebut dijadikan sebagai pengembangan sistem motorik mikroskop dari ATLM, baik dari sisi kelebihan maupun kekurangan dari sistem. Kelebihan sistem motorik yang disampaikan oleh ATLM, yaitu: sistem sudah sangat inovatif dan dapat meringankan tugas, serta mengurangi kelelahan mata dari ATLM. Sistem dapat mengurangi perhitungan objek bakteri TB secara objektif dan hasil pengambilan citranya dapat disimpan dan dilihat kembali oleh ATLM. Dari segi *user interface* mudah dipahami dan digunakan karena ATLM sudah terbiasa dengan *medical software*.

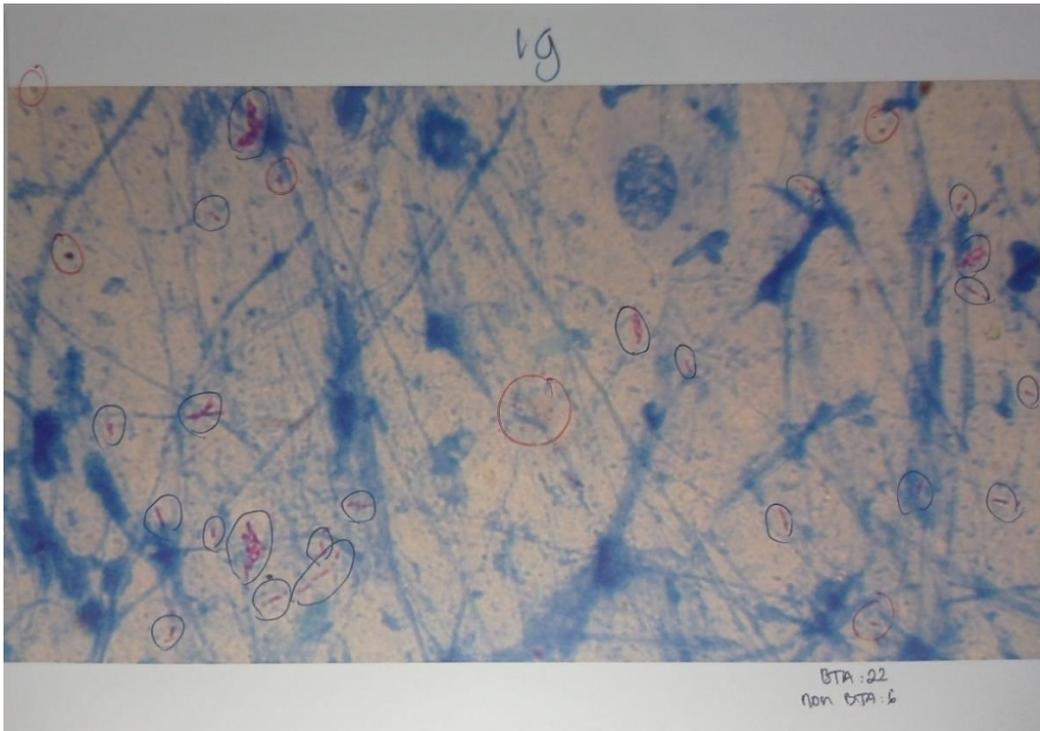
Selain kelebihan dari sistem motorik, ATLM juga menyampaikan kekurangan sistem tersebut. Kekurangan tersebut, yaitu: pada sistem belum ditampilkan perhitungan pergeseran dari preparat. Perhitungan jumlah BTA masih perlu disempurnakan, karena pada sistem belum ada perhitungan dari jumlah BTA. Sedangkan ATLM membutuhkan hal tersebut

untuk melakukan validasi jumlah bakteri TB. ATLM juga menyatakan bahwa diferensiasi morfologi untuk bakteri TB masih belum jelas. Selain itu, tidak adanya sistem yang mengendalikan fokus mikroskop secara otomatis.

4.4.2 Evaluasi Akurasi Deteksi

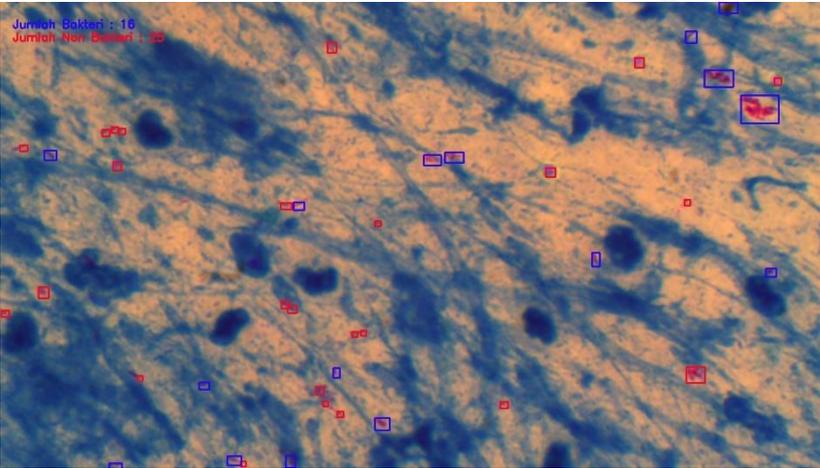
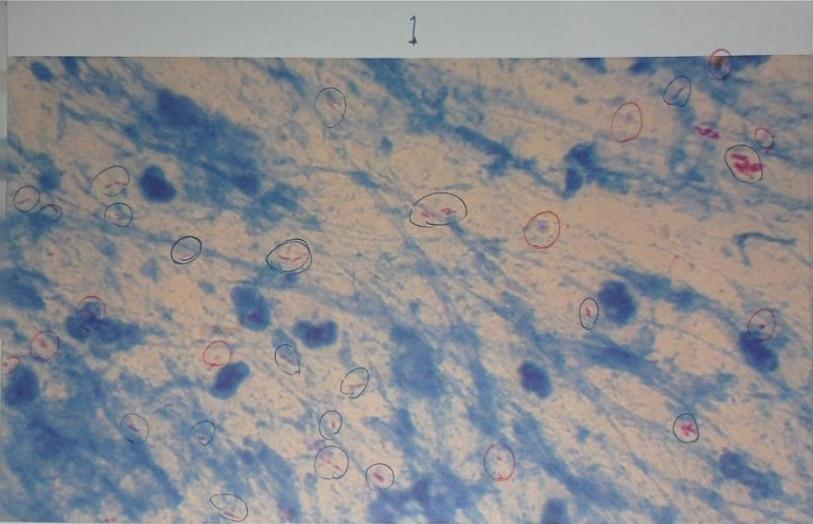
Evaluasi ini dilakukan untuk memastikan kualitas citra dari hasil pemotretan mikroskop dapat digunakan untuk deteksi bakteri TB oleh sistem. Kemudian hasil pengujian akan digunakan untuk menentukan tingkat akurasi sistem deteksi bakteri TB dengan membandingkan analisa pakar dan sistem. Citra yang digunakan merupakan citra sputum dengan perbesaran lensa sebesar 100 kali dan dipotret menggunakan kamera pada mikroskop. Citra bakteri TB memiliki pola dan kriteria menyerupai batang dengan panjang sekitar 2-4 mikrometer dan lebar 0.2-0.5 mikrometer, dan berwarna merah muda hasil dari pewarnaan *Ziehl-Neelsen* (Todar, 2022). Penentuan klasifikasi tingkat keparahan dari TB perlu dihitung berapa banyak bakteri yang ditemukan dalam satu lapang pandang atau pada satu sampel (Policies and Guidelines - Tuberculosis, 2022).

Untuk memastikan hasil deteksi bakteri dari sistem sesuai yang diharapkan, pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil dari sistem dengan pakar yang sebelumnya telah menandai objek bakteri pada citra terkait Gambar 4.16. Sehingga pengembangan sistem ini melibatkan pakar yang berkompeten di bidangnya. Beberapa sampel yang akan digunakan untuk membandingkan hasil deteksi dari sistem dengan hasil pengamatan pakar. Pada Gambar 4.16 pakar melabeli objek bakteri dengan warna biru, sedangkan untuk objek yang bukan bakteri dilabeli dengan warna merah. Tabel 4.2 merupakan komparasi dari hasil deteksi bakteri TB sebanyak 26 sampel yang dilakukan oleh sistem dan juga pakar.

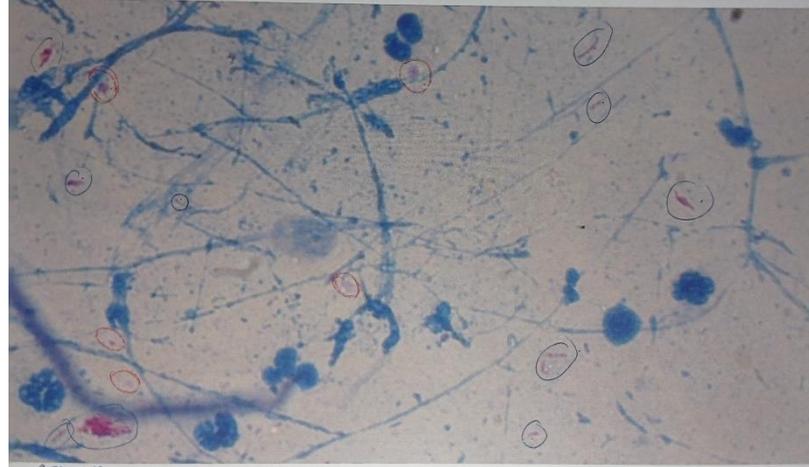
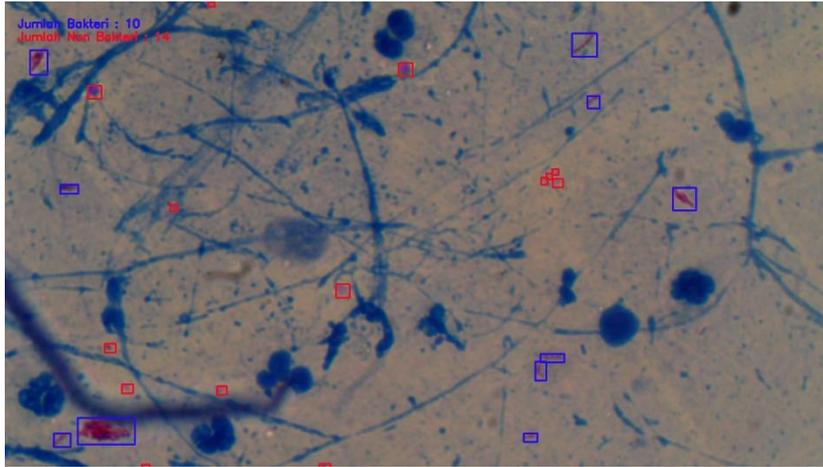


Gambar 4.16. Hasil deteksi dan pelabelan pakar.

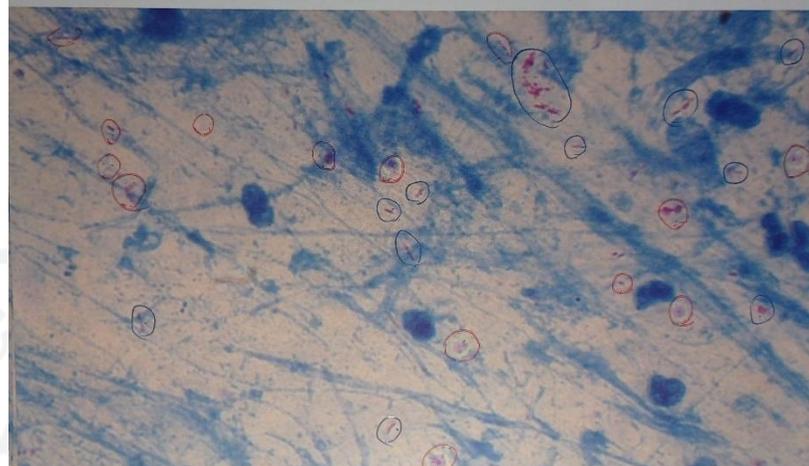
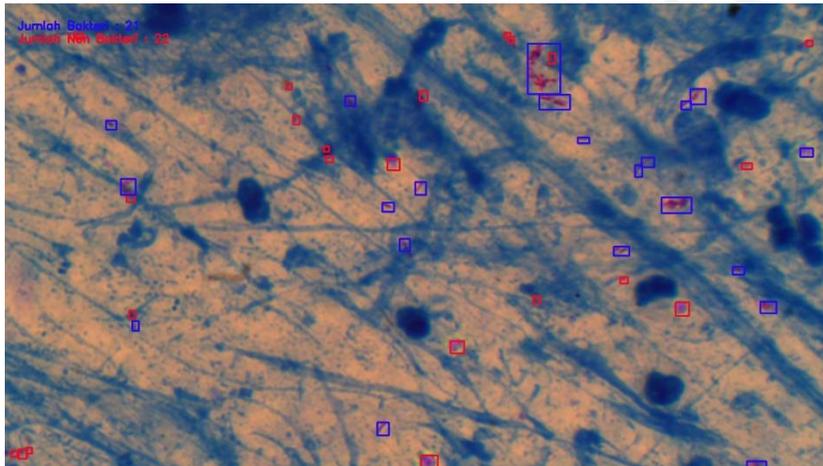
Tabel 4.2. Komparasi hasil deteksi sistem dengan pakar

Hasil Deteksi Sistem	Hasil Pelabelan Pakar	Jumlah Deteksi
 <p>Jumlah Bakteri : 16 Jumlah Non-Bakteri : 25</p>	 <p>TB : 20 non-TB : 10</p>	<p>Bakteri dari Sistem : 16 Bakteri dari Pakar : 20 Non-Bakteri dari Sistem : 25 Non-Bakteri dari Pakar : 10 Noise dari Sistem : 5</p>

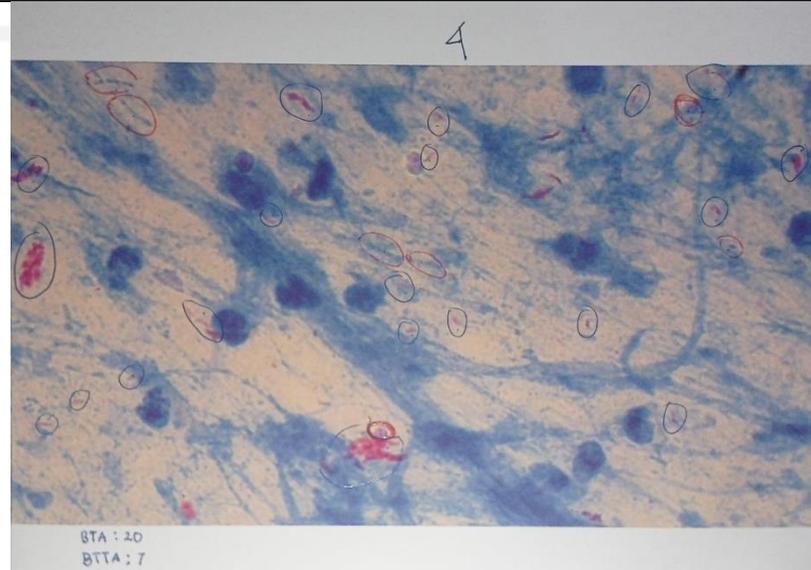
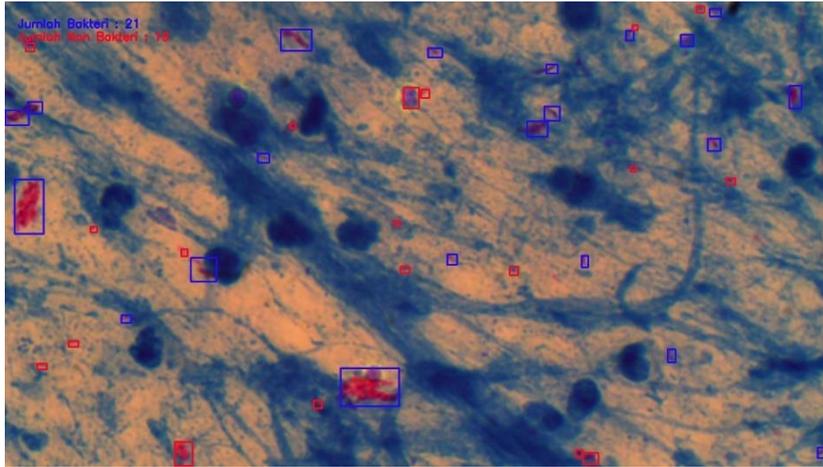




