

DETEKSI PENYAKIT TUBERKULOSIS MELALUI SEGMENTASI CITRA MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS

Nanda Dwi Husna Sadikin¹, Nandi Dwi Husni Sadikin², Niki Marco³, Sesiliawati⁴,
Ignatius Wiseto Prasetyo Agung⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Informatika, Teknologi Informasi, Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya

e-mail: ¹nandadwihs@gmail.com, ²nandwhs03@gmail.com, ³nikimarco77@gmail.com,

⁴sesiliawati04@gmail.com, ⁵wiseto.agung@ars.ac.id

Abstrak

Tuberkulosis telah menjadi penyakit yang sangat berbahaya, penularan yang cepat dan mudah menjadi penyakit menular paling berbahaya di dunia saat ini. Deteksi bakteri *mycobacterium tuberculosis* pun merupakan langkah krusial untuk mempercepat diagnosis pasien, agar pasien dapat segera diobati dan penularan dapat dihentikan. Dalam penelitian ini, sebuah pendekatan segmentasi citra yang menggabungkan model warna LAB dan algoritma clustering K-Means diajukan untuk memisahkan dengan akurat area yang berisi bakteri tuberkulosis dalam citra dari latar belakang. Pertama-tama, citra mikroskopis diubah ke dalam ruang warna LAB guna mengekstraksi komponen warna yang paling sensitif terhadap perbedaan intensitas dalam citra bakteri *mycobacterium tuberculosis*. Selanjutnya, melalui penerapan algoritma K-Means clustering, piksel-piksel citra dikelompokkan menjadi beberapa kelompok berdasarkan perbedaan intensitasnya. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu mengisolasi area yang berisi bakteri *mycobacterium tuberculosis* dalam citra mikroskopis dengan akurasi dan efisiensi yang tinggi. Meskipun hasil akurasi yang tinggi didapatkan dengan cara diamati secara visual, keberadaan bakteri tuberkulosis dalam citra hasil tetap merupakan tantangan yang sulit diobjektifkan karena kurangnya metode validasi yang obyektif. Namun, hasil penelitian ini memberikan indikasi yang kuat bahwa pendekatan segmentasi yang diusulkan ini memiliki potensi sebagai langkah awal dalam pengembangan sistem deteksi otomatis bakteri tuberkulosis yang lebih canggih.

Abstract

Tuberculosis has become a very dangerous disease, fast and easy transmission has become the most dangerous infectious disease in the world today. Detection of *mycobacterium tuberculosis* bacteria is also a crucial step to speed up patient diagnosis, so that patients can be treated immediately and transmission can be stopped. In this study, an image segmentation approach combining the LAB color model and K-Means clustering algorithm is proposed to accurately separate the area containing tuberculosis bacteria in the image from the background. First, the microscopic image is converted into the LAB color space to extract the color components that are most sensitive to intensity differences in the image of *mycobacterium tuberculosis* bacteria. Next, through the application of the K-Means clustering algorithm, the image pixels are clustered into groups based on their intensity differences. Experimental results show that this approach is able to isolate areas containing *mycobacterium tuberculosis* bacteria in microscopic images with high accuracy and efficiency. Despite the high accuracy obtained by visual observation, the presence of tuberculosis bacteria in the resultant image remains a challenge that is difficult to objectify due to the lack of objective validation methods. However, the results of this study provide a strong indication that the proposed segmentation approach has potential as a first step in the development of a more sophisticated tuberculosis bacteria automated detection system.

Keywords: Clustering, K-Means, Matlab, Tuberkulosis

1. PENDAHULUAN

Teknologi terus berkembang seiring berjalannya waktu. Teknologi yang semakin berkembang diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan-permasalahan yang ada di masyarakat dan dunia. Bidang kesehatan menjadi salah satu bidang yang menerima dampak cukup besar dari perkembangan teknologi ini. Penyakit menjadi lebih mudah dicegah, dideteksi dan diobati. Inovasi terus terjadi untuk menurunkan angka kematian dan mengatasi penyakit-penyakit yang berbahaya atau bahkan belum ditemukan obatnya.

