

Perbandingan Metode Median *Filtering* dengan CLAHE dalam Mengidentifikasi Koloni Bakteri

Ni Ketut Novia Nilasari¹, Yoga Divayana², Rukmi Sari Hartati³

[Submission: 12-08-2021, Accepted: 06-04-2022]

Abstract— The exact estimation of the number of colonies or Colony Forming Units (CFUs) is frequently used in microbiology research, particularly in the field of bacteria. The number of colonies that develop per gram or milliliter of sample is estimated by multiplying the number of plates, the dilution factor, and the volume used. Counting the number of bacterial colonies can be used to determine a bacterium's growth rate. The cup count method is commonly used to accomplish this manually. An instrument called a colony counter can help with colony counting utilizing the cup count method. This technology works by using a pen connected to a counter to mark the colonies that have been counted. However, because the colony size is tiny and the number of colonies counted is huge, this can lead to inaccuracies, and the same difficulties can happen with manual colony computations. Digital image processing technology has been extensively developed for use in a variety of fields. Researchers had previously undertaken a similar study that attempted to count bacterial colonies and had a 94 percent accuracy rate, but some colonies were not spotted because they were filtered during preprocessing, so they looked into it further.

Keywords—Bacteria Colony, Image Processing, Preprocessing,

Intisari— Penelitian di bidang mikrobiologi terutama bakteri seringkali berpatokan pada penentuan jumlah koloni atau *Colony Forming Units* (CFUs) yang akurat. Untuk mengetahui pertumbuhan suatu bakteri dapat dilakukan dengan menghitung jumlah koloni bakteri. Hal ini biasanya dilakukan secara manual dengan metode hitung cawan. Penghitungan koloni dengan metode hitung cawan dapat dibantu dengan alat yang disebut dengan *colony counter*. Cara kerja alat ini adalah menandai koloni yang dihitung dengan pen yang terhubung dengan *counter*. Setiap koloni yang ditandai, akan terhitung secara otomatis. Namun hal ini juga bisa mengakibatkan kesalahan karena ukuran koloni yang relatif kecil dan jumlah koloni yang dihitung relatif banyak, sehingga akan muncul permasalahan yang sama dengan perhitungan koloni dengan cara manual. Teknologi pengolahan citra digital telah banyak dikembangkan untuk membuat aplikasi dalam berbagai bidang, salah satunya adalah pemanfaatan teknologi citra digital dalam bidang biologi untuk analisis citra. Sebelumnya peneliti telah melakukan penelitian serupa yang bertujuan untuk menghitung koloni bakteri dan menghasilkan akurasi sebesar 94% dan peneliti menemukan bahwa beberapa

koloni tidak terdeteksi karena terfilter saat *preprocessing*, sehingga peneliti melakukan penelitian lebih lanjut mengenai *preprocessing*

