



Identification and Classification of Pathogenic Bacteria Using the K-Nearest Neighbor Method

Identifikasi Dan Klasifikasi Bakteri Patogen Dengan Metode K-Nearest Neighbour

Diana Rahmawati¹⁾, Mutiara Puspa Putri P²⁾, Miftachul Ulum³⁾, Miftachul Ulum⁴⁾
^{1,2,3,4)} Departement Electrical Engineering, Trunojoyo University Madura, Indonesia

¹⁾ diana.rahmawati@trunojoyo.ac.id

²⁾ mutiarapuspa07@gmail.com

³⁾ miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id

Abstract- Bacteria are a group of living things or organisms that do not have a core covering. In the grouping, some bacteria are pathogenic. With a microscopic size, many pathogenic bacteria are found around and spread through the food eaten or by touching objects around them, then cause diseases such as diarrhea, vomiting, and others. As a more effective effort to help the government and society prevent disease caused by pathogenic bacteria, a system for the identification and classification of pathogenic bacteria K-Nearest Neighbor was created. This system uses a biological microscope that is attached to a webcam camera above the ocular lens as a tool to see bacterial objects and assist in bacterial capture. Rough player rotates automatically (auto-focus) in image capture. In the process of classification and identifying bacteria, the K-Nearest Neighbor method is used, which is a method with the calculation of the nearest neighbor or calculation based on the level of similarity to the dataset. In this study, the bacteria vibrio chlorae, staphylococcus aureus, and streptococcus m. with the highest accuracy is the K = 9 value of 97.77% using the Chebyshev method.

Keywords : Classification; Identification; Pathogen; K- Nearest Neighbor; Chebyshev.

Abstrak- Bakteri merupakan salah satu golongan makhluk hidup atau organisme yang tidak memiliki selubung inti. Dalam pengelompokannya, beberapa bakteri bersifat patogen. Dengan ukuran mikroskopis, bakteri patogen banyak terdapat di sekitar dan menjangkit melalui makanan-makanan yang dimakan atau sentuhan pada benda disekitar, kemudian menyebabkan penyakit seperti diare, muntah, dan lainnya. Sebagai upaya yang lebih efektif untuk membantu pemerintah dan masyarakat mencegah terjangkit penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen dibuatlah sistem identifikasi dan klasifikasi bakteri patogen *K- Nearest Neighbour*. Sistem ini menggunakan mikroskop biologi yang dipasang kamera webcam diatas lensa okulernya sebagai alat untuk melihat objek bakteri dan membantu dalam capture bakteri. Pemutar kasar berputar secara otomatis (*auto-focus*) dalam pengambilan citra. Pada proses klasifikasi dan mengidentifikasi bakteri digunakan metode *K-Nearest Neighbour* yaitu sebuah metode dengan perhitungan tetangga terdekat atau perhitungan berdasarkan tingkat similaritasnya dengan dataset. Pada penelitian ini digunakan bakteri *vibrio chlorae*, *staphylococcus aureus*, dan *streptococcus m.* dengan akurasi paling tinggi adalah nilai K=9 sebesar 97.77% menggunakan metode Chebyshev.

Kata kunci : Klasifikasi; Identifikasi; Patogen; K- Nearest Neighbour; Chebyshev.

I. PENDAHULUAN

Bakteri merupakan salah satu golongan makhluk hidup prokariotik (organisme yang tidak memiliki selubung inti) [1]. Dalam pengelompokannya, beberapa bakteri bersifat patogen. Patogen berasal dari bahasa Yunani yang berarti agen biologis atau mikroorganisme yang menyebabkan penyakit pada inangnya. Sehingga merugikan makhluk hidup lain yang menjadi inangnya salah satunya manusia. Dengan ukuran mikroskopis, bakteri patogen banyak terdapat di sekitar dan menjangkit melalui makanan-makanan yang dimakan. Salah satunya adalah bakteri *Staphylococcus aureus* yang terdapat pada benda-benda di sekitar kita dan tak kasat mata. Bakteri ini sering dikaitkan terhadap beberapa penyakit seperti dermatitis dan infeksi saluran pernafasan. Sistem ini bekerja untuk membantu mempercepat proses pengklasifikasian dan mengidentifikasi sebuah bakteri menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbour* dan *auto-focus* pada pemutar kasarnya.