Tuberkulosis (TB), yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*, adalah salah satu penyakit menular paling berbahaya yang menjadi penyebab kematian yang signifikan di seluruh dunia. Tuberkulosis adalah penyakit infeksi yang menyerang saluran pernafasan. Menurut World Health Organization (WHO), tuberkulosis merupakan penyebab kematian nomor dua di dunia setelah HIV/AIDS pada tahun 2014 [1]. Jelang tahun 2020, tuberkulosis menduduki peringkat tertinggi di antara penyakit menular, bahkan melampaui HIV/AIDS dengan 1,5 juta kematian pada tahun 2018 [2]. Oleh karena itu, untuk mengatasi ancaman yang ditimbulkan oleh tuberkulosis, diperlukan pendekatan yang holistik dalam pencegahan, diagnosis, dan pengobatan penyakit ini.

Sebuah metode spesifik pemrosesan citra yang membagi citra menjadi dua atau lebih wilayah yang bermakna dikenal sebagai segmentasi citra. Pemisahan citra juga dapat dilihat sebagai proses pencirian batas antara elemen semantik yang terisolasi dalam sebuah citra. Dari sudut pandang yang lebih teknis, segmentasi citra adalah proses pemberian label pada setiap piksel dalam citra sehingga piksel dengan label yang sama dihubungkan ke properti visual atau semantik tertentu [3]. Dalam konteks pengolahan citra medis, segmentasi citra dapat digunakan untuk mengidentifikasi area yang terinfeksi oleh tuberkulosis dalam gambar hasil pemindaian pasien. Dengan demikian, teknik segmentasi citra berpotensi membantu dokter dalam diagnosis dan pemantauan penyakit tuberkulosis secara lebih efektif.

Mengolah segmentasi citra dalam dunia medis sudah menjadi hal yang umum untuk dilakukan. Dengan segmentasi citra yang akurat, ahli medis dapat melakukan *screening* awal hingga menentukan langkah selanjutnya, seperti menilai kemungkinan kebutuhan tindakan operasi, serta memprediksi potensi masalah yang mungkin timbul pada masa yang akan datang [4].

Namun terdapat masalah utama dalam pencitraan medis yaitu dibutuhkannya pengembangan metode segmentasi citra medis yang otomatis, akurat, dan kuat, karena sangat penting untuk diagnosis dengan bantuan komputer dan sistem operasi dengan panduan citra [5]. Segmentasi organ atau penyakit dari pemeriksaan klinis membantu dokter dengan membuat temuan yang tepat, merencanakan operasi, dan mengusulkan metodologi pengobatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan algoritma K-Means clustering dalam segmentasi citra untuk mendeteksi penyakit tuberkulosis. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan apakah pendekatan K-Means clustering dapat menghasilkan citra medis yang akurat dalam konteks pendeteksian penyakit ini. Dataset yang digunakan berisi citra mikroskopik dahak-dahak dari beberapa

pasien tuberkulosis. Algoritma K-Means digunakan dalam segmentasi citra untuk membagi citra ke dalam beberapa kluster.

Salah satu tahap penting dalam penelitian ini adalah metode segmentasi yang digunakan, yaitu konversi citra ke ruang warna LAB [6]. Ruang warna LAB memungkinkan representasi citra dalam bentuk L (komponen kecerahan), a^* (komponen warna merah-hijau), dan b^* (komponen warna kuning-biru). Konversi ini membantu dalam pemisahan fitur-fitur warna pada citra, yang dapat memberikan informasi penting dalam mendeteksi penyakit tuberkulosis.

Selanjutnya, ekstraksi komponen a^* dan b^* dari citra LAB dilakukan untuk memfokuskan perhatian pada informasi warna yang relevan dalam proses segmentasi. Dengan mempertimbangkan kedua komponen ini, penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi dan memisahkan pola-pola warna yang terkait dengan penyakit tuberkulosis pada citra.