Kata Kunci—Koloni, Pengolahan Citra, *Preprocessing*

I. PENDAHULUAN

Penelitian di bidang mikrobiologi terutama bakteri seringkali berpatokan pada penentuan jumlah koloni atau *Colony Forming Units* (CFUs) yang akurat [2]. Bakteri dapat ditumbuhkan dalam suatu medium agar dan akan membentuk penampakan berupa koloni. Koloni sel bakteri merupakan sekelompok masa sel yang dapat dilihat dengan mata langsung. Semua sel dalam koloni itu sama dan dianggap semua sel itu merupakan keturunan (*progeny*) satu mikroorganisme. Penampakan koloni bakteri dalam media lempeng agar menunjukkan bentuk dan ukuran koloni yang khas, dapat dilihat dari bentuk keseluruhan penampakan koloni, tepi dan permukaan koloni. Koloni bakteri dapat berbentuk bulat, tak beraturan dengan permukaan cembung, cekung atau datar serta tepi koloni rata atau bergelombang. Standar emas untuk mengukur bakteri baik dalam diagnostik rutin dan dalam penelitian adalah pelapisan diikuti oleh jumlah unit pembentuk koloni (CFU). Namun, penghitungan CFU manual pada pelat memakan waktu dan subjektif[2]. Selain itu proses manual membutuhkan tingkat konsentrasi yang tinggi, sehingga jumlah koloni yang terhitung sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik dan mental dari peneliti bidang mikrobiologi itu sendiri. Oleh sebab itu, sebagian besar peneliti di bidang mikrobiologi ini memilih metode yaitu hanya bagian tertentu dari cawan yang dianalisis dan digunakan untuk memperkirakan jumlah keseluruhan koloni yang terdapat pada cawan, namun metode ini memiliki akurasi yang kecil karena pertumbuhan bakteri yang tidak merata atau bagian-bagian yang dihitung tidak memiliki jumlah yang sama. Metode hitung cawan dibedakan menjadi beberapa cara yaitu metode tuang (*pour plate*), metode sebaran (*spread plate*), dan metode *drop plate*. Metode hitung cawan termasuk metode yang digunakan untuk penanaman bakteri dengan menggunakan media padat, yang prinsip kerjanya berdasarkan pembuatan seri pengenceran (*homogenisasi*) sampel dengan kelipatan[1].

Teknologi pengolahan citra digital telah banyak dikembangkan untuk membuat aplikasi dalam berbagai bidang, salah satunya adalah pemanfaatan teknologi citra digital dalam bidang biologi untuk analisis citra. Pemanfaatan pengolahan citra digital untuk melakukan penghitungan koloni sudah pernah dilakukan sebelumnya. Farhan Mohammad Khan, Rajiv Gupta dan Sheetal Sekhri pada tahun 2021 melakukan penelitian yang berjudul "*Automated Bacteria Colony Counting on Agar Plates Using Machine Learning*". Penelitian

¹Mahasiswa, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Gedung Pacasarjana Universitas UdayanaJl. PB Sudirman Denpasar-Bali, Kode Pos: 80232; (telp/fax: 0361-239599; e-mail: niketut.novia@student.unud.ac.id)

^{2, 3} Dosen, Magister Teknik Elektro Universitas Udayana, Gedung Pacasarjana Universitas UdayanaJl. PB Sudirman Denpasar-Bali, Kode Pos: 80232; (telp/fax: 0361-239599; e-mail: yoga@unud.ac.id, rukmisari@unud.ac.id)



tersebut dilakukan terhadap koloni bakteri *E.coli* dengan metode *region-based convolutional neural network (R-CNN)* dan menghasilkan akurasi sebesar 97%[3]. Selain itu Tanguy Naets, Maarten Huijsmans, Paul Smyth, Laurent Sorber, Gaël de Lannoy juga melakukan penelitian pada tahun 2021 dengan judul “*A Mask R-CNN Approach To Counting Bacterial Colony Forming Units In Pharmaceutical Development*” dan menghasilkan akurasi sebesar 94%[4]. Pada tahun 2014 peneliti juga pernah melakukan penelitian yang berjudul “Identifikasi Jumlah Koloni Pada Citra Bakteri Dengan Metode Improved Counting Morphology” dengan akurasi 94%[16]. Pada penelitian tersebut ditemukan bahwa beberapa koloni tidak terdeteksi akibat hasil *preprocessing* dengan metode *median filtering*, sehingga peneliti melakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan hasil *preprocessing* tersebut. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ni Larasati Kartika Sari I, Maria Oktavianti, dan Samsun, pemilihan jenis metode filter (median filter dan gaussian filter) tidak mempengaruhi hasil nilai piksel rata-rata maupun rasio sumbu minor/mayor dan ukuran segmen abnormal, namun pemilihan jenis metode peningkatan kontras (CLAHE dan global histogram equalization) menghasilkan segmen abnormal dengan ukuran yang berbeda. Metode global histogram equalization menghasilkan segmen abnormal yang tidak dapat dibedakan dengan sekitarnya sehingga hasil ekstraksi segmen terlalu besar[19]. Dan juga penelitian yang dilakukan oleh Gabriel Fillipe Centini Campos, Saulo Martiello Mastelini, Gabriel Jonas Aguiar, Rafael Gomes Mantovani, Leonimer Flávio de Melo dan Sylvio Barbon Jr yang memperkenalkan kumpulan data yang berisi lebih dari 6200 gambar dengan berbagai variasi kontras dan intensitas. Hasilnya menunjukkan efisiensi pendekatan yang diusulkan dalam memprediksi hyperparameter CLAHE. Dengan metode ini dapat mengatasi kedua garis dasar yang diuji dengan meningkatkan kontras gambar namun tetap mempertahankan aspek lainnya[20].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Koloni Bakteri