II. METODE PENELITIAN

Dalam perancangannya, sistem ini dibagi menjadi dua perancangan, yaitu perancangan perangkat lunak dan rancangan perangkat keras sesuai dengan blok diagram gambar 1 dibawah ini.

[Figure 1 about here.]

2.1 Perangkat lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian terdapat beberapa sistem, yaitu sistem *image preprocessing* untuk memperbaiki citra asli koloni bakteri, *image preprocessing* dan sistem klasifikasi bakteri menggunakan *K-Nearest Neighbour*.

[Figure 2 about here.]

Sistem ini dimulai dari pengambilan citra dari mikroskop untuk memperoleh *capture* bakteri melalui kamera *webcam*. Dalam proses ini dilakukan pemilihan kualitas *capture* terbaik. Hasil *capture* dari mikroskop kemudian selanjutnya dipergunakan untuk *image preprocessing*. *Image preprocessing* sangat penting dilakukan pada penelitian ini untuk mendapat kualitas citra terbaik sebelum dilakukan klasifikasi.

[Figure 3 about here.]

Proses *Contrast Stretching* (normalisasi) merupakan suatu teknik perbaikan kualitas citra yang cukup sederhana dengan meningkatkan kontras citra. Agar citra semakin baik dilakukan filter *image*. *Filtering* adalah teknik untuk menyaring atau memodifikasi untuk meningkatkan kualitas citra gambar. Pada filter *image* kali ini menggunakan *pyramid mean shift*. Algoritma pada *pyramid mean shift* menggunakan teknik analisis *non-parametric feature space*. Metode ini merupakan prosedur

dalam melacak atau menghitung objek berdasarkan yang paling sering keluar. Algoritma *mean shift* menggunakan perhitungan *kernel density*. Citra *grayscale* digunakan untuk menyederhanakan citra untuk input proses selanjutnya. Kemudian menggunakan metode *thresholding* merupakan metode sederhana dari *image segmentation*. *Thresholding* merupakan operasi non-linear yang mengkonversi sebuah *grayscale image* menjadi *binary image*. Pada proses ini dilakukan pemisahan objek koloni dengan *background*. Setelah pada *thresholding* beberapa citra akan hilang. Mekanisme diperlukan untuk mendeteksi objek menggunakan *contour* kemudian dilakukan *labelled image*. Pada proses ini teknik *contour* digunakan untuk menemukan *object* yang sama dalam satu *picture* lalu diberikan label untuk menandai bakteri apa yang terdapat pada *picture* tersebut. Setelah dideteksi adanya bakteri pada preparat tersebut dan memberikan label. Dilakukan perhitungan sesuai *contour* dan label yang ada dalam gambar tersebut sesuai parameter yaitu *roundness* menemukan jenis bentuk bakteri yang sesuai, *bounding* untuk keliling dari *object*, kemudian *colony counter* untuk menghitung jumlah koloni.

Pada proses klasifikasi menggunakan metode *K-Nearest Neighbour*, algoritma *supervised learning* yang terdiri dari *input* dan *output*, yang mana hasil dari *instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan similaritas dari kategori *K-Nearest Neighbour*. Tujuan dari metode algoritma ini untuk mengklasifikasikan obyek baru berdasarkan atribut dari *sample-sample data training* KNN menggunakan klasifikasi tetangga terdekat sebagai nilai prediksi dari nilai *instance* yang baru.

[Figure 4 about here.]