Metode *K-Means clustering* digunakan sebagai algoritma segmentasi dalam penelitian ini. Algoritma ini secara otomatis mengelompokkan piksel-piksel citra menjadi beberapa kluster berdasarkan kesamaan warna mereka. Dengan menggunakan K-Means, citra dapat dibagi menjadi kelompok-kelompok yang saling terpisah, yang memungkinkan identifikasi yang lebih baik terhadap daerah-daerah yang mungkin mengandung tanda-tanda penyakit tuberkulosis.

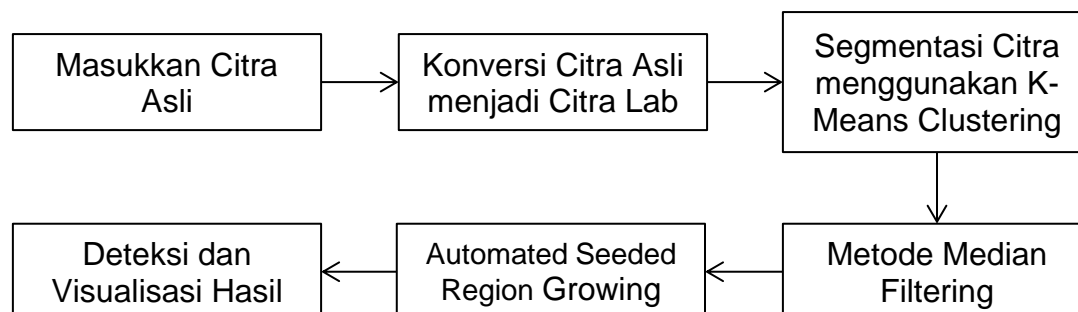
Selain itu, dalam proses segmentasi ini, dilakukan juga *median filtering* untuk mengurangi *noise* pada citra sebelumnya. *Median filtering* merupakan teknik penghalusan citra yang efektif dalam menghilangkan *noise* atau gangguan pada citra medis. Dengan melakukan *median filtering*, citra menjadi lebih jernih dan berkualitas, memperbaiki kualitas segmentasi yang dilakukan oleh algoritma K-Means.

Selanjutnya, metode *seeded region growing* digunakan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi daerah-daerah yang mencurigakan atau kemungkinan mengandung tuberkulosis berdasarkan fitur-fitur spesifik dari citra [7]. *Seeded region growing* memungkinkan pencarian luas dan konstruksi wilayah yang homogen secara iteratif, sehingga memfasilitasi deteksi yang lebih baik terhadap area-area yang relevan dengan penyakit.

Dengan menggabungkan metode-metode tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menyajikan pendekatan segmentasi citra yang komprehensif dan berkinerja tinggi dalam mendeteksi penyakit tuberkulosis. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat berkontribusi dalam pengembangan sistem pendeteksian otomatis yang lebih efektif dan akurat dalam bidang pencitraan medis.

2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini adalah pengolahan citra dengan proses segmentasi. Pengolahan citra dilakukan dengan menggunakan aplikasi Matlab. Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Citra asli yang didapat akan dikonversi menjadi citra LAB. Komponen a^* dan b^* akan digunakan dalam algoritma *K-Means clustering* untuk mensegmentasi citra dengan cara mengelompokkan piksel-piksel dengan warna yang serupa ke dalam beberapa segmen. Kualitas citra hasil segmentasi citra akan lebih ditingkatkan menggunakan metode median filtering. Hasil Citra akan menjadi lebih jelas dan *noise* yang ada akan berkurang. Untuk menghindari *over-segmentasi* dilakukan juga *seeded region growing*. Hasil akhirnya pun akan ditampilkan citra bakteri tuberkulosis yang sudah terdeteksi.

2.1 Pengumpulan Data

Dataset di ambil dari website Pemrograman Matlab <https://pemrogramanmatlab.com/> [8]. Dataset yang digunakan berisi dahak-dahak dari beberapa pasien tuberkulosis. Citra yang berasal dari data tersebut berupa citra RGB berformat '.jpg'.