Koloni sel bakteri merupakan sekelompok masa sel yang dapat dilihat dengan mata langsung. Semua sel dalam koloni itu sama dan dianggap semua sel itu merupakan keturunan (*progeny*) satu mikroorganisme dan karena itu mewakili sebagai biakan murni. Penampakan koloni bakteri dalam media lempeng agar menunjukkan bentuk dan ukuran koloni yang khas, dapat dilihat dari bentuk keseluruhan penampakan koloni, tepi dan permukaan koloni. Koloni bakteri dapat berbentuk bulat, tak beraturan dengan permukaan cembung, cekung atau datar serta tepi koloni rata atau bergelombang dan sebagainya.

Identifikasi, klasifikasi, dan karakterisasi berbagai spesies bakteri sangat penting dalam mikrobiologi dan kedokteran, oleh karena itu, penelitian ekstensif telah dilakukan untuk mengembangkan pendekatan baru untuk deteksi dan diskriminasi bakteri. Susunan spesifik bakteri adalah karakteristik utama yang dapat digunakan untuk karakterisasi bakteri. Bakteri mengatur diri mereka berdampingan tergantung pada cara mereka membelah. Misalnya, bakteri tetap berpasangan, rantai, kelompok empat, kelompok delapan atau cluster setelah pembelahan. Berdasarkan karakteristik penataannya, bakteri membentuk pola koloni yang berbeda pada media agar. Oleh karena itu, dimungkinkan untuk mengidentifikasi dan membedakan antara spesies bakteri yang

berbeda berdasarkan morfologi, susunan, dan pola koloninya. Karena pola koloni bakteri masih merupakan konsep yang tidak biasa, kepentingannya belum ditemukan di berbagai bidang kedokteran. Morfologi pola koloni bakteri sangat tergantung pada spesies bakteri dan komunikasi antar sel. Dalam beberapa kasus, pola koloni bakteri digunakan sebagai karakteristik eksperimental yang sangat baik untuk mempelajari interaksi multiseluler. Pemahaman mendalam tentang pola koloni bakteri memiliki kapasitas kritis untuk menjelaskan lebih banyak pertanyaan penting tentang genetika dan morfogenesis [5]. Selain dilihat dari morfologinya, para peneliti juga melakukan proses penghitungan koloni bakteri. Menghitung koloni biasanya digunakan dalam analisis mikrobiologi untuk menilai apakah sampel memenuhi kriteria mikrobiologi. Meskipun penghitungan manual tetap standar emas, prosesnya subjektif, membosankan, dan memakan waktu [6].