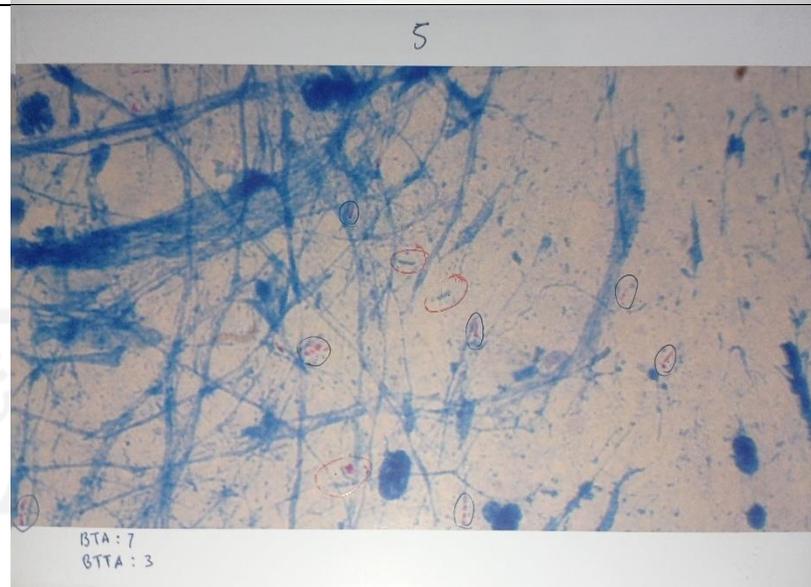
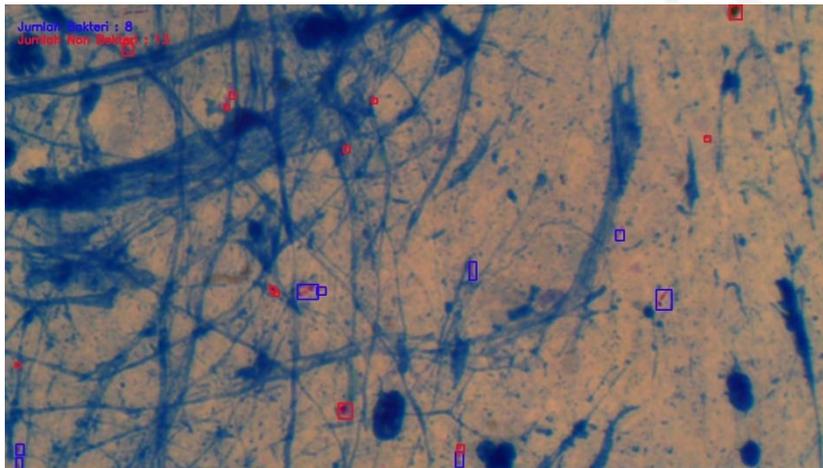
Bakteri dari Sistem : 10
 Bakteri dari Pakar : 10
 Non-Bakteri dari Sistem : 14
 Non-Bakteri dari Pakar : 5
 Noise dari Sistem : 5



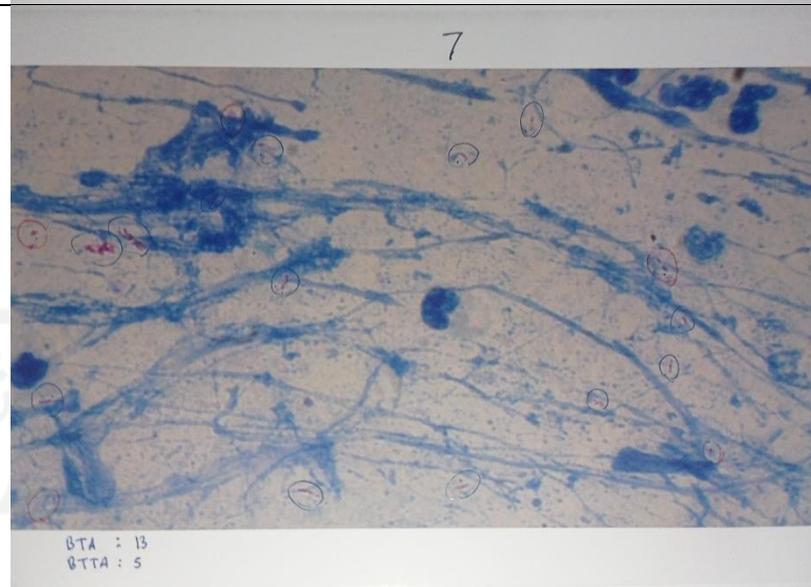
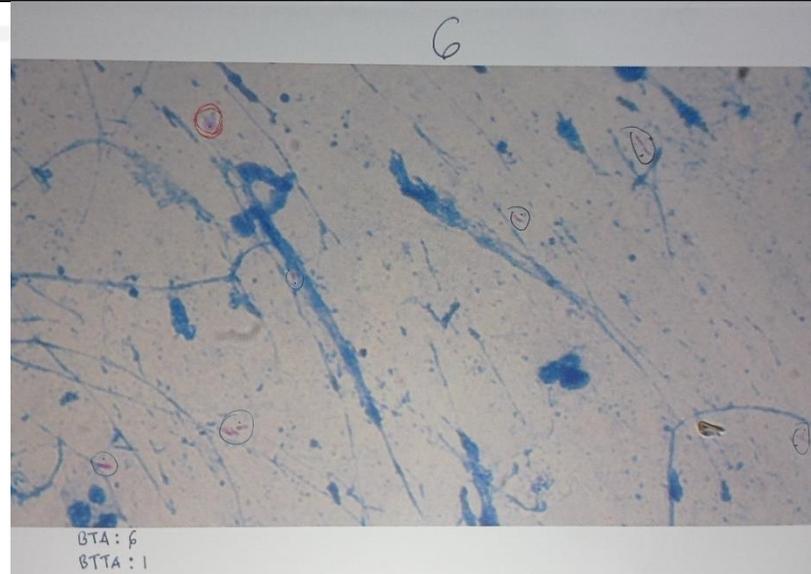
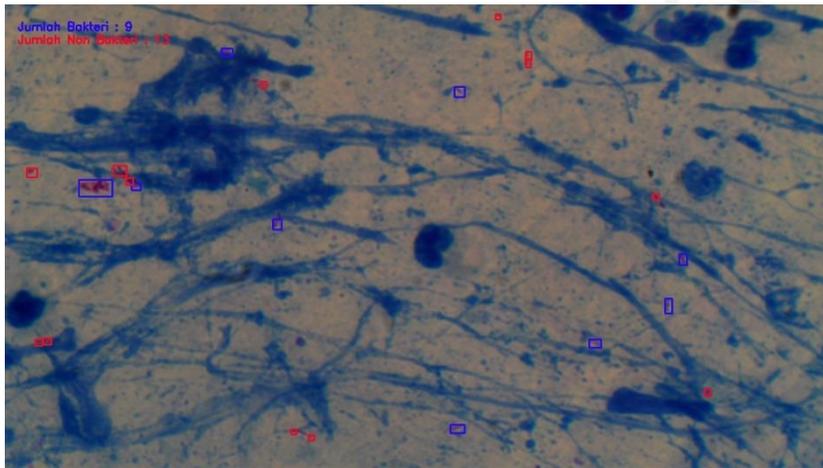
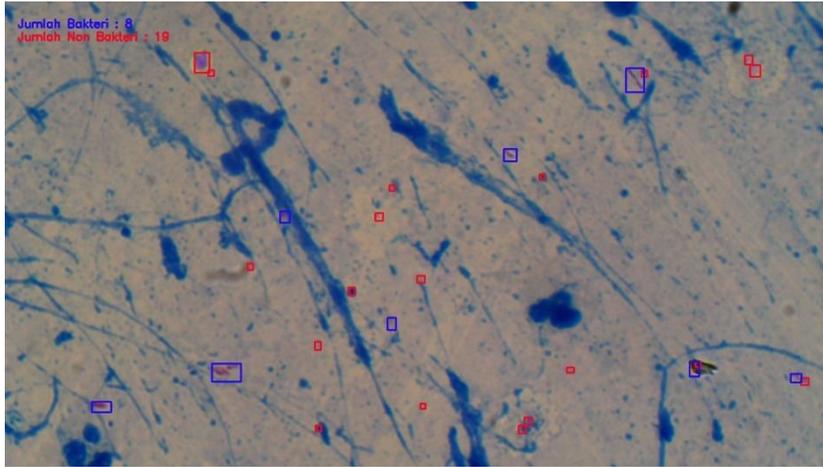
Bakteri dari Sistem : 21
 Bakteri dari Pakar : 11
 Non-Bakteri dari Sistem : 22
 Non-Bakteri dari Pakar : 14
 Noise dari Sistem : 6



Bakteri dari Sistem : 21
 Bakteri dari Pakar : 20
 Non-Bakteri dari Sistem : 19
 Non-Bakteri dari Pakar : 7
 Noise dari Sistem : 11

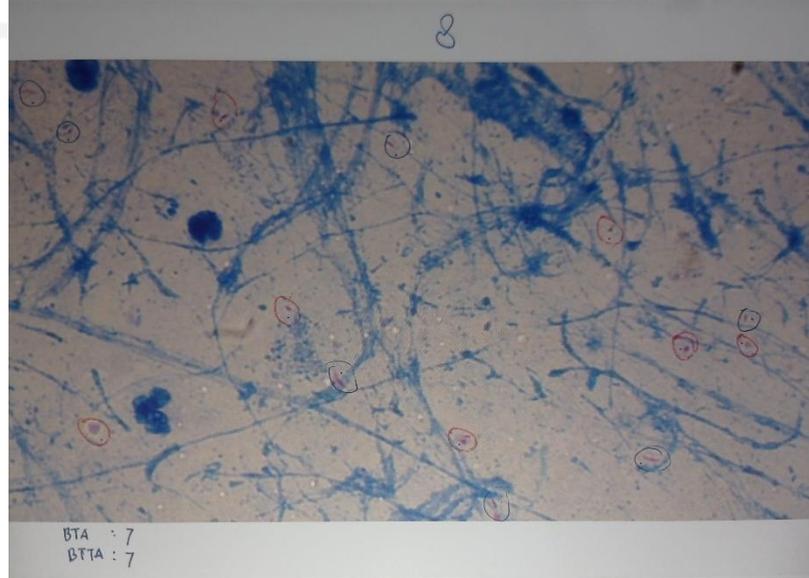
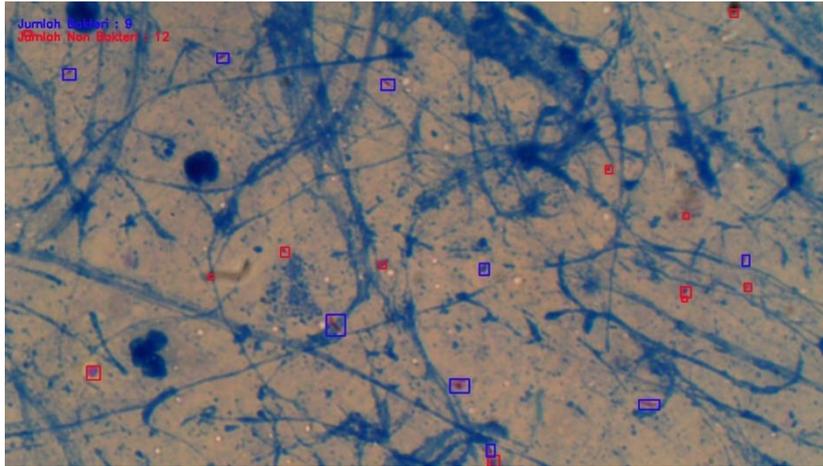


Bakteri dari Sistem : 8
 Bakteri dari Pakar : 7
 Non-Bakteri dari Sistem : 13
 Non-Bakteri dari Pakar : 3
 Noise dari Sistem : 6

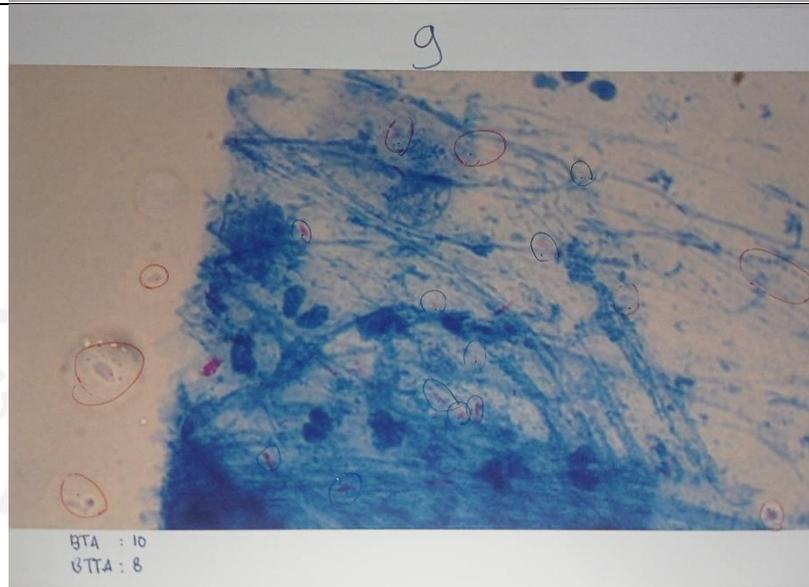
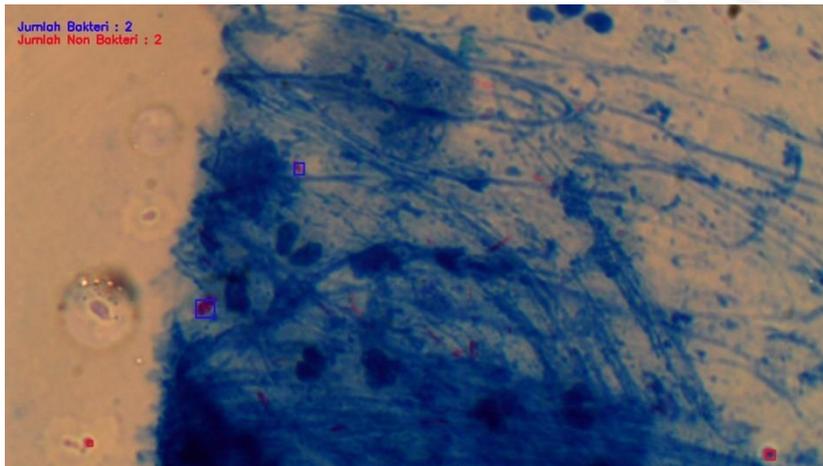


Bakteri dari Sistem : 8
 Bakteri dari Pakar : 6
 Non-Bakteri dari Sistem : 19
 Non-Bakteri dari Pakar : 1
 Noise dari Sistem : 13

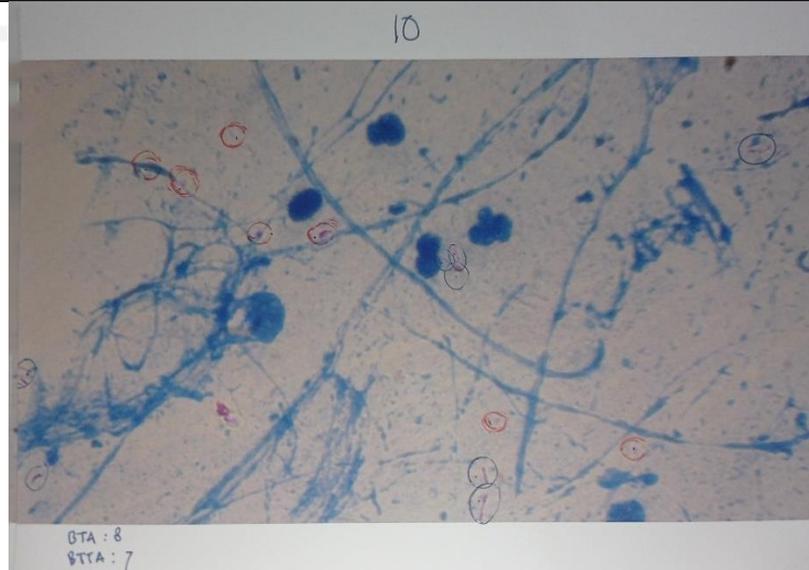
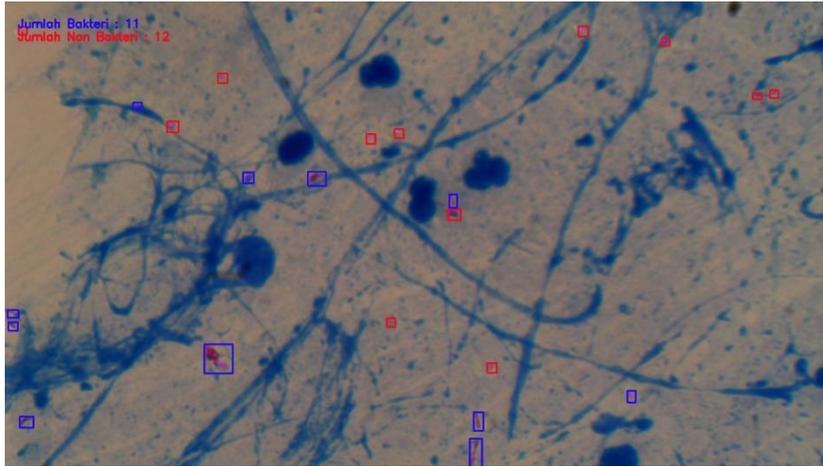
Bakteri dari Sistem : 9
 Bakteri dari Pakar : 13
 Non-Bakteri dari Sistem : 13
 Non-Bakteri dari Pakar : 5
 Noise dari Sistem : 1