2.2 Konversi Citra Lab

Konversi LAB (Lab*) adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengubah ruang warna citra dari citra RGB (Red, Green, Blue) ke Citra LAB. Citra warna LAB terdiri dari tiga komponen: L untuk luminance (kecerahan), a untuk komponen warna merah-hijau, dan b untuk komponen warna kuning-biru.

Terlebih dahulu, citra RGB diubah menjadi model XYZ yang merupakan model perantara [9]. Proses ini melibatkan matriks transformasi RGB ke XYZ yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai XYZ kemudian dinormalisasi dengan membaginya dengan nilai referensi XYZ putih untuk menghilangkan skala absolut. Komponen L dihitung sebagai fungsi dari Y / Y_n (dari XYZ), yang mencerminkan kecerahan piksel. Komponen a dan b dihitung sebagai perbedaan antara X / X_n dan Y / Y_n , dan antara Y / Y_n dan Z / Z_n , masing-masing. Setelah konversi RGB ke LAB, kita mendapatkan citra dengan tiga saluran L, a, dan b, yang menggambarkan kecerahan dan perbedaan warna dalam citra. Segmentasi citra warna dengan LAB dapat membagi area objek sesuai dengan kemiripan warna yang terdeteksi [10].

2.3 Segmentasi Citra Menggunakan K-Means Clustering

Setelah citra dikonversi ke citra LAB, terdapat tiga saluran yang ada yaitu L (kecerahan), a^* (komponen warna merah-hijau), dan b^* (komponen warna kuning-biru) [11]. Saluran a^* dan b^* menggambarkan perbedaan warna relatif terhadap titik putih dalam citra. Dengan memisahkan komponen a^* dan b^* , distribusi warna dapat dianalisis dan segmentasi warna dapat dilakukan berdasarkan perbedaan ini. Komponen a^* dan b^* akan digunakan dalam algoritma *K-Means clustering* untuk mengelompokkan piksel-piksel dengan warna yang serupa menjadi beberapa kelompok atau segmen [12].

Metode clustering membagi citra menjadi sejumlah kluster yang terbatas, yang dapat dipilih oleh pengguna atau ditentukan oleh suatu algoritma. Ini adalah metode untuk menemukan struktur cluster dalam citra yang dikelompokkan ke dalam cluster yang sama berdasarkan kemiripan karakter dan citra yang memiliki ketidaksamaan terbesar dikelompokkan dalam cluster lainnya [13]. Akibatnya, tidak ada langkah pelatihan dalam prosedur ini [14]; sebaliknya, sistem itu sendiri belajar dari data yang dimilikinya. Piksel dikelompokkan bersama untuk membentuk kluster berdasarkan beberapa kriteria. Inisialisasi nilai diperlukan, dan inisialisasi ini berdampak signifikan pada seberapa baik segmentasi bekerja [15]. Oleh karena itu, inisialisasi yang hati-hati harus dilakukan. Salah satu algoritma clustering yang paling banyak digunakan adalah K-Means. Ide dasar di balik K-Means adalah membagi sampel menjadi kelompok yang berbeda berdasarkan seberapa jauh jaraknya. Sebagai target pengelompokan, kluster yang kompak dan mandiri akan lebih mudah diperoleh jika kedua titik tersebut saling berdekatan. Berikut ini ringkasan prosedur implementasi K-Means [16]:

- (1) Pilih K pusat pengelompokan awal secara acak;
- (2) Tentukan jarak setiap sampel dari setiap pusat pengelompokan dan kembalikan setiap sampel ke yang terdekat;
- (3) Menggunakan rata-rata dari semua sampel sebagai kluster pusat pengelompokan baru untuk setiap kluster;
- (4) Sampai pusat kluster tidak lagi berubah atau mencapai jumlah iterasi yang ditentukan, lanjutkan dengan langkah (2) sampai (3).