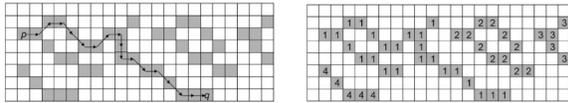
B. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra termasuk mengubah sifat gambar untuk meningkatkan informasi mengenai gambar tersebut untuk dapat diinterpretasikan oleh manusia, dan juga agar dapat dikenali oleh mesin. Untuk menerapkan teknik pemrosesan gambar ke gambar yang berbeda, pertimbangkan untuk memperlakukan gambar sebagai sinyal dua dimensi dan menerapkan teknik pemrosesan sinyal standar. Ada dua jenis metode pemrosesan gambar analog dan digital. Teknik analog digunakan untuk pemrosesan gambar untuk versi keras seperti pencetakan foto. Pemrosesan citra digital digunakan untuk berbagai aplikasi, mulai dari analisis citra satelit hingga kontrol dimensi mikroskopis, yang lebih dikenal saat ini[7]. Banyaknya piksel tiap satuan luas tergantung pada resolusi yang digunakan. Pemrosesan citra digital adalah subset dari domain elektronik di mana citra diubah menjadi *array* bilangan bulat kecil, yang disebut piksel, mewakili kuantitas fisik seperti pancaran pemandangan, disimpan dalam memori digital, dan diproses oleh komputer atau perangkat keras digital lainnya[8].

C. Konsep Ketetanggaan Piksel

Sesuai dengan yang disampaikan oleh Lifeng He dan kawan-kawannya[9], untuk citra biner berukuran $N \times N$, 1 piksel pada koordinat (x, y) , di mana $0 \leq x < N$ dan $0 \leq y < N$, pada gambar dilambangkan dengan $b(x, y)$. Ketika jelas dari konteksnya, kami juga menggunakan $b(x, y)$ untuk menunjukkan nilai itu sendiri. Piksel latar depan juga disebut piksel objek. Meskipun tidak dinyatakan sebaliknya, kami berasumsi bahwa nilai piksel objek dan piksel latar belakang masing-masing adalah 1 dan 0, masing-masing. Untuk piksel $b(x, y)$, empat piksel $b(x, y)$, $b(x, y+1)$, $b(x+1, y)$, dan $b(x+1, y+1)$ disebut 4-tetangga piksel; empat tetangga bersama-sama dengan empat piksel $b(x, y)$, $b(x+1, y)$, $b(x, y+1)$, dan $b(x+1, y+1)$ disebut 8-tetangga piksel. Dua piksel objek p dan q dikatakan terhubung 8 (4 connectet) jika terdapat lintasan yang terdiri dari piksel objek a_1, a_2, \dots, a_n sedemikian sehingga $a_1 = p$ dan $a_n = q$, dan untuk semua $1 \leq i < n$, a_i dan a_{i+1} adalah 8-tetangga (4-connected) satu sama lain. Sebagai contoh, piksel objek p dan q pada Gambar 1 adalah 8-connected. Komponen 8-connected (4-connected) dalam citra biner adalah kumpulan piksel objek maksimum dalam gambar sedemikian rupa sehingga salah satu dari dua piksel dalam kumpulan tersebut adalah 8-connected. Komponen yang terhubung juga disebut objek. Selain itu, karena objek dengan 8-connected lebih rumit daripada objek dengan 4-connected, kami hanya akan mempertimbangkan 8-connected untuk objek. Misalnya, ada empat objek pada

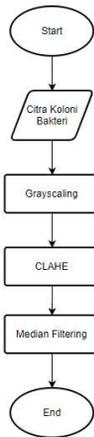
Gambar 1. Untuk membedakan objek yang berbeda dalam citra biner, pelabelan komponen terhubung adalah operasi yang sangat diperlukan, yang terdiri dari pemberian label unik ke semua piksel dari setiap objek dalam citra. Setelah pelabelan, citra biner akan ditransfer ke citra berlabel. Misalnya, Gambar 1 adalah gambar berlabel dari gambar yang ditunjukkan pada Gambar 2. Jadi, setelah pelabelan komponen terhubung, ekstrak setiap objek dalam gambar (berlabel) dengan labelnya, dan kemudian menghitung lebih lanjut fitur bentuknya seperti luas, keliling, lingkaran, pusat massa, dll.