Untuk mempersingkat, ditemukan 3 nilai petunjuk parameter pengklasifikasian yaitu 'kel' untuk menunjukkan nilai rata-rata keliling setiap *object*, 'lu' untuk rata-rata luas *object*, dan 'jum' untuk jumlah *object*. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk perhitungan perbandingan similaritas dengan *object*. Kemudian dilakukan penghitungan jarak tiap *object* dengan dataset untuk menemukan nilai kesamaan atau pendekatan kemiripannya. Setelah ditemukan *object* memiliki kemiripan dengan dataset yang mana sejumlah k menggunakan *Euclidean distance* 3 parameter, ditemukan data yang paling sering muncul dengan *object*. Sehingga dapat diambil keputusan *object* tersebut teridentifikasi dan terklasifikasi sesuai dataset yang mana. Jumlah K dan rumus *distance* dari data pengujian ditentukan dari 4 rumus perhitungan jarak k terdekat menggunakan rumus *Manhattan*, *Chebyshev*, *Euclidean Distance*, dan *Minkowski*.

Manhattan

$$D(a,b) = |a_1 - b_1| + \dots + |a_n - b_n| \quad (1)$$

Chebyshev

$$D(a,b) = \max(|a_1 - b_1| + \dots + |a_n - b_n|) \quad (2)$$

Euclidean Distance

$$D(a,b)=\sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2} \quad (3)$$

Minkowski

$$D(a,b)=\sqrt[p]{(a_1 - b_1)^p + (a_2 - b_2)^p + \dots + (a_n - b_n)^p} \quad (4)$$

Keterangan:

- D(a,b) :jarak dari kedua parameter a dan b.
- a :nilai dataset.
- b :nilai test objek.
- k :jumlah data set yang akan dibandingkan similaritasnya dengan objek tes.

Pemrograman yang digunakan pada sistem ini adalah pemrograman python.

2.2 Perangkat Keras

[Figure 5 about here.]

1. Lensa Okuler
Lensa okuler merupakan lensa yang paling dekat dengan *webcam*. Dalam hal ini lensa okuler merupakan letak tabung kamera diletakkan dan perbesaran yang digunakan adalah 15X.
2. Tabung Mikroskop
Tabung mikroskop berfungsi sebagai penghubung antara lensa okuler dengan lensa objektif.
3. Pemutar Kasar
Pemutar berfungsi sebagai pemutar lensa objektif mana yang akan digunakan.
4. Lensa Objektif
Lensa objektif merupakan lensa yang letaknya paling dekat dengan objek yang diamati. Fungsinya memperbesar bayangan benda objek dengan perbesaran 10x,40x, atau 100x.
5. Lengan Mikroskop
Lengan mikroskop berfungsi sebagai pegangan mikroskop ketika akan diangkat atau dipindahkan.
6. Meja Preparat
Meja Preparat berfungsi sebagai papan meja tempat diletakkannya *preparat glass* objek.
7. Pemutar kasar
Pemutar kasar terletak di lengan mikroskop. Pemutar ini berfungsi untuk memperjelas bayangan objek sekaligus mendekatkan meja preparat dengan lensa objektif.
8. Diagfragma
Diagfragma terletak tepat dibawah meja preparat. Diagframa berfungsi untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk.
9. Sumber Cahaya
Sumber cahaya pada mikroskop ini menggunakan LED yang diatur terang dan gelapnya menggunakan variable resistor.
10. Penjepit Preparat
Penjepit ini berfungsi untuk mengkokohkan *preparat glass* yang diletakkan pada meja preparat agar tidak bergeser atau bergerak.
11. Motor Stepper

Motor stepper pada rangkaian alat ini berfungsi untuk memutar pemutar kasar pada mikroskop.

12. Box letak mikro dan board motor stepper
Box ini terletak disebelah mikroskop. Berfungsi sebagai tempat penyimpanan board motor stepper ULN2003 dan mikrokontroller..

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

[Figure 6 about here.]

Pada gambar 6. ditunjukkan tampilan awal GUI pada program identifikasi dan klasifikasi bakteri patogen dengan metode *k-nearest neighbor*. Pada tampilan ini kamera pada mikroskop belum diberikan perintah untuk menyala sehingga tertulis 'KAMERA MATI' pada tampilan GUI. Setelah menyala gambar dari mikroskop akan tampil pada kolom 'KAMERA MIKROSKOP', dan gambar hasil *capture* terbaik tampil pada kolom 'PROSES' menandakan gambar tersebut yang akan diproses untuk diidentifikasi dan diklasifikasi jenisnya berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Pada kolom hasil akan menampilkan data gambar proses yang telah terlabel dan dihitung jumlah koloninya. Sehingga menghasilkan keputusan bakteri apa yang teridentifikasi menurut parameter yang ada pada gambar tersebut, dan ditampilkan pada kolom 'KEPUTUSAN'.