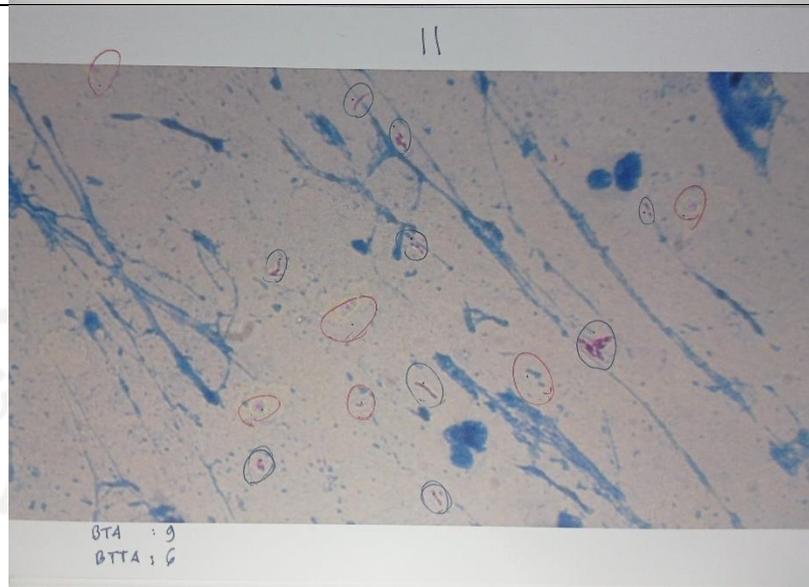
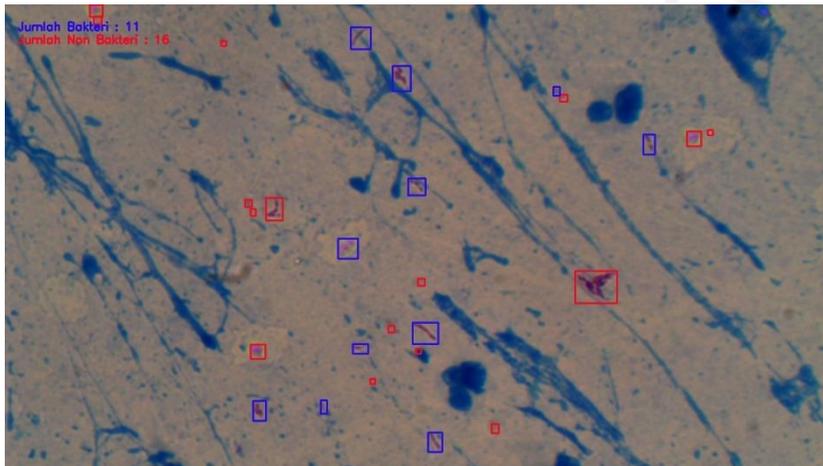
Bakteri dari Sistem : 9
 Bakteri dari Pakar : 7
 Non-Bakteri dari Sistem : 12
 Non-Bakteri dari Pakar : 7
 Noise dari Sistem : 5



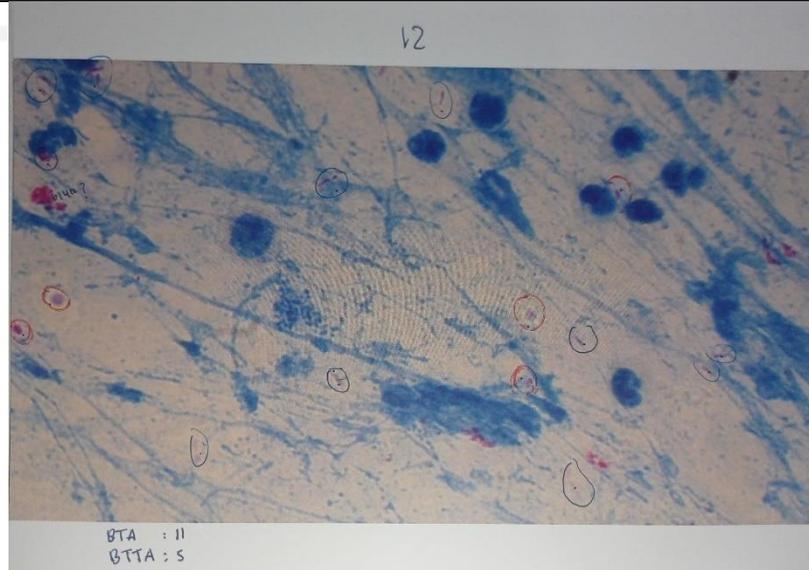
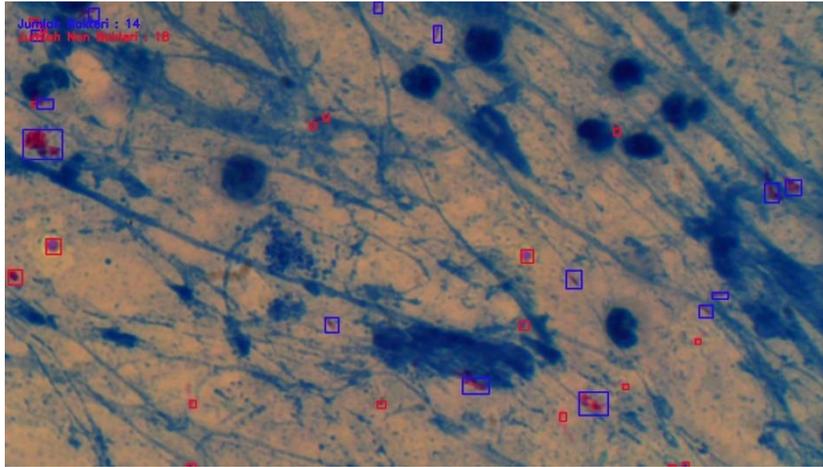
Bakteri dari Sistem : 2
 Bakteri dari Pakar : 10
 Non-Bakteri dari Sistem : 2
 Non-Bakteri dari Pakar : 8
 Noise dari Sistem : 0



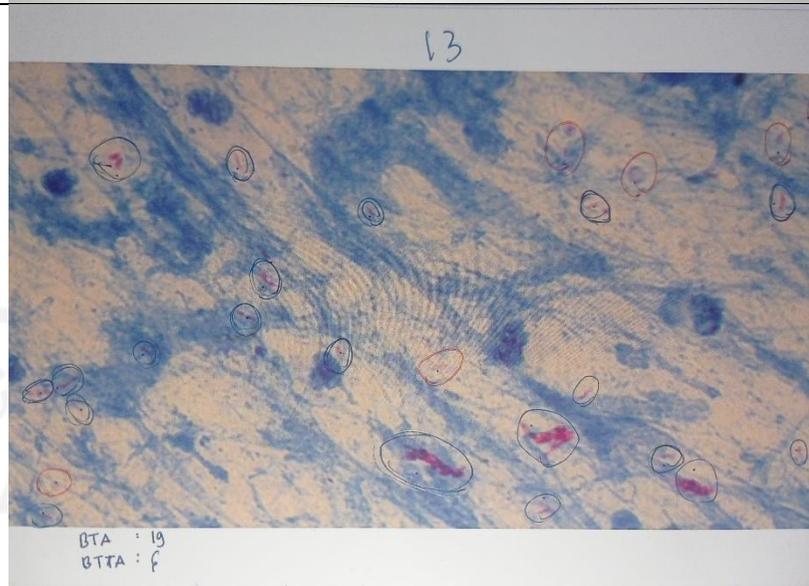
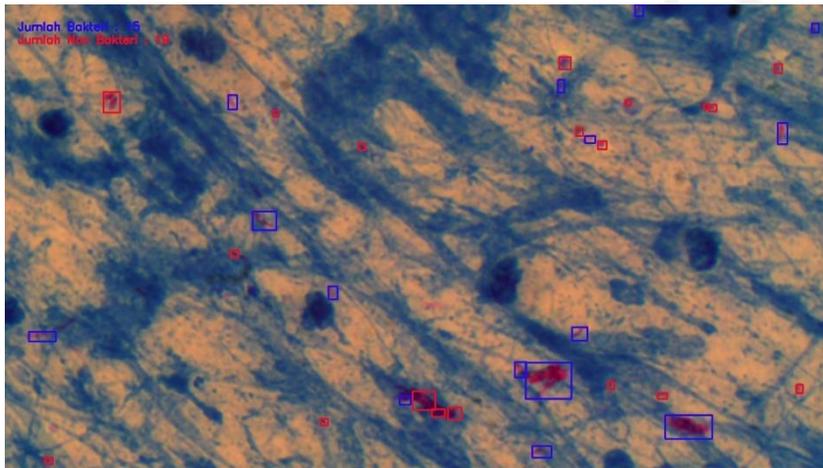
Bakteri dari Sistem : 11
 Bakteri dari Pakar : 8
 Non-Bakteri dari Sistem : 12
 Non-Bakteri dari Pakar : 7
 Noise dari Sistem : 5



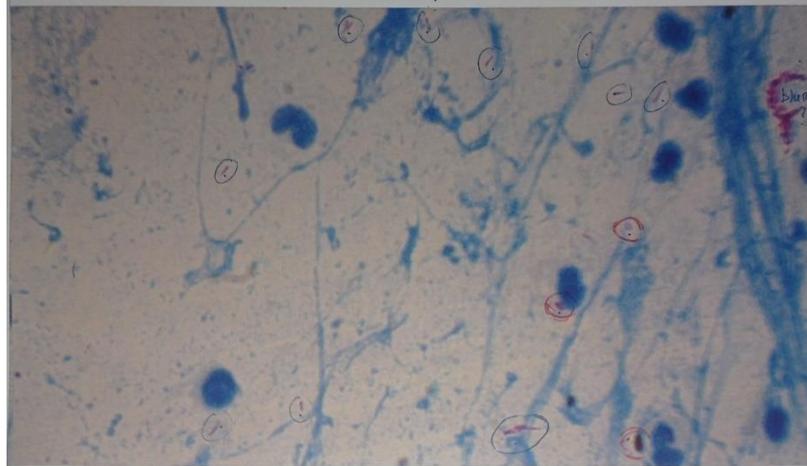
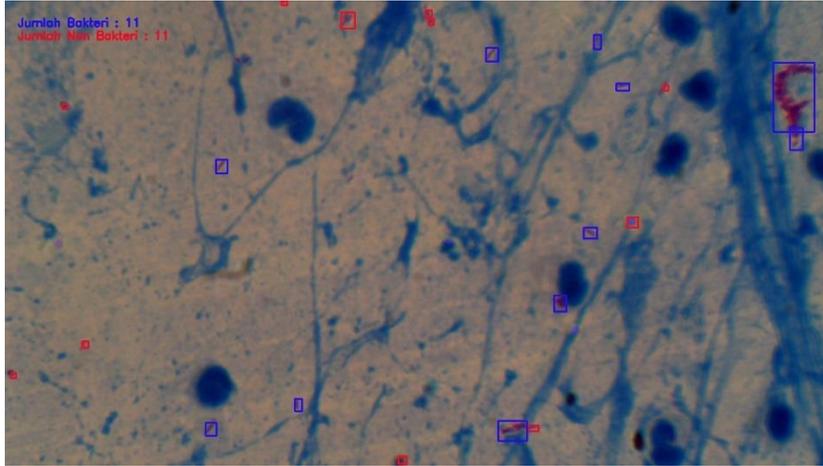
Bakteri dari Sistem : 11
 Bakteri dari Pakar : 9
 Non-Bakteri dari Sistem : 13
 Non-Bakteri dari Pakar : 6
 Noise dari Sistem : 10



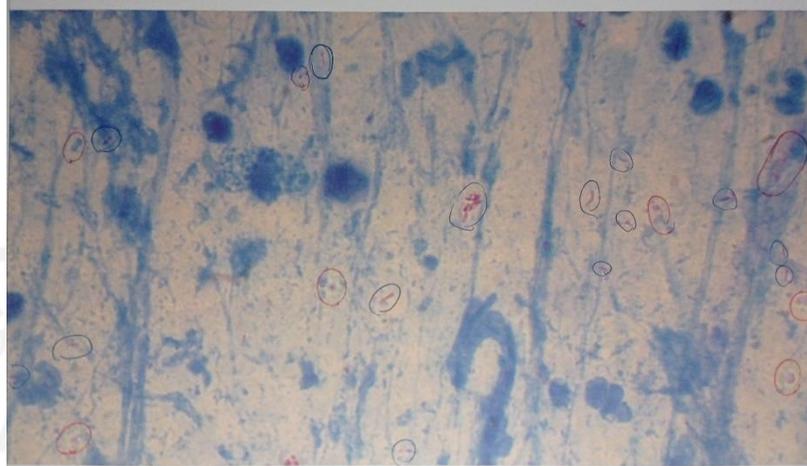
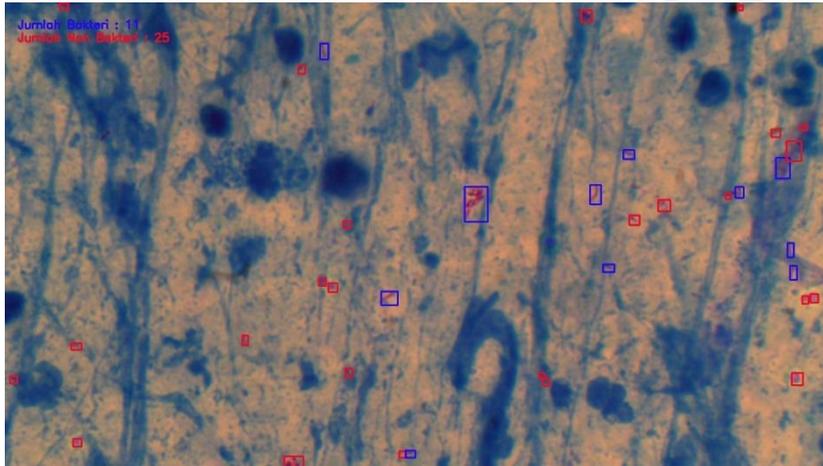
Bakteri dari Sistem : 14
 Bakteri dari Pakar : 11
 Non-Bakteri dari Sistem : 18
 Non-Bakteri dari Pakar : 5
 Noise dari Sistem : 6



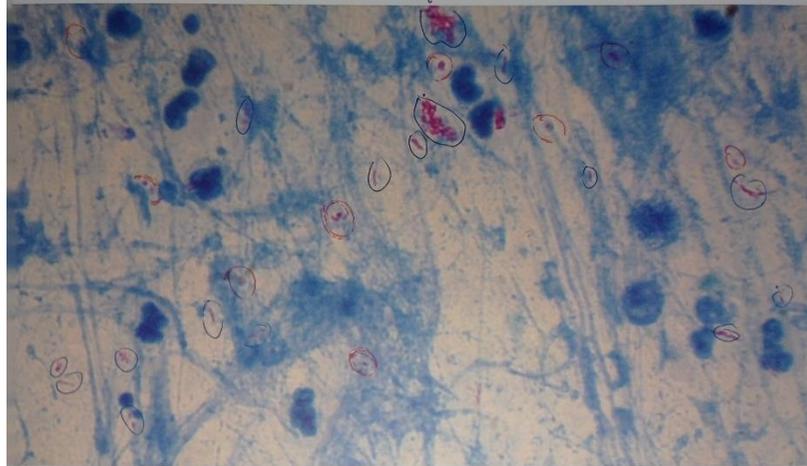
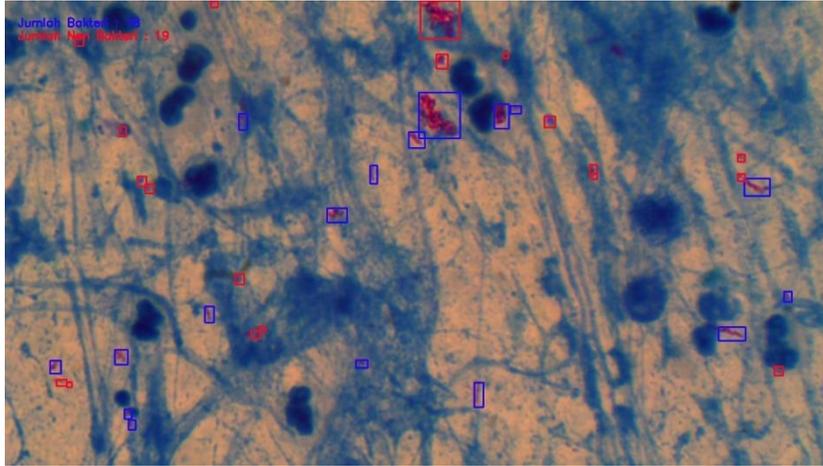
Bakteri dari Sistem : 15
 Bakteri dari Pakar : 19
 Non-Bakteri dari Sistem : 19
 Non-Bakteri dari Pakar : 6
 Noise dari Sistem : 4