Gambar 1. pixel terkoneksi Gambar 2. Component pixel [9]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada pengolahan citra digital, beberapa teknik dapat diterapkan dalam *preprocessing*. Bagian ini pada dasarnya difokuskan untuk meningkatkan kualitas citra sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Metode yang diajukan dalam penelitian ini terdiri dari *grayscale*, CLAHE, dan *filtering* dengan median filter.



Gambar 1. Flow chart proses penelitian

A. Grayscale

Citra digital terdiri dari 24bit piksel. Dari 24bit, 8bit pertama dari MSB ditentukan untuk warna merah, selanjutnya 8 bit untuk warna hijau, dan 8 bit terakhir untuk warna biru. Dalam gambar abu-abu, setiap piksel terdiri dari: hanya 8 bit, yang hanya memberikan informasi kecerahan dan tidak ada informasi tentang warna. Konversi ke *grayscale* adalah bagian vital dari pengolahan citra. RGB atau informasi warna memiliki 3 dimensi yang berat untuk diproses, sehingga dengan *grayscale* gambar dengan informasi warna diubah menjadi format *grayscale* [10]. Setiap warna di dalam citra berskala keabuan dinyatakan dengan sebuah nilai bulat antara 0 dan 255 (untuk yang aras keabuannya = 256) dan nilai tersebut disebut sebagai intensitas [17]. Berbagai algoritma ada untuk menyelesaikan konversi RGB ke abu-abu seperti metode rata-rata, luminositas atau metode bobot, metode desaturasi dan metode dekomposisi. Dari yang sudah disebutkan sebelumnya, algoritma standar yang banyak digunakan dan diadopsi oleh berbagai pemrosesan gambar

adalah metode luminositas. Algoritma ini didasarkan pada manusia persepsi kecerahan mata, yang terkuat untuk hijau diikuti oleh merah dan kemudian biru[9]. Oleh karena itu, algoritma luminositas diadopsi dalam makalah ini untuk konversi RGB ke abu-abu, dengan rumus sebagai berikut:

$$Y = 0,281R + 0,562G + 0,093B \quad (1)$$

B. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) adalah metode yang populer untuk peningkatan kontras lokal yang telah berhasil digunakan pada beberapa aplikasi[11]. *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* Technique (CLAHE) adalah bentuk peningkatan kontras yang banyak digunakan, digunakan terutama dalam meningkatkan citra medis seperti sinar-X dan untuk menyempurnakan fitur dalam foto biasa [9]. CLAHE pada awalnya diterapkan untuk meningkatkan citra medis yang memiliki kontras yang rendah. CLAHE berbeda dari AHE biasa dalam batasan kontrasnya. CLAHE memperkenalkan *clipping limit* untuk mengatasi masalah *noise amplification*. CLAHE membatasi amplifikasi dengan memotong histogram pada nilai yang telah ditentukan sebelum menghitung CDF (*Cumulative Distribution Function*). Sebuah studi perbandingan antara teknik CLAHE dan teknik pemerataan histogram global konvensional menghasilkan teknik sebelumnya yang muncul lebih unggul dari keduanya dan dengan demikian merekonstruksi gambar dengan kualitas yang lebih baik[12]. Di dalam teknik CLAHE, citra original dibagi menjadi wilayah kontekstual yang tidak *overlap* yang disebut dengan *sub-images*, *tiles*, atau *blocks*.

CLAHE memiliki 2 parameter utama yaitu Block Size (BS) dan Clip Limit (CL). Kedua parameter ini mengontrol peningkatan kualitas gambar. Gambar akan semakin cerah ketika CL ditingkatkan karena citra input memiliki intensitas yang sangat rendah dan CL yang lebih tinggi akan membuat histogram lebih landai. Dengan meningkatnya BS, rentang dinamis menjadi lebih besar dan kontras gambar juga meningkat. Kedua parameter ditentukan pada titik dengan kelengkungan entropi maksimum dapat menghasilkan kualitas citra yang baik. Metode CLAHE menerapkan pemerataan histogram terhadap masing-masing wilayah kontekstual. Histogram aslinya dipotong dan potongan pixelnya didistribusikan kembali ke setiap gray level. Histogram hasil redistribusi berbeda dengan histogram aslinya, karena setiap intensitas pixel terbatas pada nilai maximum yang ditentukan. Namun citra yang sudah disempurnakan dan citra asli memiliki minimum dan maximum *gray value* yang sama[13].