1. Berikan perintah untuk menyalakan kamera dengan klik button 'ON Kamera'.
2. Terlihat kolom kamera terisi gambar dari kamera dan siap memproses untuk selanjutnya dilakukan *capture* dan memilih hasil *capture* terbaik untuk diproses.
3. Untuk memulai proses *autofocus* pada mikroskop dan pengambilan *capture*, klik button 'START' sebagai tanda memulai proses awal *image processing*. Setelah kamera mengambil *capture*, dan ditemukan data gambar terbaik untuk diproses.
4. Gambar akan muncul pada kolom 'PROSES' untuk selanjutnya dilakukan *image processing*, diproses sesuai parameter yang ditentukan, dan diberikan label dengan klik button 'PROSES'. Setelah menekan button 'PROSES'.
5. Data gambar hasil *capture* akan diproses dan ditampilkan pada kolom 'Hasil', dan didapat keputusan yang ditampilkan seperti dibawah ini.

[Figure 7 about here.]

Dataset yang diambil pada penelitian ini terdiri dari 114 dataset dari 3 bakteri. Berikut sebagian dataset sebagai inputan untuk data pengolahan pada *K-Nearest Neighbour*.

[Table 1 about here.]

Untuk menemukan akurasi terbaik dari *K-Nearest Neighbour* dilakukan perbandingan empat rumus yaitu Euclidean, Manhattan, Chebyshev, dan Minkowski. Dari setiap rumus ditentukan akurasinya hingga didapat rumus perhitungan jarak terbaik dari tetangga terdekat.

Keterangan:

- PIC1 = Bakteri *Vibrio Chlorae*
- PIC2 = Bakteri *Staphylococcus A.*
- PIC3 = Bakteri *Streptococcus m.*

3.1 Euclidean Distance

Diambil masing-masing 15 data gambar dari setiap jenis bakteri. Ditemukan \sum data diprediksi tepat sebagai berikut.

Diketahui hasil perhitungan *Euclidean Distance* dengan $K=3$ untuk data benar= 39 dan data salah sebanyak 6. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{39}{45} \times 100\% = 86.67\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Euclidean Distance* dengan $K=5$ untuk data benar= 42 dan data salah sebanyak 3. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{42}{45} \times 100\% = 93.33\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Euclidean Distance* dengan $K=7$ untuk data benar= 43 dan data salah sebanyak 2. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{43}{45} \times 100\% = 95.56\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Euclidean Distance* dengan $K=9$ untuk data benar= 41 dan data salah sebanyak 4. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{41}{45} \times 100\% = 91.11\%$$

Dari hasil perhitungan diatas dengan $K=3$, tabel 4.3 dengan $K=5$, $K=7$, dan $K=9$ pada rumus *Euclidean Distance* diketahui k terbaik adalah 7 dengan akurasi sebesar 95.55%.

3.2 Chebyshev

Diambil masing-masing 15 data gambar dari setiap jenis bakteri. Ditemukan \sum data diprediksi tepat sebagai berikut.

Diketahui hasil perhitungan *Chebyshev* dengan $K=3$ untuk data benar= 42 dan data salah sebanyak 3. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{42}{45} \times 100\% = 93.33\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Chebyshev* dengan $K=5$ untuk data benar= 44 dan data salah sebanyak 1. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{44}{45} \times 100\% = 97.77\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Chebyshev* dengan $K=7$ untuk data benar= 42 dan data salah sebanyak 3. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{42}{45} \times 100\% = 93.33\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Chebyshev* dengan $K=9$ untuk data benar= 41 dan data salah sebanyak 4. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{41}{45} \times 100\% = 91.11\%$$

Dari hasil perhitungan diatas dengan $K=3$, $K=5$, $K=7$, dan $K=9$ pada rumus *Euclidean Distance* diketahui k terbaik adalah 5 dengan akurasi sebesar 97.77%.