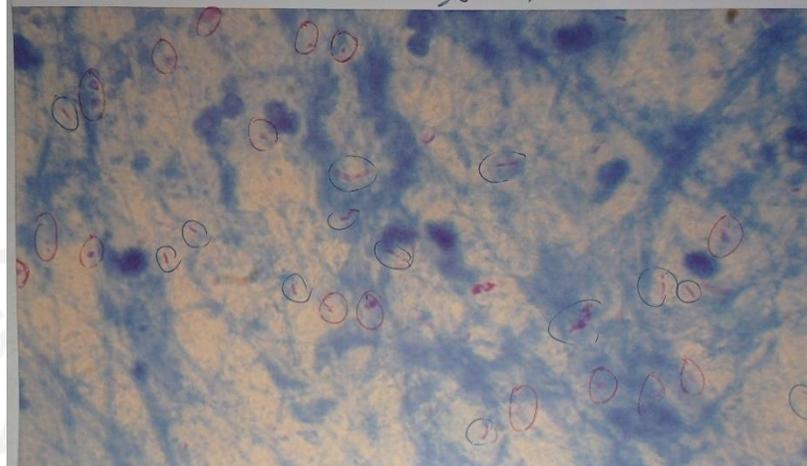
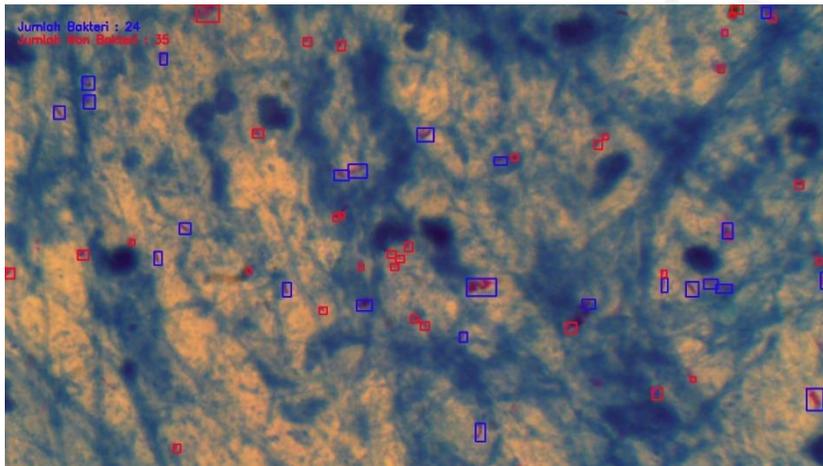
Bakteri dari Sistem : 11
 Bakteri dari Pakar : 10
 Non-Bakteri dari Sistem : 11
 Non-Bakteri dari Pakar : 3
 Noise dari Sistem : 6



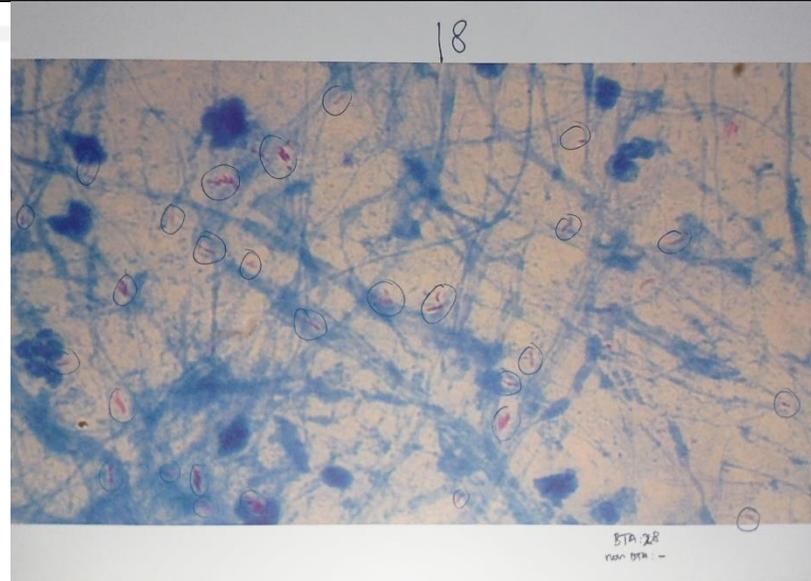
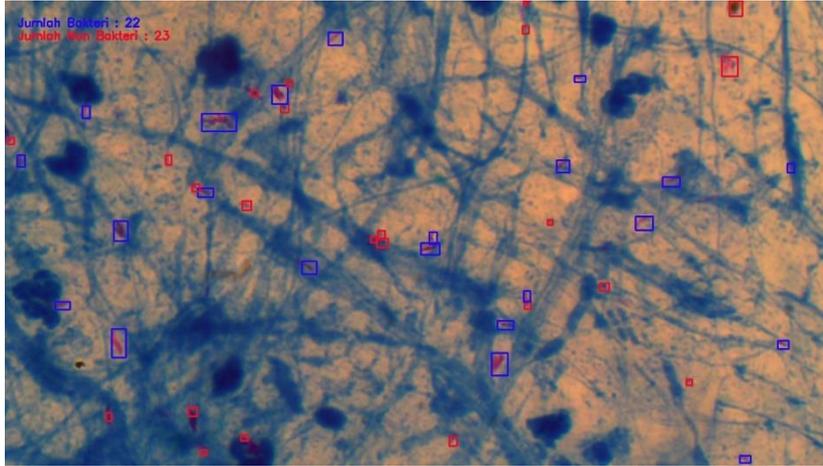
Bakteri dari Sistem : 11
 Bakteri dari Pakar : 14
 Non-Bakteri dari Sistem : 25
 Non-Bakteri dari Pakar : 8
 Noise dari Sistem : 8



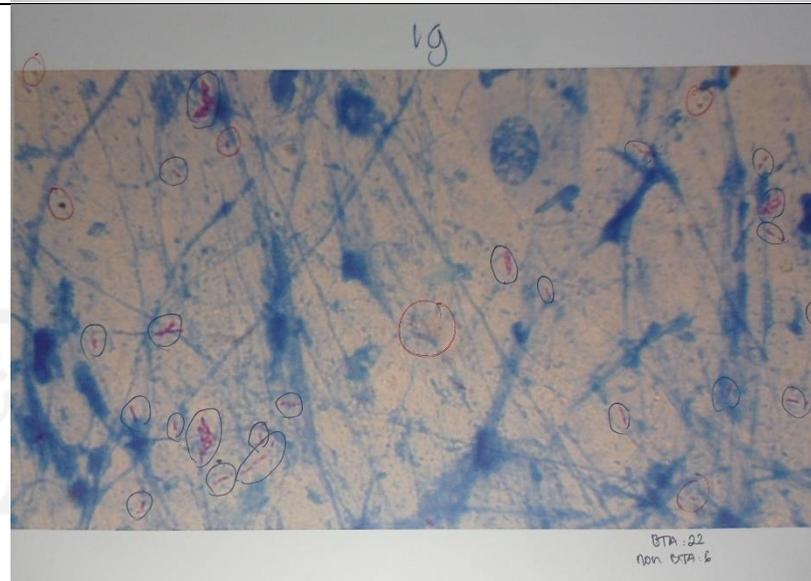
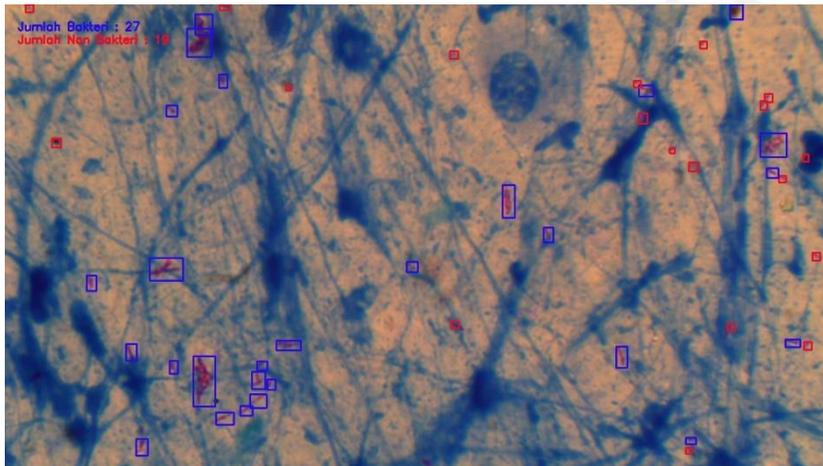
Bakteri dari Sistem : 18
 Bakteri dari Pakar : 17
 Non-Bakteri dari Sistem : 19
 Non-Bakteri dari Pakar : 9
 Noise dari Sistem : 6



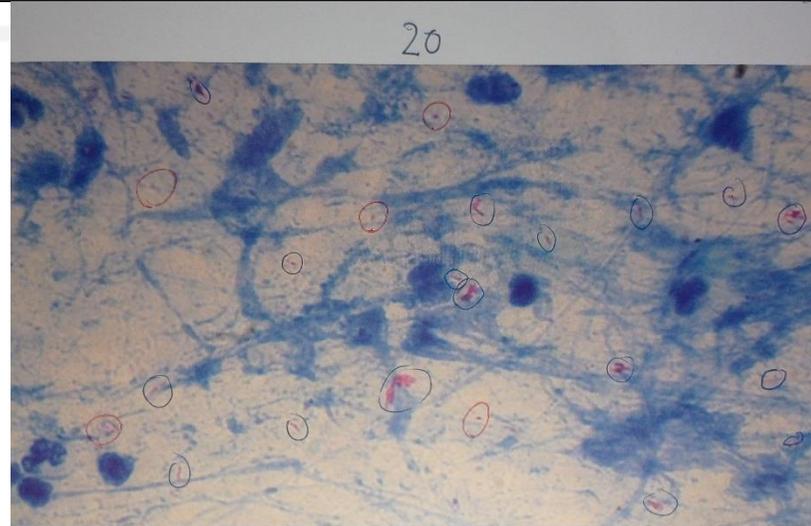
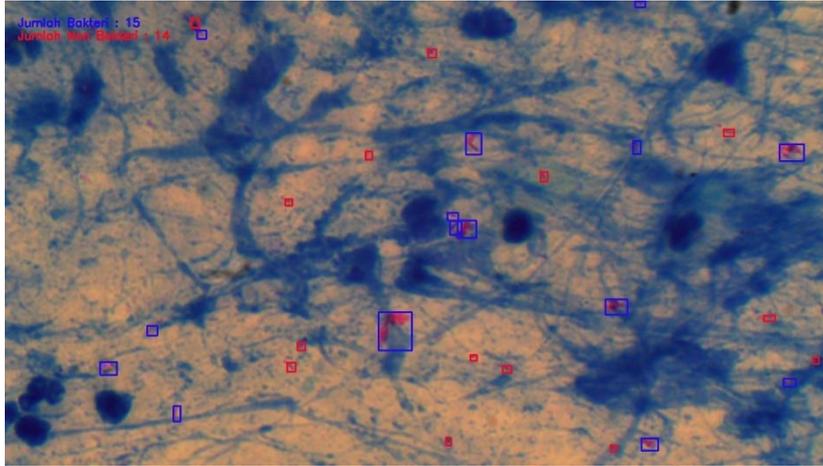
Bakteri dari Sistem : 24
 Bakteri dari Pakar : 13
 Non-Bakteri dari Sistem : 35
 Non-Bakteri dari Pakar : 16
 Noise dari Sistem : 12



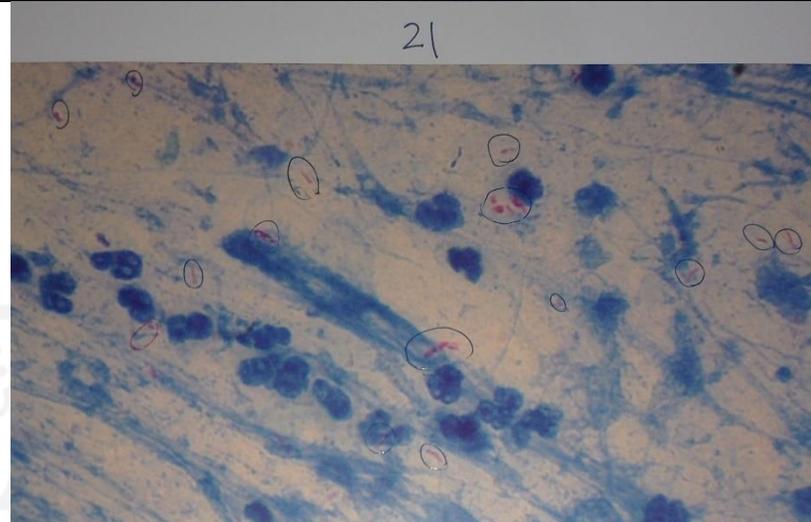
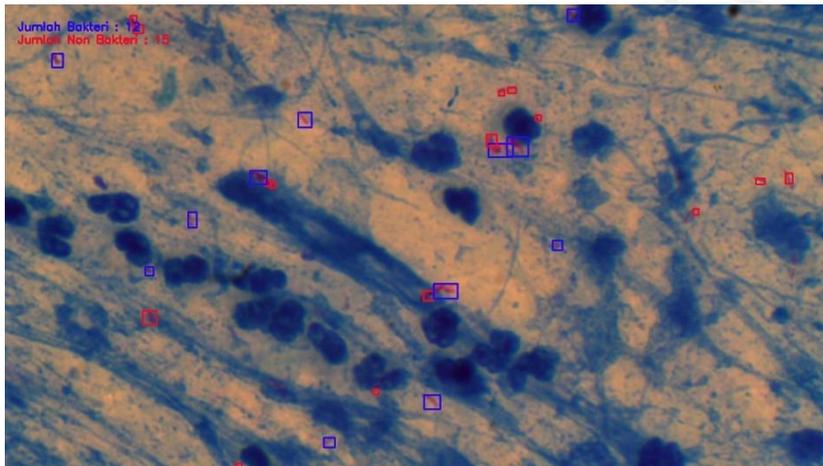
Bakteri dari Sistem : 22
 Bakteri dari Pakar : 28
 Non-Bakteri dari Sistem : 23
 Non-Bakteri dari Pakar : 0
 Noise dari Sistem : 9



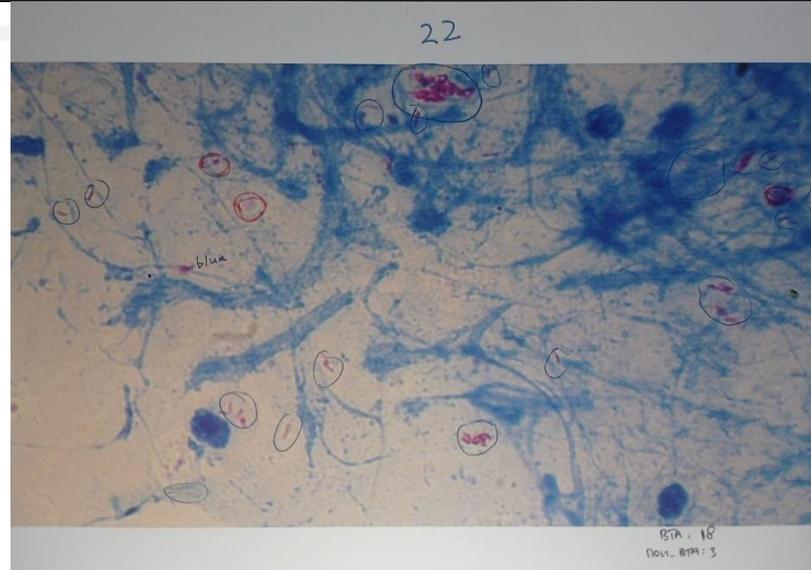
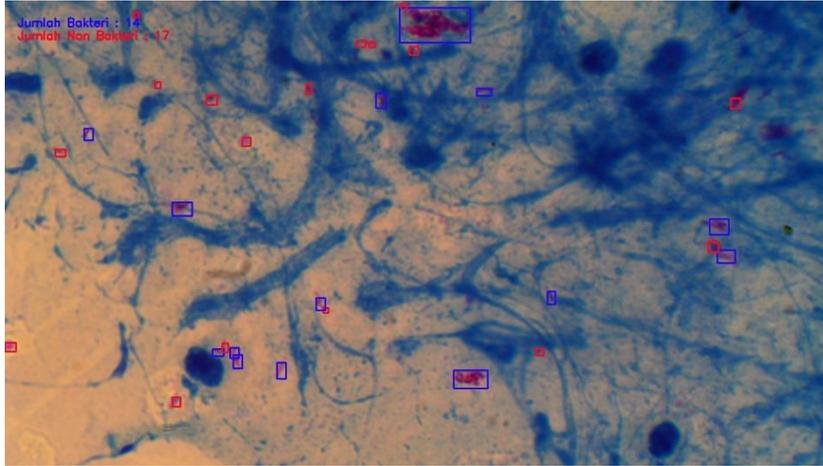
Bakteri dari Sistem : 27
 Bakteri dari Pakar : 22
 Non-Bakteri dari Sistem : 19
 Non-Bakteri dari Pakar : 6
 Noise dari Sistem : 7



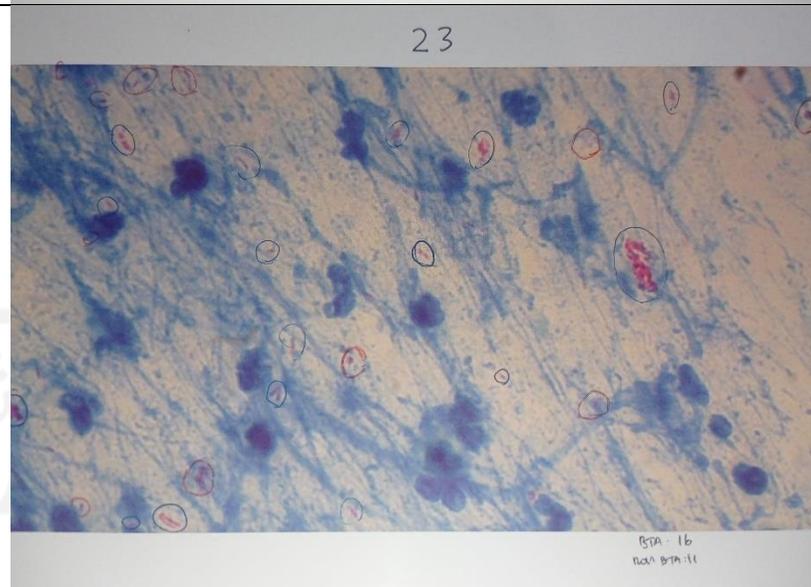
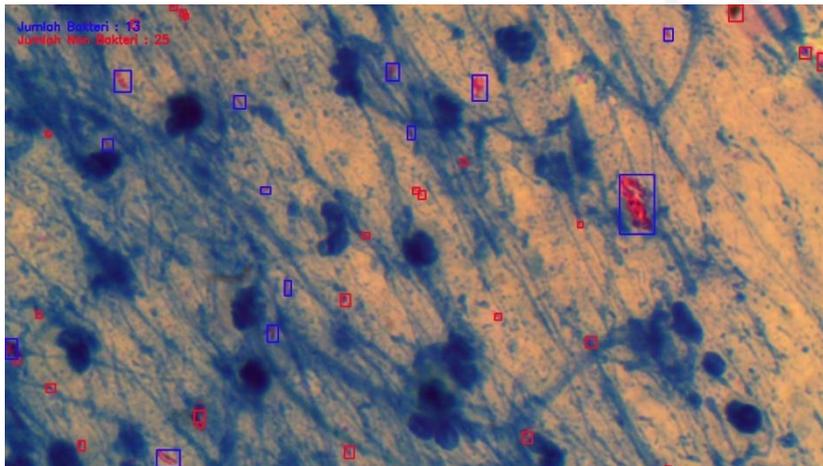
Bakteri dari Sistem : 15
 Bakteri dari Pakar : 17
 Non-Bakteri dari Sistem : 14
 Non-Bakteri dari Pakar : 5
 Noise dari Sistem : 6