C. Median Filtering

Median Filtering (MF) adalah operasi pemrosesan gambar kanonik yang benar-benar berguna dalam banyak aplikasi praktis. Fitur median *filtering* yang paling menarik adalah ketahanannya terhadap *noise* dan kesalahan dalam data [14]. Salah satu metode median *filtering* adalah simple median *filtering*.



Simple Median *Filtering* adalah pendekatan nonlinier untuk menghilangkan *noise* impuls. Ini digunakan sebagai teknik pre-processing untuk meningkatkan kualitas gambar yang terdegradasi untuk pasca-pemrosesan seperti deteksi tepi dan ekstraksi objek, dll. Idenya adalah untuk menukar piksel median dan pusat dari jendela pemrosesan (baik 5×5 atau 3×3 dll). Piksel pemrosesan dapat berupa 255 (putih), 0 (hitam), atau nilai digital lainnya antara 0 dan 255. Setiap piksel diproses sama melalui pendekatan yang sama. Kelemahan serius dalam metode ini adalah perlakuan terhadap semua piksel dengan pendekatan yang sama baik yang terpengaruh maupun tidak terpengaruh. Median *filtering* juga kurang baik dalam pendeteksian tepi [15].

Anwar Shah, Javed Iqbal Bangash, Abdul Waheed Khan, Imran Ahmed, Abdullah Khan, Asfandyar Khan, dan Arshad Khan menyajikan analisa komparatif median filter dan berbagai alternatif untuk menghilangkan atau mengurangi noise dari gambar grayscale melalui simulasi ekstensif. Hasil simulasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa yang terbaik di bidang pendekatan deteksi dan penyaringan noise memberikan hasil yang baik dalam kontras dibandingkan pendekatan lain. Algoritma IDBA, TSF, TSND, MBDND, dan EMF memiliki nilai PSNR yang baik. Daftar filter yang baik jika menyangkut analisis visual adalah IDBA, HFFLN, TSF, AMD-LPD, TSND, IMFA dan EMF. Median *filtering* yang konvensional, Weighted Median Filter (WMF), Adaptive Median Filter (AMF) dan FEMF cocok untuk gambar dengan kepadatan noise rendah, tapi kurang baik dalam mempertahankan tepi dan meninggalkan beberapa spot noise. DBA memiliki sifat moderat untuk noise, dimana MDBUTMF sangat baik untuk gambar dengan kerapatan noise dibawah 80% [18].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian dilakukan dengan membuat program menggunakan bahasa C#. Data diperoleh dari penelitian sebelumnya yaitu dari Laboratorium Biologi, Universitas Brawijaya, Malang.

Beberapa batasan dalam penelitian ini adalah, sistem yang dibuat adalah sistem berbasis desktop. Hasil akhir dari penelitian ini adalah perbandingan citra setelah dilakukan *filtering* dengan kernel 3×3 dan citra dengan *filtering* 3×3 namun dengan tambahan metode CLAHE sebelum proses *filtering*.



Gambar 2. Contoh citra koloni bakteri

Pada Gambar 2 ditunjukkan contoh citra koloni bakteri. Meskipun beberapa koloni nampak jelas, namun pada citra tersebut juga terdapat *noise* yang dapat menyebabkan kesalahan pendeteksian dimana *noise* dapat dianggap sebagai koloni bakteri dan kemudian mempengaruhi proses penghitungan koloni.