3.3 Manhattan

Diambil masing-masing 15 data gambar dari setiap jenis bakteri. Ditemukan \sum data diprediksi tepat sebagai berikut.

Diketahui hasil perhitungan *Manhattan* dengan $K=3$ untuk data benar= 39 dan data salah sebanyak 5. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{39}{45} \times 100\% = 86.67\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Manhattan* dengan $K=5$ untuk data benar= 40 dan data salah sebanyak 5. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{40}{45} \times 100\% = 88.89\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Manhattan* dengan $K=7$ untuk data benar= 44 dan data salah sebanyak 1. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{44}{45} \times 100\% = 97.77\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Manhattan* dengan $K=9$ diketahui data benar= 40 dan data salah sebanyak 5. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{40}{45} \times 100\% = 88.89\%$$

Dari hasil perhitungan diatas dengan $K=3$, $K=5$, $K=7$, dan $K=9$ pada rumus *Manhattan Distance* diketahui k terbaik adalah 7 dengan akurasi sebesar 97.77%.

3.4 Minkowski

Diambil masing-masing 15 data gambar dari setiap jenis bakteri. Ditemukan \sum data diprediksi tepat sebagai berikut.

Diketahui hasil perhitungan *Minkowski* dengan $K=3$ untuk data benar= 41 dan data salah sebanyak 4. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{41}{45} \times 100\% = 91.11\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Minkowski* dengan $K=5$ untuk data benar= 43 dan data salah sebanyak 2. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{43}{45} \times 100\% = 95.55\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Minkowski* dengan $K=7$ untuk data benar= 42 dan data salah sebanyak 3. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{42}{45} \times 100\% = 93.33\%$$

Diketahui hasil perhitungan *Minkowski* dengan $K=9$ untuk data benar= 41 dan data salah sebanyak 4. Kemudian dihitung *cross validation* sebagai berikut.

$$\text{Persentasi akurasi} = \frac{41}{45} \times 100\% = 91.11\%$$

Dari hasil perhitungan dengan $K=3$, $K=5$, $K=7$, dan $K=9$ pada rumus *Minkowski Distance* diketahui k terbaik adalah 5 dengan akurasi sebesar 95.55%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses learning untuk mendapatkan dataset memerlukan banyak pengambilan citra. Faktor perlakuan kepada bakteri untuk diletakkan pada preparat, gelap dan terang cahaya pada saat testing mempengaruhi pengambilan keputusan. Perlakuan dan tata cahaya yang berbeda ketika pengambilan dataset dan test yang berbeda mempengaruhi akurasi pengambilan keputusan sehingga kurang akurat.
2. Pada proses klasifikasi nilai tetangga terdekat atau K dengan akurasi paling baik adalah K=5 dengan metode Chebyshev yang nilai akurasi terkecilnya 91.11% pada K=9 dan akurasi terbesar 97.77%.
3. Semakin banyak jenis bakteri yang akan diuji mempengaruhi tingkat akurasi proses klasifikasi KNN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah mengizinkan jurnal saya untuk terbit di halaman OJS JEEE. Semoga jalinan partisipasi dan kontribusi ini beriringan dan berlanjut di masa yang akan datang.

REFERENSI

[1] M. V Holderman, E. De Queljoe, S. B. Rondonuwu, and P. S. Biologi, "Identification Of Bacteria In Handrail Escalator on," *J. Ilm. Sains*, vol. 17, no. 1, pp. 13–18, 2017.

[2] A. Nuryah, N. Yuniarti, and I. Puspitasari, "Prevalensi dan Evaluasi Kesesuaian Penggunaan Antibiotik pada Pasien dengan Infeksi Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus di RSUD Dr. Soeradji Tirtonegoro Klaten," *Maj. Farm.*, vol. 15, no. 2, p. 123, 2019, doi: 10.22146/farmaseutik.v15i2.47911.