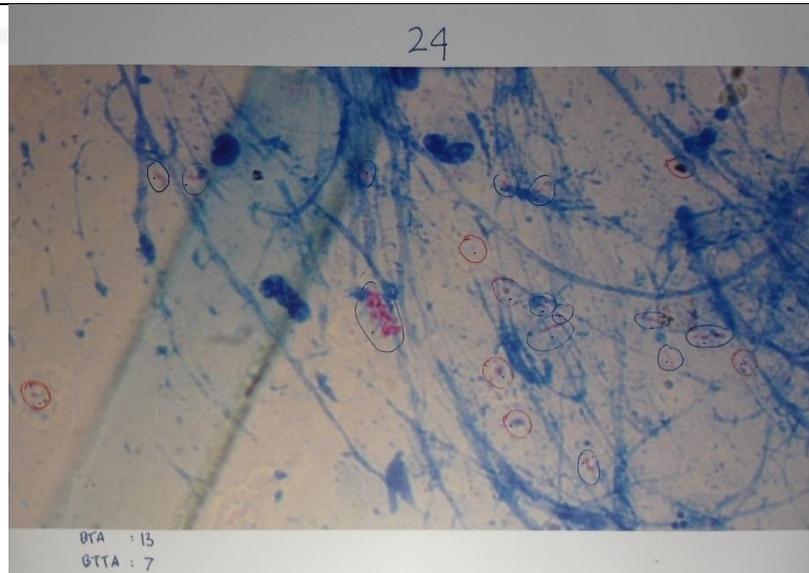
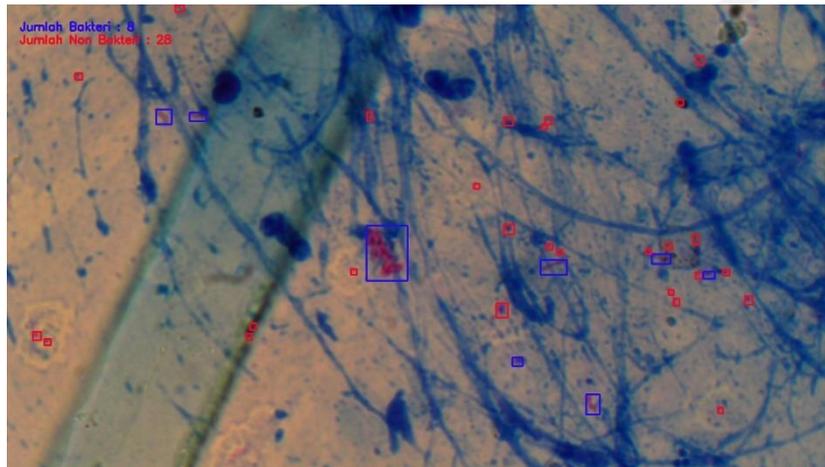
Bakteri dari Sistem : 12
 Bakteri dari Pakar : 14
 Non-Bakteri dari Sistem : 15
 Non-Bakteri dari Pakar : 1
 Noise dari Sistem : 5



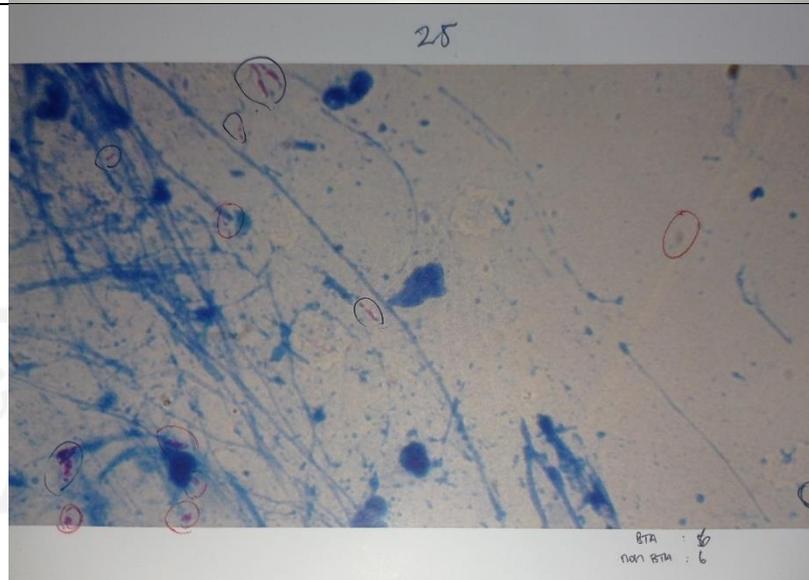
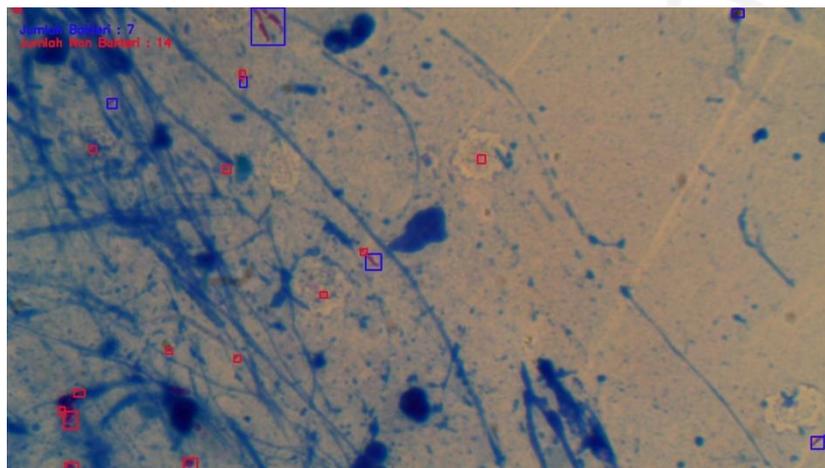
Bakteri dari Sistem : 14
 Bakteri dari Pakar : 18
 Non-Bakteri dari Sistem : 17
 Non-Bakteri dari Pakar : 3
 Noise dari Sistem : 8



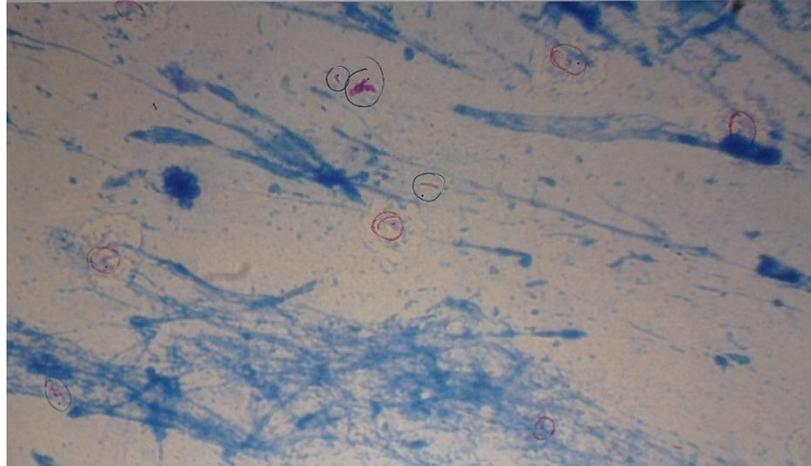
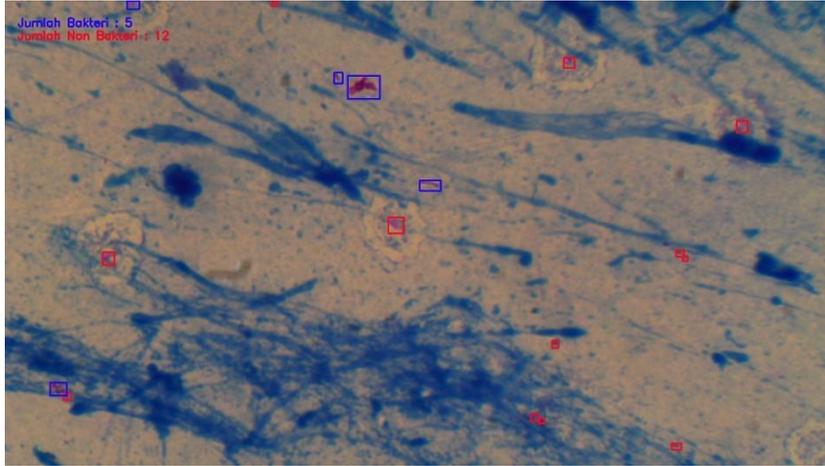
Bakteri dari Sistem : 13
 Bakteri dari Pakar : 16
 Non-Bakteri dari Sistem : 25
 Non-Bakteri dari Pakar : 11
 Noise dari Sistem : 12



Bakteri dari Sistem : 8
 Bakteri dari Pakar : 13
 Non-Bakteri dari Sistem : 28
 Non-Bakteri dari Pakar : 7
 Noise dari Sistem : 8



Bakteri dari Sistem : 7
 Bakteri dari Pakar : 6
 Non-Bakteri dari Sistem : 14
 Non-Bakteri dari Pakar : 6
 Noise dari Sistem : 7



BTA : 4
BTTA : 5

Bakteri dari Sistem : 5
Bakteri dari Pakar : 4
Non-Bakteri dari Sistem : 12
Non-Bakteri dari Pakar : 5
Noise dari Sistem : 4



Sebagian besar hasil Tabel 4.2 menunjukkan deteksi bakteri TB oleh sistem mendekati hasil pengamatan pakar. Hal ini didasari sensitifnya batasan nilai kriteria yang diterapkan pada sistem, mengakibatkan banyaknya objek kandidat bakteri TB tereliminasi dan tidak dianggap sebagai bakteri.

Kriteria lain yang muncul pada citra bakteri TB ialah bentuk bakteri yang timpang tindih seperti yang terlihat pada Gambar 4.17. Banyaknya jumlah bakteri pada suatu area mengakibatkan kejadian tumpang tindih antara bakteri, sehingga masih susah untuk menilai jumlah bakteri yang dapat dihitung. Maka sistem mengambil kesimpulan untuk bakteri yang timpang tindih bernilai satu bakteri.



Gambar 4.17. Bakteri TB dengan kondisi tumpang tindih

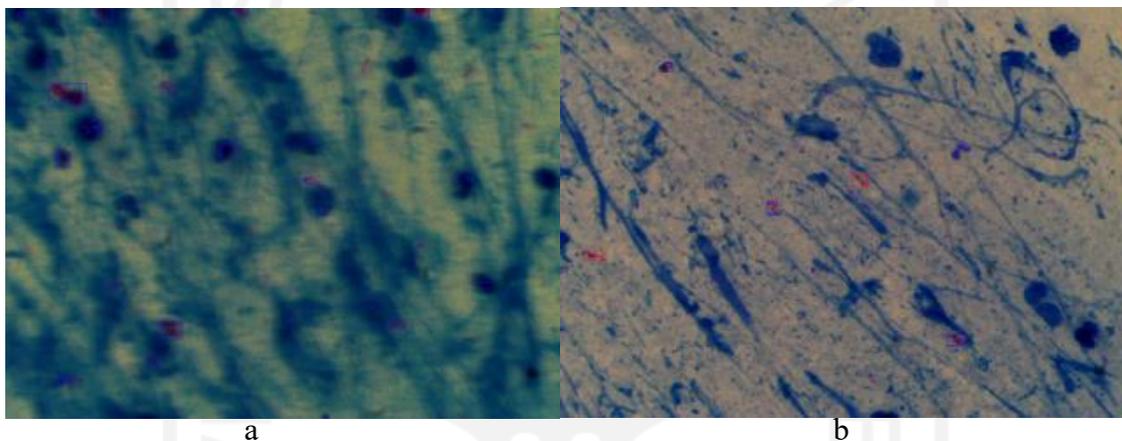
Tabel 4.3. *Confusion matrix* komparasi sistem dengan pakar

		Pakar	
		Positive	Negative
Sistem	Positive	TP = 240	FP = 70
	Negative	FN = 106	TN = 230

Tabel 4.3 menunjukkan hasil *confusion matrix* dari membandingkan jumlah bakteri yang berhasil terdeteksi oleh sistem dengan pakar. Berdasarkan hasil tersebut terdapat 106 objek yang tidak berhasil terdeteksi oleh sistem. Namun, pada kenyataannya objek yang tidak terdeteksi merupakan objek yang seharusnya dianggap sebagai bakteri TB. Selain itu sebanyak 70 objek yang seharusnya bukan termasuk ke dalam objek bakteri namun

dinyatakan sebagai bakteri TB oleh sistem. Sebanyak 240 objek *True positive* dan 230 objek *True Negative* menyatakan objek yang terdeteksi oleh sistem dan pakar adalah objek yang sama sebagai bakteri TB. Dari hasil tersebut dihitung menggunakan rumus (3.1) dan (3.2) didapatkan nilai sensitivitas sebesar 77% dan nilai spesifisitas sebesar 68%.

Nilai yang didapatkan oleh sistem tergolong rendah. Selain pengaruh dari sensitivitas kriteria deteksi objek yang ditentukan, kualitas citra objek bakteri juga mempengaruhi hasil deteksi bakteri TB oleh sistem. Pergerakan perpindahan motor dengan skala mikro meter menghasilkan getaran terhadap dudukan preparat. Hal ini memberi dampak terhadap kualitas pandang mikroskop atau fokus lensa dan posisi dudukan preparat. Dudukan preparat yang mengalami getaran ini sesekali menghasilkan citra bakteri TB tidak jelas.



Gambar 4.18. (a) Menunjukkan citra tidak jelas akibat getaran pergerakan perpindahan motor, (b) Menunjukkan citra yang jelas

Getaran yang diakibatkan dari perpindahan pergerakan motor berdampak pada jarak pandang lensa pengamatan (kamera) dengan dudukan preparat, menghasilkan citra yang tidak jelas seperti yang terlihat pada Gambar 4.18 (a). Sedangkan pada Gambar 4.18 (b) menunjukkan tampak citra yang jelas. Dengan hasil citra yang tidak jelas ini akan sangat mempengaruhi deteksi objek oleh sistem berdasarkan kriteria objek bakteri yang telah ditentukan.

4.4.3 Evaluasi Waktu Sistem

Evaluasi ini dilakukan untuk membandingkan rentang waktu yang dibutuhkan oleh system dan ATLM dalam menganalisa bakteri TB. Perancangan sistem ini dibangun menggunakan bahasa pemrogram Python versi 3.8.10 dengan spesifikasi komputasi *processor Core i3* 1.70GHz dan RAM 8Gb, dengan pengolahan citra yang digunakan sebagai data uji memiliki resolusi sebesar 1000 x 750 piksel. Dari hasil Tabel 4.2, evaluasi akurasi deteksi sebanyak

26 sampel uji. Terlihat pada Tabel 4.4 rata-rata menghasilkan proses selama ± 5.478 detik untuk tiap citra data uji yang digunakan.

Tabel 4.4 Waktu komputasi sistem

Tahapan Proses	Rata-rata waktu per-detik
Satu perpindahan area pandang	0.433 ± 1.290
<i>Preprocessing</i>	3.587 ± 5.613
Filter objek	0.006 ± 0.027
Total	4.026 ± 6.530

Berdasarkan diskusi yang dilakukan dengan salah satu ATLM, menyatakan bahwa untuk membaca atau menganalisa satu preparat secara manual membutuhkan waktu kurang lebih 20 sampai dengan 30 menit, hal ini bisa lebih lama untuk beberapa ATLM yang belum berpengalaman. Sehingga jika dihitung untuk menganalisa 1 area pandang membutuhkan waktu kurang lebih 12 sampai dengan 18 detik. Selain itu, waktu analisa secara manual juga dipengaruhi oleh jumlah bakteri yang ditemukan sepanjang 100 lapang pandang. Jika jumlah bakteri yang ditemukan sangat banyak dalam satu lapang pandang, maka akan semakin cepat untuk menentukan tingkat keparahan TB dari pasien dan sebaliknya.