Proses *grayscale* merupakan langkah pertama yang dilakukan terhadap citra. Input pada proses ini adalah citra asli dari koloni bakteri. Metode yang digunakan adalah *luminosity*

method. Hasil dari proses *grayscale* adalah citra *grayscale* atau citra keabuan.

Pada penelitian sebelumnya, setelah proses *grayscale*, tahap kedua yang dilakukan adalah *filtering*. Proses *filtering* dilakukan dengan menggunakan algoritma median *filtering*. Input yang digunakan adalah citra hasil proses *grayscale*. Proses median *filtering* menggunakan kernel berukuran 3×3 . Pemilihan kernel 3×3 berdasarkan pada proses pengujian yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Namun beberapa koloni bakteri ikut terfilter dan tidak terdeteksi sebagai objek.

Pada penelitian yang dilakukan saat ini, ditambahkan 1 langkah untuk meningkatkan kontras sehingga perbedaan objek dan *background* menjadi jelas. Metode yang digunakan untuk meningkatkan kontras yaitu dengan metode CLAHE. Hasil perbandingan dari penelitian sebelumnya dimana hanya menggunakan median *filtering* dibandingkan kombinasi antara metode CLAHE dan median *filtering* yang dilakukan pada penelitian saat ini ditampilkan seperti pada Tabel 1.

TABEL I
HASIL GRAYSCALING, MEDIAN FILTERING DAN CLAHE + MEDIAN FILTERING

<i>Grayscale</i>	Median <i>Filtering</i>	CLAHE + Median <i>Filtering</i>

Dari gambar pada Tabel 1, jika diperhatikan pada kotak berwarna merah, dapat dilihat bahwa dengan median *filtering*, beberapa koloni menjadi *blur*, namun dengan tambahan proses untuk meningkatkan kontras gambar dengan metode CLAHE, beberapa koloni bakteri yang semula hilang, berhasil untuk tetap terdeteksi dan tidak terfilter. Namun dari penelitian ini, dapat terlihat pula, bahwa dengan meningkatnya kontras, *noise* juga semakin jelas dan dapat menyulitkan apabila selanjutnya akan dilakukan proses penghitungan koloni, sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan metode segmentasi yang sesuai agar dapat memisahkan antara objek, *background*, dan *noise* dengan akurat.

V. KESIMPULAN

Proses *preprocessing* menggunakan metode median *filtering* dengan kernel 3x3 menyebabkan beberapa koloni bakteri menjadi tidak terdeteksi, sedangkan dengan metode CLAHE koloni tetap muncul dan terlihat lebih jelas. Namun demikian, kombinasi CLAHE dan median *filtering* kernel 3x3 juga membuat *noise* terlihat lebih jelas, sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk menentukan metode segmentasi yang sesuai untuk memisahkan antara koloni bakteri, *noise*, dan *background*.