2.4 Metode Median Filtering

Median filter merupakan metode yang fokus pada perhitungan nilai median, yaitu nilai tengah dari sejumlah nilai piksel di sekitarnya [17]. Misalnya terdapat piksel-piksel $A=4$, $B=6$, $C=7$, $D=1$, dan $E=9$. Dalam median filter, nilai-nilai tersebut diurutkan secara terurut dari yang terkecil hingga terbesar, yaitu 1, 4, 6, 7, 9. Nilai median atau nilai tengah dari urutan tersebut adalah 6. Metode ini bekerja dengan menggantikan nilai setiap piksel dengan nilai median dari piksel-piksel tetangganya [18]. Proses pemilihan median ini melibatkan pengurutan nilai piksel tetangga, lalu memilih nilai tengahnya. Secara matematis, median filter dapat dijelaskan sebagai berikut [19]:

$$\tilde{f}(x, y) = \text{median} \sum_{(x,y) \in S_{x,y}} g(s, t) \quad (1)$$

Keterangan :

$f(x, y)$: hasil median filter

$g(s, t)$: *sub-image*

S_{xy} : *window* daerah yang diliputi oleh filter

Nilai piksel pada titik x, y dimasukkan dalam komputasi median. Filter median banyak digunakan untuk mengurangi jenis random *noise* dengan baik [20].

2.5 Automated Seeded Region Growing

SRG (*seeded region growing*) adalah metode yang pertama kali diajukan oleh Rofl Adams dan Leanne Bischof [21]. Secara umum *region growing* dapat diartikan sebagai prosedur untuk pengelompokan piksel untuk masuk ke dalam *region* yang lebih besar berdasarkan kriteria atau parameter yang telah ditentukan [7]. Metode ini menggunakan dua parameter utama, yaitu inisialisasi seed dan penentuan *threshold*.

Seed adalah sebuah titik yang digunakan sebagai pusat dari titik awal yang kemudian berkembang menjadi suatu *region* berdasarkan tingkat kemiripan dengan tetangganya (*neighbor*) berdasarkan intensitas piksel melalui sebuah *threshold*. Penambahan *region* akan dilakukan apabila tetangga dari seed memiliki kriteria sesuai dari parameter yang ditentukan. Hasil dari *seeded region growing* harus memenuhi syarat berikut, yaitu [21]:

- $\bigcup_{i=1}^L R_i = R$, dimana L adalah total *region* dan berarti semua piksel harus memiliki label *region*.
- R_i adalah piksel yang tergabung kedalam *region* karena memenuhi suatu kondisi, $i = 1, 2, 3 \dots n$, n adalah jumlah *region*.
- $R_i \cap R_j = \text{null}$ untuk semua $i \neq j$, suatu *region* tidak dapat mengambil anggota piksel *region* lainnya, maka R_j adalah *region* yang berbeda dengan *region* R_i .

Berdasarkan penelitian [22] membuktikan bahwa *seeded region growing* dapat digunakan untuk segmentasi citra yang kompleks. Dalam penelitian ini konektivitas yang digunakan adalah 4, hal tersebut dilakukan untuk menghindari *over-segmentasi* pada objek.

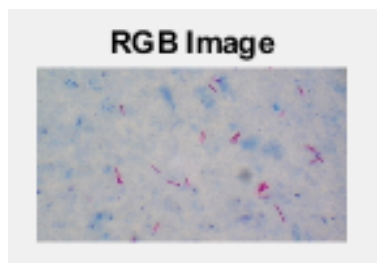
2.6 Deteksi dan Visualisasi Hasil

Gambar yang sudah disegmentasi akan ditampilkan dan akan dilihat di kluster mana bakteri tersebut berada. Salah satu dari kluster tersebut akan berisi bagian dari gambar asli yang hanya berisi bakteri tuberkulosis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah hasil dan analisis dari setiap langkah yang dilakukan :

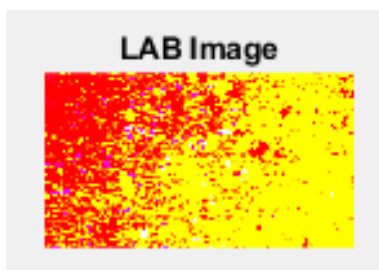
3.1 Pengumpulan Data



Gambar 2. Citra RGB / Citra Asli

Citra RGB yang digunakan berupa citra dahak-dahak dari pasien yang terbukti mengidap penyakit tuberkulosis. Contoh citra RGB yang digunakan ditampilkan dalam gambar 2.