[3] H. Tolle, "Klasifikasi dan Identifikasi Jumlah Koloni," vol. 8, no. 2, pp. 78–82, 2016.

[4] E. Priyanti, "Penerapan Algoritma Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Bakteri Gram-Negatif," *J. Tek. Komput.*, vol. III, no. 2, pp. 68–76, 2017.

[5] M. F. Wahid, T. Ahmed, and M. A. Habib, "Classification of microscopic images of bacteria using deep convolutional neural network," *ICECE 2018 - 10th Int. Conf. Electr. Comput. Eng.*, pp. 217–220, 2019, doi: 10.1109/ICECE.2018.8636750.

[6] B. D. Satoto, I. Utoyo, and R. Rulaningtyas, "Colour segmentation of Gram-Negative bacteria using graph Quadratic Form and Random Walker," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1538, no. 1, pp. 0–8, 2020,

doi: 10.1088/1742-6596/1538/1/012005.

[7] J. R. Balbin, J. T. Sese, C. V. R. Babaan, D. M. M. Poblete, R. P. Panganiban, and J. G. Poblete, "Detection and classification of bacteria in common street foods using electronic nose and support vector machine," *Proc. - 7th IEEE Int. Conf. Control Syst. Comput. Eng. ICCSCE 2017*, vol. 2017-Novem, no. November, pp. 247–252, 2018, doi: 10.1109/ICCSCE.2017.8284413.

[8] T. Treebupachatsakul and S. Poomrittigul, "Bacteria Classification using Image Processing and Deep learning," *34th Int. Tech. Conf. Circuits/Systems, Comput. Commun. ITC-CSCC 2019*, pp. 2–4, 2019, doi: 10.1109/ITC-CSCC.2019.8793320.

[9] A. S. Lee *et al.*, "Methicillin-resistant Staphylococcus aureus," *Nat. Rev. Dis. Prim.*, vol. 4, no. May, pp. 1–23, 2018, doi: 10.1038/nrdp.2018.33.

[10] J. A. Lemos *et al.*, "The Biology of Streptococcus mutans," *Microbiol. Spectr.*, vol. 7, no. 1, pp. 16–18, 2019, doi: 10.1128/microbiolspec.gpp3-0051-2018.

[11] D. Domman *et al.*, "the Americas," vol. 793, no. November, pp. 789–793, 2017.

[12] K. Neighbor, E. Distance, and P. Gambar, "Buku TA : K-Nearest Neighbor (KNN)," no. x, 2010.

[13] T. M. Cover and P. E. Hart, "Nearest Neighbor Pattern Classification," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 13, no. 1, pp. 21–27, 1967, doi: 10.1109/TIT.1967.1053964.

[14] W. Wahyono, I. N. P. Trisna, S. L. Sariwening, M. Fajar, and D. Wijayanto, "Comparison of distance measurement on k-nearest neighbour in textual data classification," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 54–58, 2020, doi: 10.14710/jtsiskom.8.1.2020.54-58.

[15] B. P. Citra, E. Marlina, and A. Wahjudi, "Rancang Bangun Perangkat Lunak Unit Kontrol Alat Ukur Sudu Cross Flow Water Turbine," vol. 3, no. 2, 2014.

[16] A. F. Ibadillah, "Sistem Penjejukan Obyek Dengan Stero Vision."

[17] M. Z. Arifin, K. Joni, M. Ulum, T. Elektro, and U. Trunojoyo, "Penentuan Kualitas Warna Batu Blue Sapphire Dengan Image Processing Menggunakan Metode RGB To HSV," vol. 1003051623, pp. 59–63.

[18] M. Z. Arifin, K. Joni, M. Ulum, T. Elektro, and U. Trunojoyo, "Penentuan Kualitas Warna Batu Blue Sapphire Dengan Image Processing Menggunakan

Metode RGB To HSV,” vol. 1003051623, pp. 59–63.