REFERENSI

- [1] E. A. Soesetyaningsih, "Akurasi Perhitungan Bakteri pada Daging Sapi Menggunakan Metode Hitung Cawan," Berk. SAINSTEK, [S.l.], vol. 8, no. 3, pp. 75–79, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/BST/article/view/16828>.
- [2] G. A. Nai et al., "Fractal dimension analysis: A new tool for analyzing colony-forming units," *MethodsX*, vol. 8, p. 101228, 2021, doi: 10.1016/j.mex.2021.101228.
- [3] S. Khan, Farhan M; Gupta, Rajiv; Sekhri, "Automated Bacteria Colony Counting on Agar Plates Using Machine Learning," *J. Environ. Eng.*, vol. 147, no. 12, 2021, [Online]. Available: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29EE.1943-7870.0001948>.
- [4] T. Naets, M. Huijsmans, P. Smyth, L. Sorber, and G. de Lannoy, "A Mask R-CNN approach to counting bacterial *Colony Forming Units* in pharmaceutical development," pp. 1–9, 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2103.05337>.
- [5] S. Badiyean et al., "Detection and Discrimination of Bacterial Colonies with Mueller Matrix Imaging," *Sci. Rep.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1038/s41598-018-29059-5.
- [6] G. Zhu, B. Yan, M. Xing, and C. Tian, "Automated counting of bacterial colonies on agar plates based on images captured at near-infrared light," *J. Microbiol. Methods*, vol. 153, pp. 66–73, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.09.004>.
- [7] N. Dupont-Bloch, "Advanced image processing," *Shoot Moon*, no. February, pp. 219–240, 2016, doi: 10.1017/cbo9781316392843.009.
- [8] X. Wang, T. Chen, D. Li, and S. Yu, "Processing Methods for Digital Image Data Based on the Geographic Information System," *Complexity*, vol. 2021, p. 2319314, 2021, doi: 10.1155/2021/2319314.
- [9] L. He, X. Ren, Q. Gao, X. Zhao, B. Yao, and Y. Chao, "The *connected* - component labeling problem: A review of state-of-the-art algorithms," *Pattern Recognit.*, vol. 70, pp. 25–43, 2017, doi: 10.1016/j.patcog.2017.04.018.
- [10] P. Kaler, "Study of *Grayscale* image in Image processing," *Int. J. Recent Innov. Trends Comput. Commun.*, no. November, pp. 309–311, 2016.
- [11] G. F. C. Campos, S. M. Mastelini, G. J. Aguiar, R. G. Mantovani, L. F. de Melo, and S. Barbon, "Machine learning hyperparameter selection for Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization," *Eurasip J. Image Video Process.*, vol. 2019, no. 1, 2019, doi: 10.1186/s13640-019-0445-4.
- [12] V. G. Rangarajan, Effectiveness of *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) on multispectral satellite imagery. 2016.
- [13] J. Ma, X. Fan, S. X. Yang, X. Zhang, and X. Zhu, "Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization-Based Fusion in YIQ and HSI Color Spaces for Underwater Image Enhancement," *Int. J. Pattern Recognit. Artif. Intell.*, vol. 32, no. 7, pp. 1–27, 2018, doi: 10.1142/S0218001418540186.
- [14] S. Villar, S. Torcida, and G. Acosta, "Median Filtering: A New Insight," *J. Math. Imaging Vis.*, vol. 58, pp. 1–17, May 2017, doi: 10.1007/s10851-016-0694-0.
- [15] A. Shah et al., "Comparative analysis of median filter and its variants for removal of impulse *noise* from gray scale images," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.03.007.
- [16] Nilasari.Ni Ketut Novia, Supianto.Ahmad Afif, and Suprpto, , 2014,I dentifikasi Jumlah Koloni Bakteri dengan Metode Improved Counting

Morphology. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika.Universitas Brawijaya. Malang.

- [17] A. Fadjeri, A. Setyanto, and M. P. Kurniawan, "Pengolahan Citra Digital Untuk Menghitung Ekstraksi Ciri Greenbean Kopi Robusta Dan Arabika (Studi Kasus: Kopi Temanggung)," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 8, no. 1, pp. 8–13, 2020, doi: 10.30646/tikomsin.v8i1.462.
- [18] A. Shah et al., "Comparative analysis of median filter and its variants for removal of impulse noise from gray scale images," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, no. xxxx, 2020, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.03.007.
- [19] N. L. K. Sari, M. Oktavianti, and S. Samsun, "Analisis Karakter Segmen Abnormal pada Citra Mamografi dengan Menggunakan Berbagai Metode Preprocessing Citra," *J. Ilm. Giga*, vol. 22, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.47313/jig.v22i1.737.
- [20] G. F. C. Campos, S. M. Mastelini, G. J. Aguiar, R. G. Mantovani, L. F. de Melo, and S. Barbon, "Machine learning hyperparameter selection for Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization," *Eurasip J. Image Video Process.*, vol. 2019, no. 1, 2019, doi: 10.1186/s13640-019-0445-4.



{ Halaman ini sengaja dikosongkan }