Sebagai perbandingan juga antara Tabel 4.4 dengan penelitian sebelumnya (Kurniawan et al., 2019) yang hanya mendeteksi bakteri TB membutuhkan waktu ± 13.21 detik untuk satu citra. Proses pada penelitian ini terbilang cepat dari tahap perpindahan area pandang, *preprocessing* sampai dengan tahap pelabelan objek bakteri dengan waktu rata-rata ± 5.478 detik. Maka jika dilakukan analisa untuk 100 lapang pandang membutuhkan waktu ± 9.13 menit.

BAB 5

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya, sistem motorik mikroskop dan sistem deteksi bakteri TB berhasil diintegrasikan. Terlihat kemampuan sistem untuk mengendalikan pergerakan dudukan preparat, menampilkan citra dari area pandang mikroskop dan menghasilkan citra deteksi bakteri TB menggunakan komputer. Selain itu integrasi kedua sistem ini juga membutuhkan waktu rata-rata sebesar ± 5.478 detik untuk satu kali proses, baik dari perpindahan area pandang, *preprocessing* untuk memproses citra bakteri, dan proses filter untuk memilah objek bakteri TB yang muncul.

Implementasi penggunaan motor penggerak pada mikroskop untuk pemotretan bakteri mempengaruhi hasil citra. Berdasarkan hasil evaluasi kualitas citra pemotretan, kecepatan 100rpm menghasilkan citra yang cukup baik untuk pengamatan bakteri TB. Hal ini terlihat dari dampak getaran yang diberikan masih menghasilkan getaran dan mempengaruhi fokus lensa atau jarak antara dudukan preparat dengan lensa pengamatan berubah.

Melalui hasil pengujian deteksi bakteri, didapatkan sistem memiliki parameter yang sensitif dalam menentukan objek. Dengan hasil komparasi sensitivitas sebesar 77% dan nilai spesifisitas sebesar 68%. Kriteria pengenalan objek bakteri TB perlu ditambahkan berdasarkan beberapa objek bakteri TB yang sering muncul, diantaranya memiliki kriteria timpang tindih dan berukuran tidak normal.

5.2 Saran

Pengembangan sistem motorik mikroskop tidak luput dari beberapa kendala dan kekurangan yang dialami. Demi kelanjutan pengembangan sistem, perlu diperhatikan beberapa hal berikut:

1. Perlu adanya pembaruan pada penggunaan motor penggerak yang memberikan dampak getaran yang tidak terlalu signifikan saat berputar. Dikarenakan jarak perpindahan terhitung dalam satuan *micrometer*, getaran yang dihasilkan motor mempengaruhi jarak pandang antara lensa pengamatan dengan dudukan preparate. Sehingga menghasilkan citra potret yang tidak jelas. Selain itu perlu

adanya penambahan motor untuk pergerakan secara vertical dan motor untuk mengendalikan fokus lensa pengamatan.

2. Sesuai dengan hasil diskusi dari beberapa ATLM, citra yang dihasilkan kamera yang digunakan memberikan efek pembesaran pada area pandang mikroskop. Selain itu mengakibatkan ukuran objek bakteri yang diamati memiliki ukuran yang tidak normal, sehingga pihak ATLM ragu menentukan objek pengamatan merupakan bakteri TB atau bukan bakteri TB.
3. Pengembangan lebih lanjut untuk sistem deteksi bakteri TB dari citra hasil pemotretan mikroskop. Perlu adanya pembaruan algoritma untuk menyesuaikan citra yang digunakan dan filter untuk mendeteksi bakteri TB.



Daftar Pustaka

- Antony, B., & Banu, N. (2017). Lung Tuberculosis Detection Using X-Ray Images. In *International Journal of Applied Engineering Research* (Vol. 12). <http://www.ripublication.com>
- Basic TB Facts | TB | CDC.* (n.d.). Retrieved February 9, 2022, from <https://www.cdc.gov/tb/topic/basics/default.htm>
- CX31 | Olympus LS.* (n.d.). Retrieved February 6, 2022, from [https://www.olympus-lifescience.com/en/microscopes/upright/cx31/#!cms\[focus\]=cmsContent694](https://www.olympus-lifescience.com/en/microscopes/upright/cx31/#!cms[focus]=cmsContent694)
- Fatmawati. (2023). *Health Technology Assessment Purwarupa Identifikasi Tuberculosis di Kabupaten Sleman.*
- Guo, K., Liao, J., Bian, Z., Heng, X., & Zheng, G. (2015). InstantScope: a low-cost whole slide imaging system with instant focal plane detection. *Biomedical Optics Express*, 6(9), 3210. <https://doi.org/10.1364/boe.6.003210>
- Hamson, Z., Supartha, G., Muntasir, M., Hasan Wahyudi, M., Sugiyarto, S., Fitri, Y., Taureng, H., Agista, R., Illiandri, O., & Muslimin, I. (2021). *Informasi Teknologi di Bidang Kesehatan* (Vol. 5).
- Juliando, D., & Setiari, A. (2017). Identifikasi Bakteri pada Citra Dahak Penderita Tuberculosis (TBC) Menggunakan Metode Watershed. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 2, 83–88. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v2i1.60>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). *Dashboard TB - TBC Indonesia.* Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://tbindonesia.or.id/pustaka-tbc/dashboard-tb/>
- Kulkarni, A., Chong, D., & Batarseh, F. A. (2020). Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy. *Data Democracy: At the Nexus of Artificial Intelligence, Software Development, and Knowledge Engineering*, 83–106. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818366-3.00005-8>
- Kurniawan, R., Muhimmah, I., Kurniawardhani, A., & Kusumadewi, S. (2019). Segmentation of Tuberculosis Bacilli Using Watershed Transformation and Fuzzy C-Means. In *Communication & Information Technology Journal* (Vol. 13, Issue 1).
- Murrell, D. (2018). *Mycobacterium Tuberculosis vs. Avium Complex and More.* <https://www.healthline.com/health/mycobacterium-tuberculosis>

- Policies and guidelines - Tuberculosis.* (n.d.). Retrieved April 14, 2022, from <https://www.health.nsw.gov.au/Infectious/tuberculosis/Pages/Policies.aspx?msclkid=c0d7a74dbbfc11ec9513b773114beb12>
- Pratama, I. R. (n.d.). *SISTEM PENDETEKSI BAKTERI MYCOBACTERIUM.* Retrieved February 6, 2020, from <https://dspace.uui.ac.id/123456789/30295>
- R, R. S., & Beegum, R. T. (2017). Microscope image processing for TB diagnosis using shape features and ellipse fitting; Microscope image processing for TB diagnosis using shape features and ellipse fitting. *2017 IEEE International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems (SPICES).* <https://doi.org/10.1109/SPICES.2017.8091342>
- Rajkumar M. (2018). Tuberculosis Disease Detection Using Image Processing. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology* © 2018 IJSRCSEIT, 3, 31.
- San Mateo County Health Department. (2007). *San Mateo County Public Health Reporting Guidelines.* www.smhealth.org/PHreporting,
- Susanti, I., Handayani, S., Ekowatiningsih, R., Prasetyorini, B., Yusnita, E. A., Agus Ardianto, D., Widjaya, S. K., Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, P., Litbang Kesehatan Jl Percetakan Negara no, B., Pusat, J., & Salemba Raya, J. (2017). Pengembangan Mikroskop dengan Mikrokontroler dan Cahaya Monokromatis untuk Mendeteksi Parasit Malaria. *Www.Teknolabjournal.Com*, 6(2), 75–82. www.teknolabjournal.com
- Todar, K. (n.d.). *Tuberculosis.* Retrieved April 14, 2022, from <http://textbookofbacteriology.net/tuberculosis.html>
- Tuberculosis - Symptoms and causes - Mayo Clinic.* (n.d.). Retrieved February 9, 2022, from <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/tuberculosis/symptoms-causes/syc-20351250>
- Win, W., Arifianto, D., & Apsari, R. (2016). *DESAIN SISTEM AUTOFOCUS BERBASIS NORMALIZED VARIANCE UNTUK PENCARI FOKUS OTOMATIS MIKROSKOP DIGITAL.* <https://www.researchgate.net/publication/317522613>
- World Health Organization. (n.d.). *World Health Organization Geneva MANUAL OF BASIC TECHNIQUES FOR A HEALTH LABORATORY 2nd edition.* Retrieved December 17, 2021, from <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/50198/retrieve>

LAMPIRAN A

Undangan FGD dari Dinas Kesehatan Kabupaten Sleman.



PEMERINTAH KABUPATEN SLEMAN

DINAS KESEHATAN

ꦱꦭꦩꦤ꧀ꦏꦺꦱꦺꦃꦠꦤ꧀

Jalan Rorojonggrang Nomor 6, Beran, Tridadi, Sleman, Yogyakarta, 55511
Telepon (0274) 868409, Faksimile (0274) 868409
Laman: dinkes.slemankab.go.id, Surel: dinkes@slemankab.go.id

Sleman, 16 November 2022

Nomor : 005/9879

Kepada

Sifat : Biasa

Yth. Kepala Puskesmas (*terlampir*)

Lampiran : 1 (satu) lembar

di Tempat

Hal : *Focus Group Discussion*

Menindaklanjuti surat Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Nomor: 269/Kaprodi-Inf-S2/70/Prodi Inf-S2/X/2022 tanggal 6 Oktober 2022 perihal Permohonan Ijin Penelitian, Dinas Kesehatan Kabupaten Sleman akan melaksanakan pertemuan pada :

hari : Senin

tanggal : 21 November 2022

jam : 12.00 WIB - Selesai

tempat : Aula Labkesda Sleman

Jalan Kalimantan, Gang Ambalat, Purwosari, Sinduadi, Mlati,
Sleman

acara : *Focus Group Discussion*

Dimohon berkenan menugaskan 1 (satu) petugas ATLM untuk hadir dalam pertemuan tersebut. Atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih

a.n. Kepala Dinas Kesehatan
Sekretaris



drg. ISA DHARMAWIDJAJA, M.Kes
Pembina Tingkat I, IV/b
NIP. 19650723 199102 1 002

Lampiran : 1

Nomor Surat : 005/9879

Tanggal : 16 November 2022

DAFTAR TUJUAN SURAT

1. Kepala UPT Puskesmas Depok I
2. Kepala UPT Puskesmas Depok II
3. Kepala UPT Puskesmas Gamping I
4. Kepala UPT Puskesmas Godean I
5. Kepala UPT Puskesmas Godean II
6. Kepala UPT Puskesmas Moyudan
7. Kepala UPT Puskesmas Minggir
8. Kepala UPT Puskesmas Seyegan
9. Kepala UPT Puskesmas Pakem
10. Kepala UPT Puskesmas Berbah
11. Kepala UPT Puskesmas Prambanan
12. Kepala UPT Puskesmas Turi
13. Kepala UPT Puskesmas Mlati I
14. Kepala UPT Puskesmas Mlati II
15. Kepala UPT Puskesmas Gamping II
16. Kepala UPT Puskesmas Depok III
17. Kepala UPT Puskesmas Ngaglik I
18. Kepala UPT Puskesmas Ngaglik II
19. Kepala UPT Puskesmas Sleman
20. Kepala UPT Puskesmas Tempel I
21. Kepala UPT Puskesmas Tempel II
22. Kepala UPT Puskesmas Kalasan
23. Kepala UPT Puskesmas Ngemplak I
24. Kepala UPT Puskesmas Ngemplak II
25. Kepala UPT Puskesmas
Cangkringan

Plt. Sub Koordinator Kelompok
Substansi P2PM



dr. Seruni Angreni Susila
Pembina, IV/a
NIP. 19810805 200902 2 005

اجب البس ابان

LAMPIRAN B

Form Penilaian Hasil Citra Mikroskop

Pada form ini, Bapak/Ibu analis akan diminta untuk menilai gambar-gambar hasil pengambilan citra dari bakteri TB berdasarkan tingkat kemudahan membaca citra oleh Bapak/Ibu analis untuk menilai citra bakteri TB. *Berikan centang (√) dalam kolom dibawah ini untuk jawaban dari Bapak/Ibu analis

Nama :
Institusi :

1. Penilaian untuk citra 1

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

2. Penilaian untuk citra 2

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

3. Penilaian untuk citra 3

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

4. Penilaian untuk citra 4

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

5. Penilaian untuk citra 5

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

6. Penilaian untuk citra 6

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

--	--	--

7. Penilaian untuk citra 7

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

8. Penilaian untuk citra 8

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

9. Penilaian untuk citra 9

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

10. Penilaian untuk citra 10

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

11. Penilaian untuk citra 11

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

12. Penilaian untuk citra 12

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

13. Penilaian untuk citra 13

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

14. Penilaian untuk citra 14

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

15. Penilaian untuk citra 15

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

16. Penilaian untuk citra 16

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

17. Penilaian untuk citra 17

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

18. Penilaian untuk citra 18

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

19. Penilaian untuk citra 19

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

20. Penilaian untuk citra 20

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

21. Penilaian untuk citra 21

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

--	--	--

22. Penilaian untuk citra 22

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

23. Penilaian untuk citra 23

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

24. Penilaian untuk citra 24

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

25. Penilaian untuk citra 25

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

26. Penilaian untuk citra 26

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

27. Penilaian untuk citra 27

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

28. Penilaian untuk citra 28

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

29. Penilaian untuk citra 29

Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai

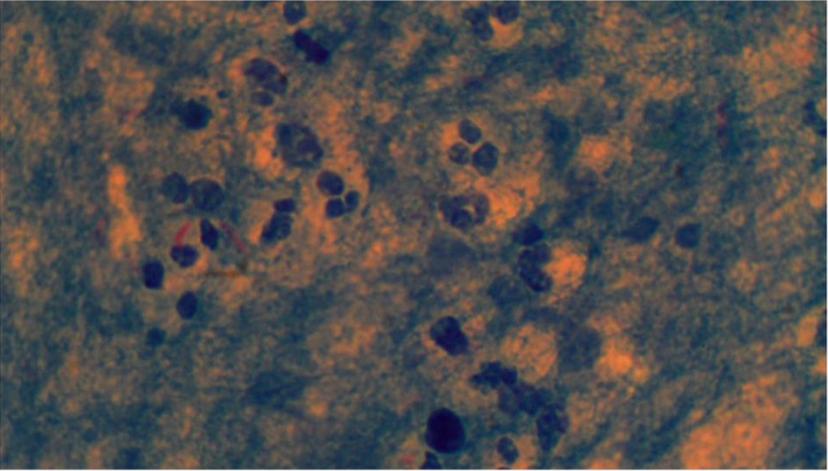
30. Penilaian untuk citra 30

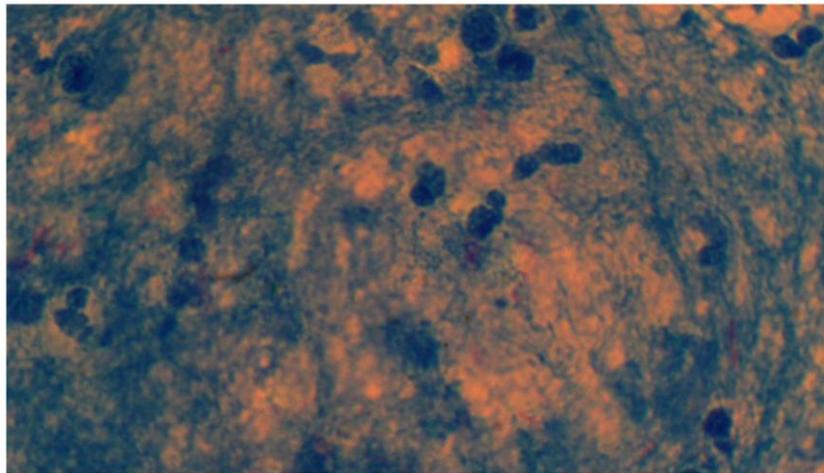
Citra tidak dapat dinilai	Citra masih dapat dinilai	Citra mudah untuk dinilai



LAMPIRAN C

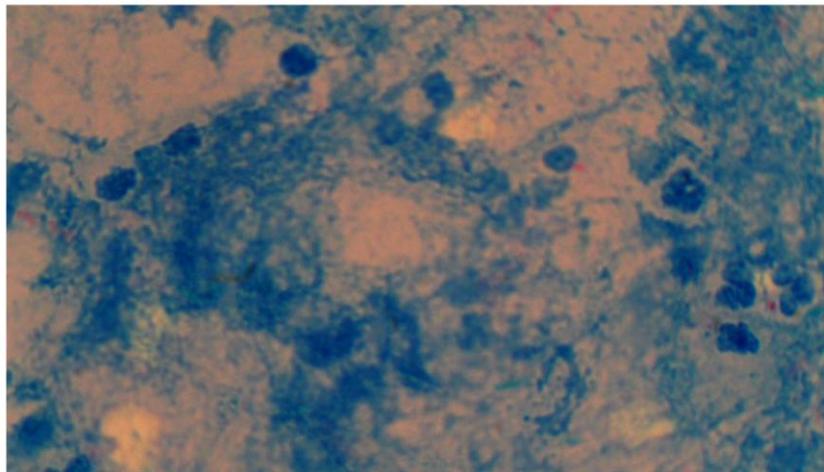
Tabel hasil form penilaian kualitas citra.