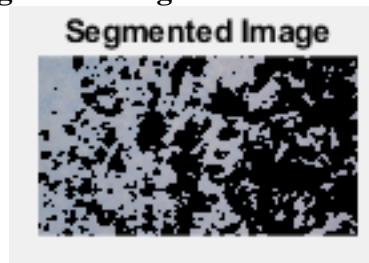
3.2 Konversi Citra LAB



Gambar 3. Hasil Konversi Citra LAB

Sebelum melakukan segmentasi menggunakan algoritma *K-Means clustering*, citra awal diubah ke dalam format citra LAB. Proses ini bertujuan untuk mempertahankan representasi warna yang lebih akurat dan memfasilitasi pemisahan piksel berdasarkan komponen warna secara efektif. Hasil konversi menjadi citra LAB ditampilkan dalam gambar 3.

3.3 Segmentasi Citra Menggunakan Algoritma K-Means



Gambar 4. Hasil Segmentasi K-Means

Setelah konversi ke format LAB, algoritma *K-Means clustering* diterapkan dengan menggunakan jumlah kluster sebanyak 4. Segmentasi citra dilakukan dengan memisahkan piksel-piksel dalam citra menjadi empat kelompok berdasarkan tingkat kemiripan intensitas warna. Setiap kelompok merepresentasikan segmen atau daerah

dalam citra yang memiliki karakteristik warna serupa. Hasil citra LAB dan hasil segmentasi ditampilkan dalam Gambar 4.

3.4 Median Filtering pada Citra Hasil Segmentasi

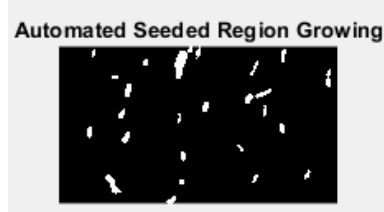
Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas citra hasil segmentasi, pendekatan yang diambil adalah dengan menerapkan proses *median filtering* pada setiap channel citra yang telah tersegmentasi. Melalui penggunaan teknik ini, citra hasil segmentasi mengalami perbaikan yang signifikan, menghasilkan citra yang lebih jelas secara visual. Hasil dari proses *median filtering* tersebut kemudian ditampilkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Segmentasi Median filter

3.5 Automated Seeded Region Growing

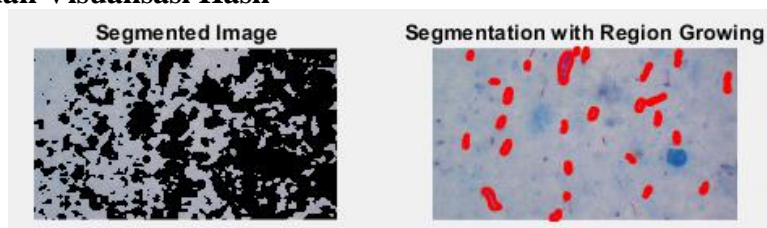
Selanjutnya, dilakukan *automated seeded region growing* pada citra hasil *median filtering*. Citra *grayscale* yang telah melalui proses *median filtering* diubah menjadi citra biner dengan menggunakan metode *thresholding*. Selanjutnya, dilakukan operasi pengisian lubang dan pembersihan area kecil pada citra biner tersebut.



Gambar 6. Hasil Automated Growing

Hasil dari proses *automated seeded region growing* ditampilkan dalam Gambar 6. Gambar tersebut menggambarkan hasil dari segmentasi yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *automated seeded region growing*.