Conflict of Interest Statement: The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2021 Author [s]. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Received: 2021-01-30

Accepted: 2021-02-06

Published: 2021-04-01

DAFTAR TABEL

I Tabel dataset Bakteri..... 67

Table I. Tabel dataset Bakteri

No.	Keliling (pixel)	Luas (pixel)	Jumlah koloni	Nama PIC
1.	63.49975998	268.5567	117	PIC1
2.	79.61625061	614.8966	37	PIC1
3.	100.0542357	859.8804	61	PIC1
4.	85.4060074	530.8364	74	PIC1
5.	128.9348639	1433.643	51	PIC1
6.	19.43836473	15.84043	158	PIC2
7.	22.67344596	35.85751	205	PIC2
8.	17.53878245	13.17204	111	PIC2
9.	24.3087722	41.54524	232	PIC2
10.	27.17641937	50.85811	179	PIC2
11.	27.1062737	100.4472	175	PIC3
12.	33.32823666	93.31793	206	PIC3
13.	24.53504101	116.1316	172	PIC3
14.	29.59455509	179.8862	135	PIC3
15.	31.04430189	126.0345	165	PIC3

DAFTAR GAMBAR

1	Blok Diagram Sistem	69
2	Diagram Alur Perencanaan Sistem.....	69
3	Diagram Alur Image Pre-Processing.....	69
4	Diagram Alur Proses KNN.....	70
5	Perencanaan Perangkat Keras	70
6	Tampilan Awal GUI.....	70
7	Tampilan Akhir GUI	70

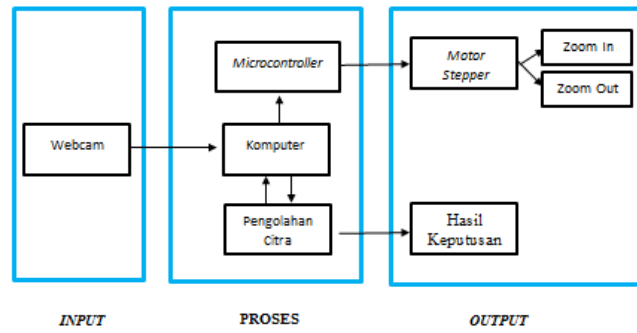


Figure 1. Blok Diagram Sistem

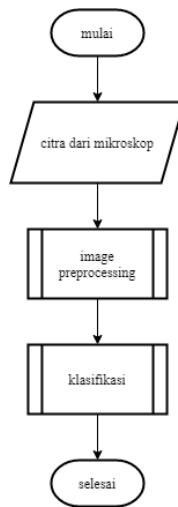


Figure 2. Diagram Alur Perencanaan Sistem

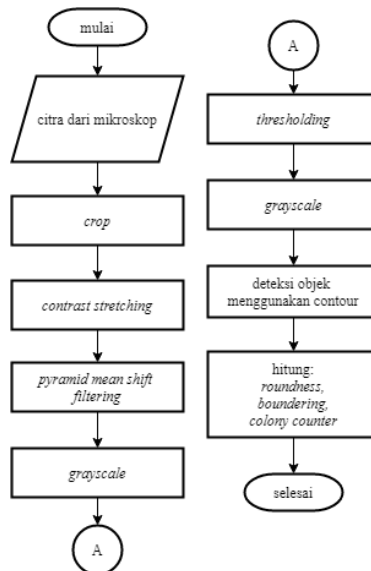


Figure 3. Diagram Alur Image Pre-Processing



Figure 4. Diagram Alur Proses KNN

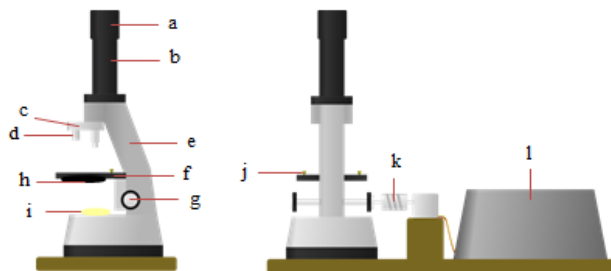


Figure 5. Perencanaan Perangkat Keras



Figure 6. Tampilan Awal GUI



Figure 7. Tampilan Akhir GUI