Citra	Persentase Hasil Penilaian
 <p>1</p>	<p>Citra tidak dapat dinilai : 48% Citra masih dapat dinilai : 48% Citra mudah untuk dinilai : 4%</p>



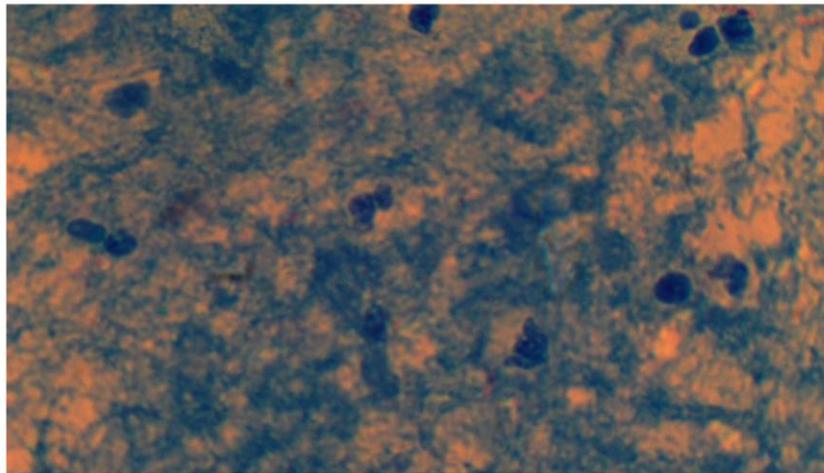
2

Citra tidak dapat dinilai : 44%
Citra masih dapat dinilai : 48%
Citra mudah untuk dinilai : 8%



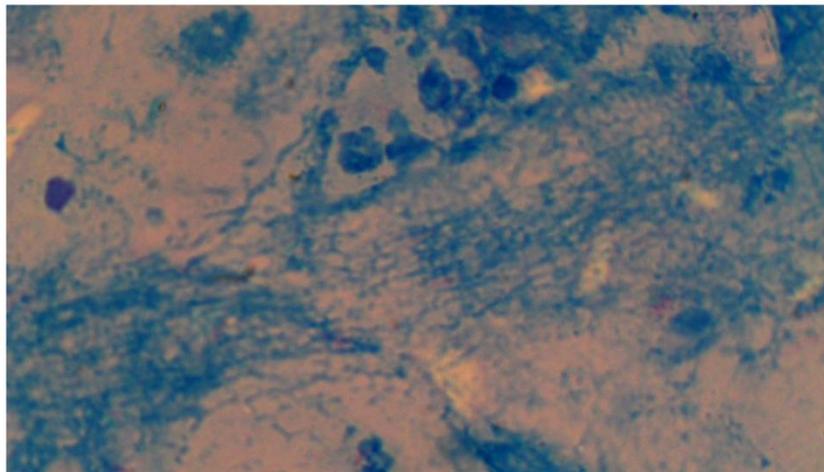
3

Citra tidak dapat dinilai : 52%
Citra masih dapat dinilai : 48%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



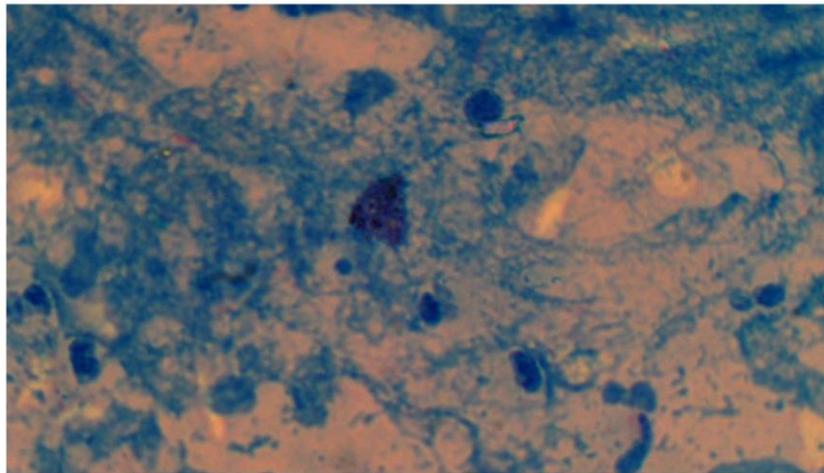
4

Citra tidak dapat dinilai : 96%
Citra masih dapat dinilai : 4%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



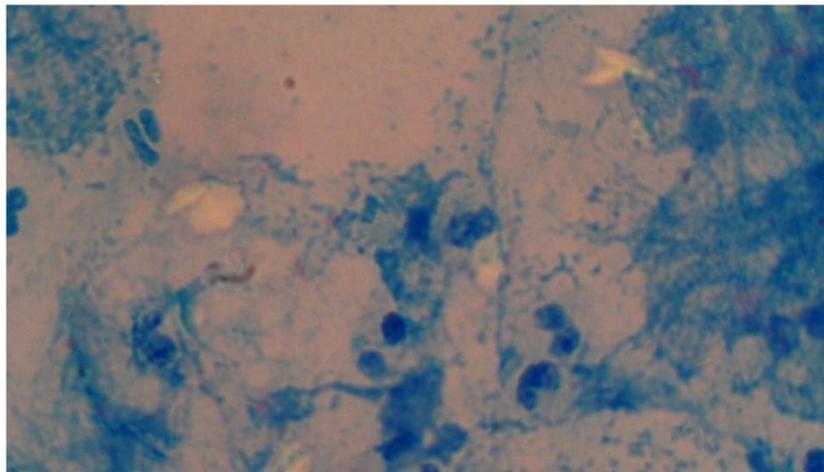
5

Citra tidak dapat dinilai : 96%
Citra masih dapat dinilai : 4%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



6

Citra tidak dapat dinilai : 60%
Citra masih dapat dinilai : 40%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



7

Citra tidak dapat dinilai : 92%
Citra masih dapat dinilai : 8%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



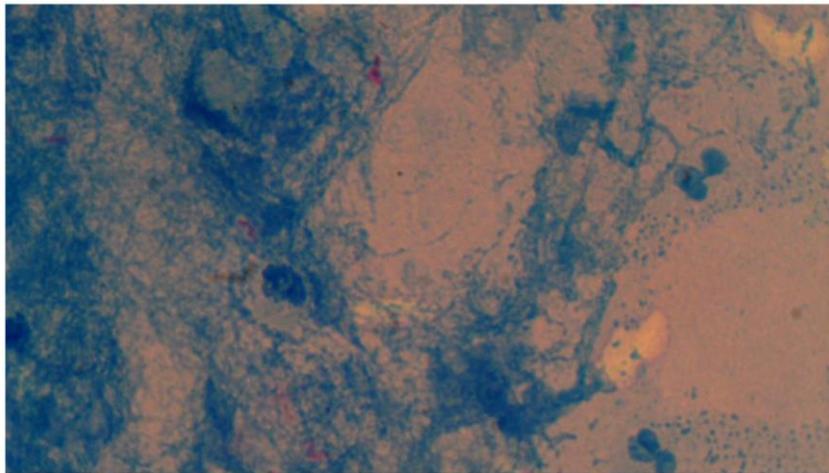
8

Citra tidak dapat dinilai : 56%
Citra masih dapat dinilai : 32%
Citra mudah untuk dinilai : 12%



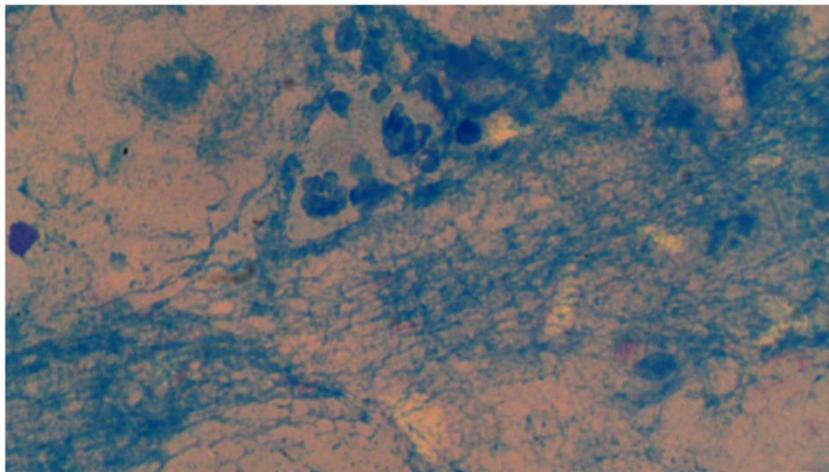
9

Citra tidak dapat dinilai : 64%
Citra masih dapat dinilai : 36%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



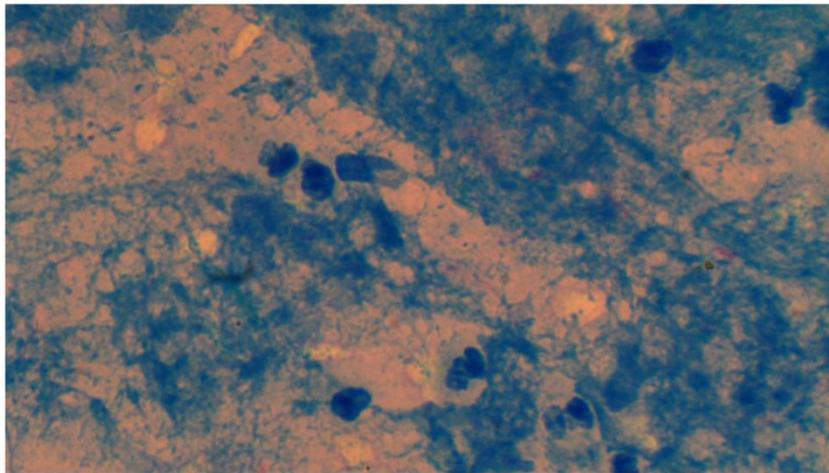
10

Citra tidak dapat dinilai : 36%
Citra masih dapat dinilai : 56%
Citra mudah untuk dinilai : 8%



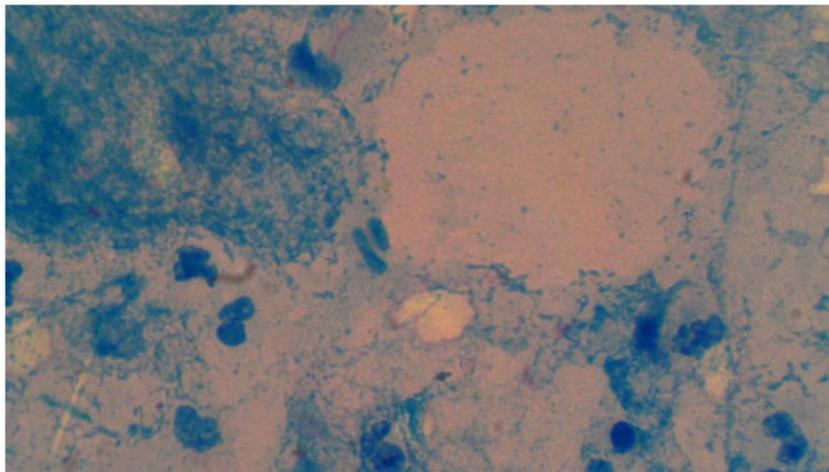
11

Citra tidak dapat dinilai : 80%
Citra masih dapat dinilai : 20%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



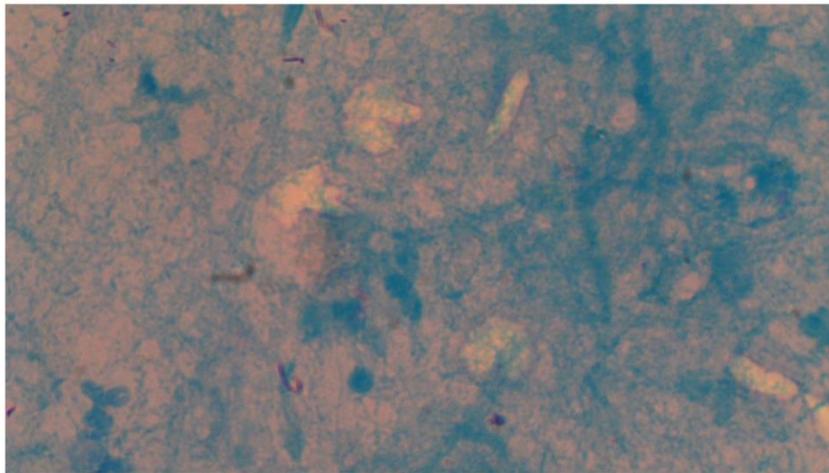
12

Citra tidak dapat dinilai : 60%
Citra masih dapat dinilai : 36%
Citra mudah untuk dinilai : 4%



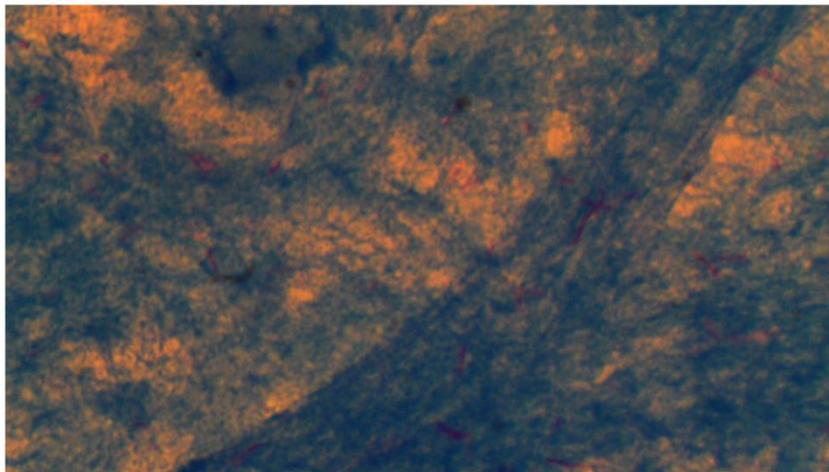
13

Citra tidak dapat dinilai : 84%
Citra masih dapat dinilai : 16%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



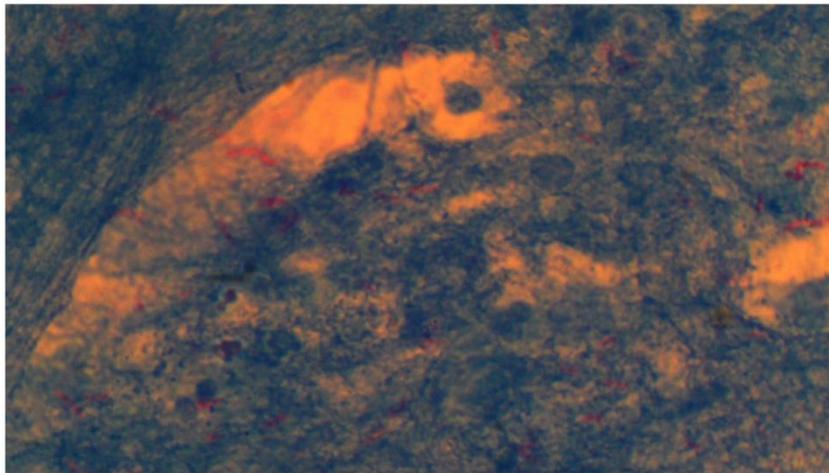
14

Citra tidak dapat dinilai : 60%
Citra masih dapat dinilai : 32%
Citra mudah untuk dinilai : 8%



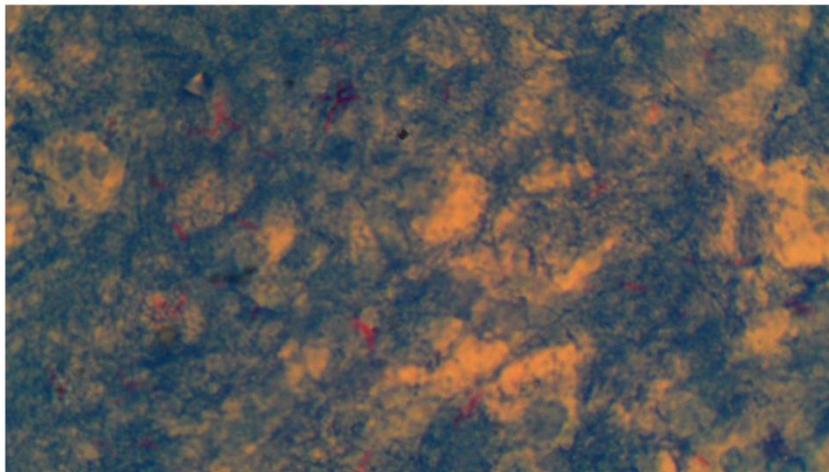
15

Citra tidak dapat dinilai : 0%
Citra masih dapat dinilai : 60%
Citra mudah untuk dinilai : 40%



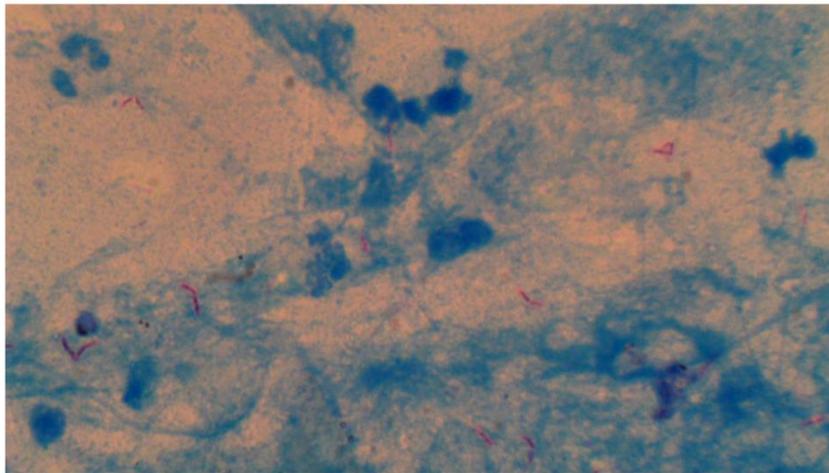
16

Citra tidak dapat dinilai : 4%
Citra masih dapat dinilai : 60%
Citra mudah untuk dinilai : 36%