3.6 Deteksi dan Visualisasi Hasil



Gambar 7. Segmentasi Citra dan Citra dengan *Region*

Dalam tahap ini, dilakukan deteksi dan visualisasi hasil deteksi tuberkulosis pada citra. Citra hasil segmentasi ditampilkan kembali dalam Gambar 7, sementara citra asli ditampilkan di sebelahnya sebagai perbandingan. Batas tepi dari hasil daerah deteksi tuberkulosis ditandai dengan garis merah.

Hasil analisis menunjukkan bahwa metode deteksi penyakit tuberkulosis melalui segmentasi citra menggunakan algoritma K-Means dapat memberikan hasil yang cukup baik. Algoritma K-Means mampu memisahkan daerah yang terinfeksi tuberkulosis dengan baik, dan dengan menerapkan teknik pengolahan citra seperti *median filtering* dan *automated seeded region growing*, kualitas dan akurasi hasil deteksi dapat ditingkatkan lebih lanjut.

Tetapi selama segmentasi terdapat beberapa masalah yang terjadi. Terdapat inkonsistensi dalam kluster mana bakteri tersebut berada. Kelemahan dari K-Means adalah bahwa *K-Means clustering* tidak memiliki kriteria seleksi yang jelas dan sulit untuk diestimasi [16]. Saat dicoba dengan dataset lain, K-Means kesulitan dalam pendeteksian bakteri akibat banyaknya *noise* yang ada.

Namun, perlu dicatat bahwa evaluasi kualitatif dan kuantitatif lebih lanjut diperlukan untuk mengukur keberhasilan metode ini secara objektif, seperti membandingkan hasil deteksi dengan anotasi manual dari ahli medis, menghitung nilai sensitivitas dan spesifisitas, serta melakukan uji validasi menggunakan dataset yang lebih besar.

4. KESIMPULAN

Penggunaan segmentasi citra melalui algoritma K-Means clustering telah diterapkan dalam deteksi bakteri *Mycobacterium* tuberkulosis. Hasil eksperimen segmentasi citra dengan menggunakan *K-Means clustering* menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam deteksi bakteri tuberkulosis, namun penggunaannya masih memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan. Salah satu kelemahan dari *K-Means clustering* adalah tidak adanya kriteria seleksi yang jelas dan kesulitan dalam estimasi, yang dapat berdampak pada hasil segmentasi. Oleh karena itu, untuk penelitian berikutnya, disarankan untuk mengeksplorasi metode segmentasi citra alternatif yang mampu mengatasi kendala-kendala yang dihadapi dalam penggunaan *K-Means clustering*. Dengan harapan, penelitian selanjutnya dapat menginvestigasi metode segmentasi citra yang lebih efektif dan efisien dalam mendeteksi bakteri tuberkulosis, sehingga dapat meningkatkan akurasi dan kepraktisan dalam proses diagnosis penyakit. Dengan demikian, penelitian ini mungkin memberikan landasan bagi pertimbangan metode yang lebih baik dalam mengembangkan model yang dapat menghasilkan citra medis yang lebih akurat dan relevan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Natarajan, P. M. Beena, A. V Devnikar, and S. Mali, "A systemic review on tuberculosis," *Indian Journal of Tuberculosis*, vol. 67, no. 3, pp. 295–311, 2020.