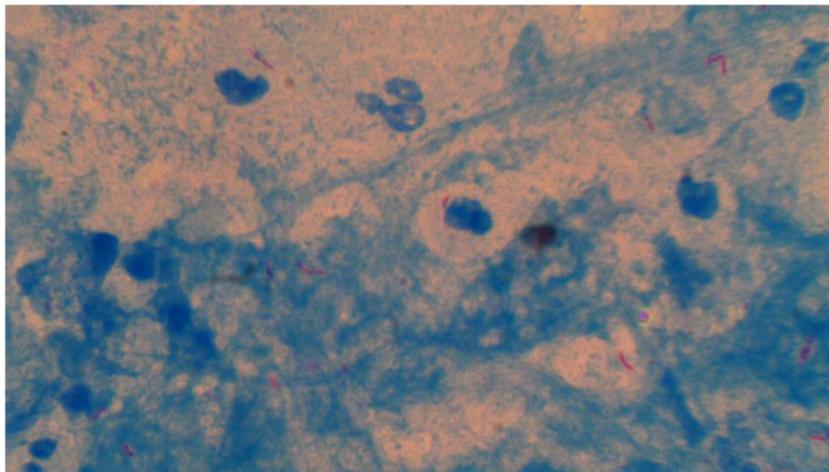
17

Citra tidak dapat dinilai : 4%
Citra masih dapat dinilai : 48%
Citra mudah untuk dinilai : 48%



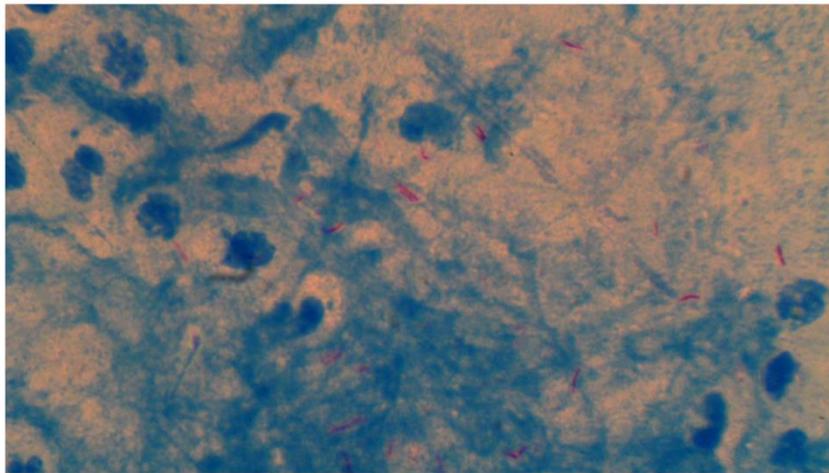
18

Citra tidak dapat dinilai : 0%
Citra masih dapat dinilai : 8%
Citra mudah untuk dinilai : 92%



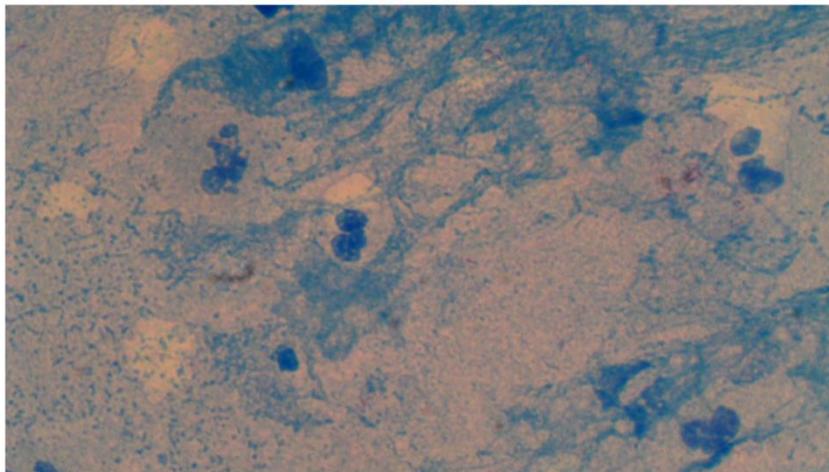
19

Citra tidak dapat dinilai : 0%
Citra masih dapat dinilai : 12%
Citra mudah untuk dinilai : 88%



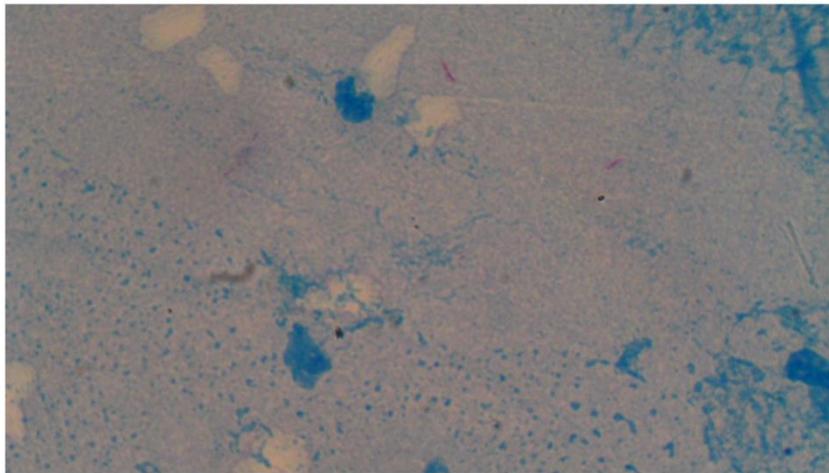
20

Citra tidak dapat dinilai : 0%
Citra masih dapat dinilai : 4%
Citra mudah untuk dinilai : 96%



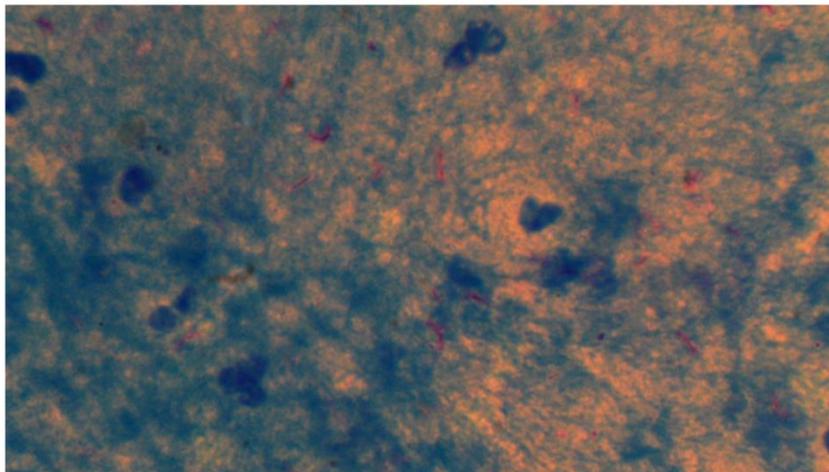
21

Citra tidak dapat dinilai : 80%
Citra masih dapat dinilai : 16%
Citra mudah untuk dinilai : 4%



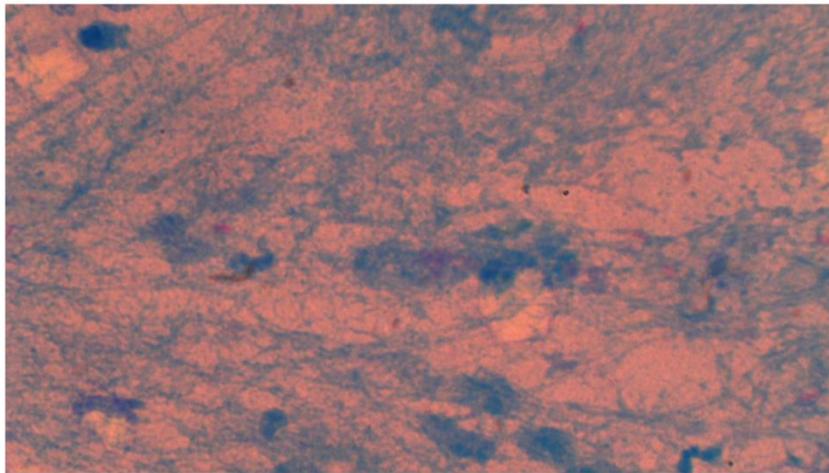
22

Citra tidak dapat dinilai : 12%
Citra masih dapat dinilai : 80%
Citra mudah untuk dinilai : 8%



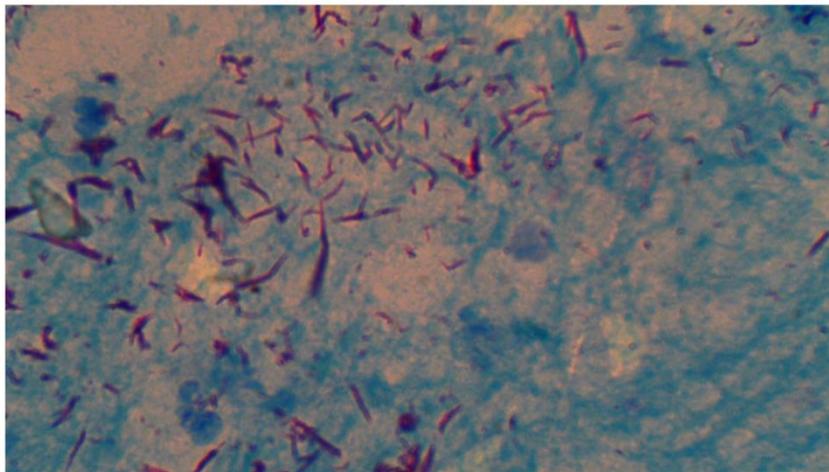
23

Citra tidak dapat dinilai : 0%
Citra masih dapat dinilai : 44%
Citra mudah untuk dinilai : 56%



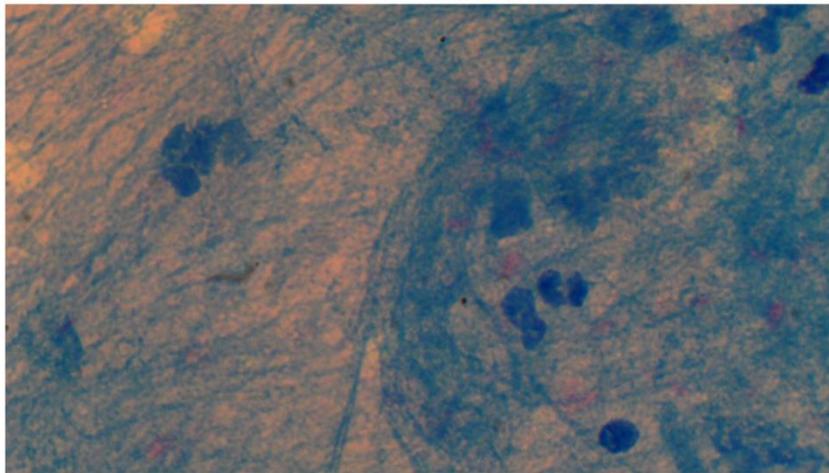
24

Citra tidak dapat dinilai : 48%
Citra masih dapat dinilai : 44%
Citra mudah untuk dinilai : 8%



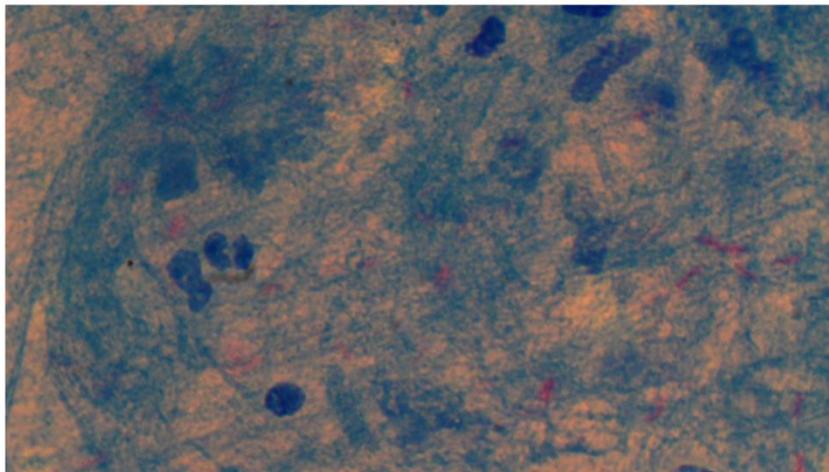
25

Citra tidak dapat dinilai : 88%
Citra masih dapat dinilai : 4%
Citra mudah untuk dinilai : 8%



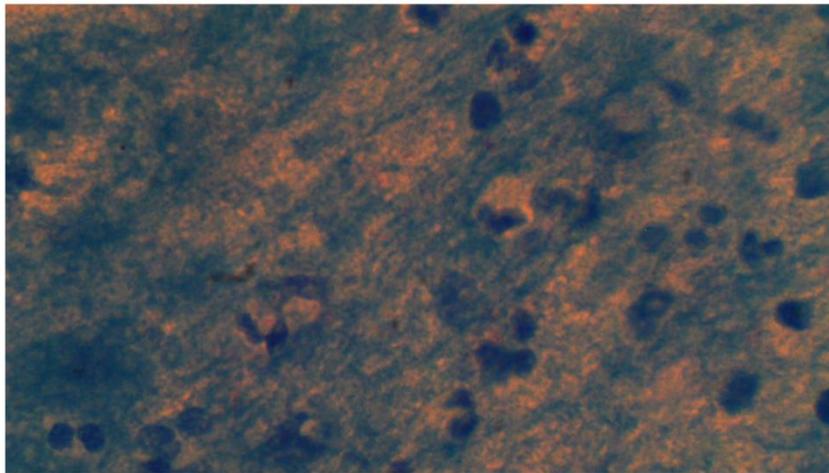
26

Citra tidak dapat dinilai : 68%
Citra masih dapat dinilai : 32%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



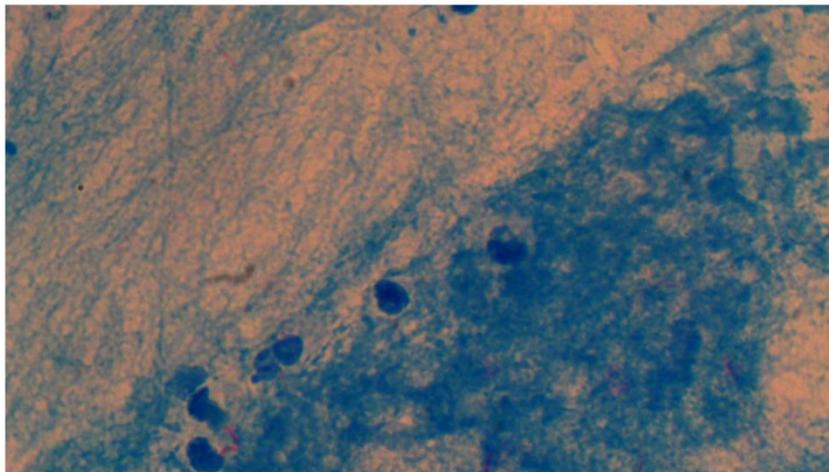
27

Citra tidak dapat dinilai : 8%
Citra masih dapat dinilai : 68%
Citra mudah untuk dinilai : 24%



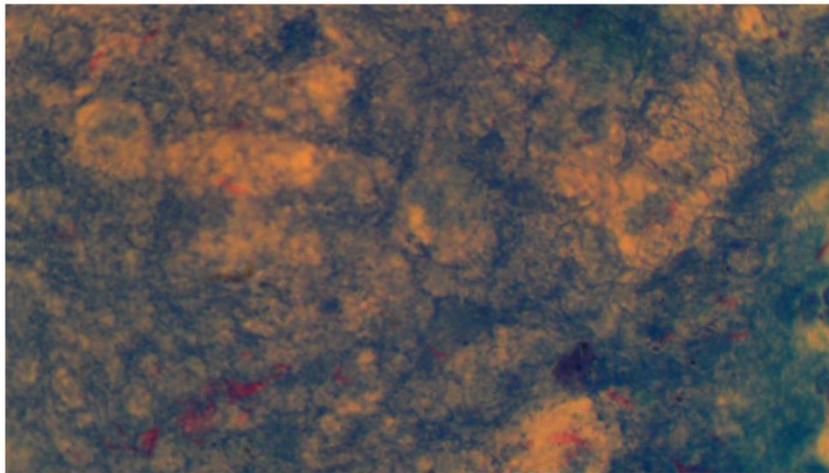
28

Citra tidak dapat dinilai : 92%
Citra masih dapat dinilai : 8%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



29

Citra tidak dapat dinilai : 12%
Citra masih dapat dinilai : 80%
Citra mudah untuk dinilai : 8%



30

Citra tidak dapat dinilai : 44%
Citra masih dapat dinilai : 56%
Citra mudah untuk dinilai : 0%