- [2] E. Harding, “WHO global progress report on tuberculosis elimination,” *Lancet Respir Med*, vol. 8, no. 1, p. 19, 2020.
- [3] S. Ghosh, N. Das, I. Das, and U. Maulik, “Understanding deep learning techniques for image segmentation,” *ACM computing surveys (CSUR)*, vol. 52, no. 4, pp. 1–35, 2019.
- [4] M. Shehab *et al.*, “Machine learning in medical applications: A review of state-of-the-art methods,” *Comput Biol Med*, vol. 145, p. 105458, 2022.
- [5] J. M. J. Valanarasu, P. Oza, I. Hacıhaliloglu, and V. M. Patel, “Medical transformer: Gated axial-attention for medical image segmentation,” in *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention–MICCAI 2021: 24th International Conference, Strasbourg, France, September 27–October 1, 2021, Proceedings, Part I 24*, Springer, 2021, pp. 36–46.
- [6] S. N. Gowda and C. Yuan, “ColorNet: Investigating the importance of color spaces for image classification,” in *Computer Vision–ACCV 2018: 14th Asian Conference on Computer Vision, Perth, Australia, December 2–6, 2018, Revised Selected Papers, Part IV 14*, Springer, 2019, pp. 581–596.
- [7] A. Khwairakpam, R. A. Hazarika, and D. Kandar, “Image segmentation by fuzzy edge detection and region growing technique,” in *Proceedings of the Third International Conference on Microelectronics, Computing and Communication Systems: MCCS 2018*, Springer, 2019, pp. 51–64.
- [8] Pamungkas A, “Pengolahan Citra Digital, pengolahan Video, Pengenalan Pola, dan Data Mining,” Pemrograman Matlab. Pemrograman Matlab | <https://pemrogramanmatlab.com/>.
- [9] S. N. Gowda and C. Yuan, “ColorNet: Investigating the importance of color spaces for image classification,” in *Computer Vision–ACCV 2018: 14th Asian Conference on Computer Vision, Perth, Australia, December 2–6, 2018, Revised Selected Papers, Part IV 14*, Springer, 2019, pp. 581–596.
- [10] S. Saifullah, R. Drezewski, A. Khaliduzzaman, L. K. Tolentino, and R. Ilyos, “K-means segmentation based-on lab color space for embryo detection in incubated egg,” *arXiv preprint arXiv:2103.02288*, 2021.
- [11] C. Li, S. Anwar, J. Hou, R. Cong, C. Guo, and W. Ren, “Underwater image enhancement via medium transmission-guided multi-color space embedding,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 30, pp. 4985–5000, 2021.
- [12] K. Tian, J. Li, J. Zeng, A. Evans, and L. Zhang, “Segmentation of tomato leaf images based on adaptive clustering number of K-means algorithm,” *Comput Electron Agric*, vol. 165, p. 104962, 2019.
- [13] K. P. Sinaga and M.-S. Yang, “Unsupervised K-means clustering algorithm,” *IEEE access*, vol. 8, pp. 80716–80727, 2020.
- [14] M. Cui, “Introduction to the k-means clustering algorithm based on the elbow method,” *Accounting, Auditing and Finance*, vol. 1, no. 1, pp. 5–8, 2020.
- [15] A. F. Jahwar and A. M. Abdulazeez, “Meta-heuristic algorithms for K-means clustering: A review,” *PalArch’s Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, vol. 17, no. 7, pp. 12002–12020, 2020.

- [16] D. K. Umesha and M. Rafi, "Colour image segmentation using thresholding and K-means technique," *Image (IN)*, vol. 7, no. 8, 2020.
- [17] Z. A. Alqadi and M. T. Barakat, "A Case Study to Improve the Quality of Median Filter," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, vol. 10, no. 11, pp. 19–28, 2021.
- [18] H. Ibrahim and A. K. Abdalameer, "Improvement of quantized adaptive switching median filter for impulse noise reduction in gray-scale digital images," *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 27, no. 1, pp. 580–594, 2019.
- [19] A. Shah *et al.*, "Comparative analysis of median filter and its variants for removal of impulse noise from gray scale images," *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 3, pp. 505–519, 2022.
- [20] N. Kumar, H. S. Shukla, A. K. Tiwari, and A. K. Dahiya, "Dual ascent based median filter for image restoration," in *Proceedings of 2nd International Conference on Advanced Computing and Software Engineering (ICACSE)*, 2019.
- [21] W. A. Saputra and A. Z. Arifin, "Seeded Region Growing pada Ruang Warna HSI untuk Segmentasi Citra Ikan Tuna," *Jurnal Infotel*, vol. 9, no. 1, pp. 56–63, 2017.
- [22] Y. Q. Zhao, X. H. Wang, X. F. Wang, and F. Y. Shih, "Retinal vessels segmentation based on level set and region growing," *Pattern Recognit*, vol. 47, no. 7, pp. 2437–2446, 2014.