

Pengembangan Sistem Pengambilan Data Visual Permukaan Rel Kereta Api Menggunakan Teknik Pengolahan Citra: Analisis Kontras dan Histogram

Sunaryo¹, Teguh Arifianto², M.Afif Amalul Arifidin³

^{1,2,3} Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia, Madiun
Jalan Tirta Raya Kota Madiun, Jawa Timur, Indonesia
E-mail: sunaryo@ppi.ac.id¹, teguh@ppi.ac.id², afif@ppi.ac.id³

Abstract — This research aims to develop a system for obtaining visual data from the surface of railway tracks using image processing techniques. The human visual system, with its recording, color detection, and object recognition processes, enables humans to recognize specific objects from among several objects they see. One of the fundamental processes in computer vision is image processing. However, computer visual systems cannot directly recognize images, making image processing crucial. The research methodology includes data collection, feature extraction from each full-color image, and histogram analysis. The tools used include digital cameras for data acquisition, image processing software or computer programming for extracting true-color images and histogram analysis, and the possible use of programming code to implement image extraction processes. Findings from this study indicate that the obtained 100 images exhibit low contrast due to histograms tending to cluster in the middle. Additionally, the distribution of histogram values for blue color extraction yields intensities reaching 255 compared to the distributions of histogram values for red and green color extractions. This study concludes that the observed low contrast in the images is due to a narrow range of color intensity, where most pixels cluster around the average intensity value. As a result, the images lack clear differences between bright and dark areas, resulting in low contrast.

Key word — kata kunci1; Digital Image, Image Data Acquisition, Rail Surface

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem untuk memperoleh data visual dari permukaan rel kereta api menggunakan teknik pengolahan citra. Sistem visual manusia, dengan proses perekaman, deteksi warna, dan pengenalan objeknya, memungkinkan manusia untuk mengenali objek tertentu dari beberapa objek yang dilihatnya. Salah satu proses fundamental dalam computer vision adalah pengolahan citra. Namun, sistem visual komputer tidak dapat secara langsung mengenali gambar, sehingga pengolahan citra menjadi sangat penting. Metodologi penelitian meliputi pengumpulan data, ekstraksi fitur dari setiap gambar berwarna penuh, dan analisis histogram. Alat yang digunakan mencakup kamera digital untuk akuisisi data, perangkat lunak pengolahan gambar atau pemrograman komputer untuk ekstraksi citra warna asli dan analisis histogram, serta kemungkinan penggunaan kode pemrograman untuk mengimplementasikan proses ekstraksi citra. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa 100 gambar yang diperoleh menunjukkan kontras rendah, disebabkan oleh histogram yang cenderung mengumpul di tengah. Selain itu, distribusi nilai histogram untuk ekstraksi warna biru menghasilkan intensitas yang mencapai 255 dibandingkan dengan distribusi nilai histogram untuk ekstraksi warna merah dan hijau. Studi ini menyimpulkan bahwa kontras rendah yang diamati dalam gambar disebabkan oleh rentang intensitas warna yang sempit, di mana sebagian besar piksel berkumpul di sekitar nilai intensitas rata-rata. Akibatnya, gambar-gambar tersebut kurang memiliki perbedaan yang jelas antara area yang terang dan gelap, menghasilkan kontras yang rendah

Kata kunci— kata kunci1; Akuisi Data Citra, Cira Digital, Permukaan Rel

I. PENDAHULUAN

Sistem visual manusia terdiri dari gabungan proses perekaman, pendeteksian warna, dan objek sehingga manusia memiliki kemampuan untuk mengenali sebuah objek tertentu dari beberapa objek yang dilihatnya [1]. Selain itu, manusia mengetahui nama objek tersebut yang akan mempermudah dalam mendeteksi sebuah objek. Kemampuan visual manusia sangat berbeda dengan kemampuan sistem pada computer vision [2]. Bidang ilmu komputer yang dikenal sebagai "computer vision"

berkaitan dengan studi tentang bagaimana komputer dapat melihat, menafsirkan, dan menganalisis data visual dengan cara yang sebanding dengan mata manusia [3] [4].

Konsep computer vision yaitu menanamkan kecerdasan manusia ke dalam sebuah komputer [5][6]. Bagian terpenting dari proses awal computer vision yaitu proses pengolahan citra [7]. Sistem visual pada komputer tidak dapat langsung dikenali oleh komputer [8]. Oleh karena itu, sistem visual komputer dibutuhkan proses awal yaitu pengolahan citra [9][10]. Proses pengolahan citra yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan histogram dikarenakan citra yang digunakan yaitu citra true colour. Citra akan diproses menggunakan ambang batas untuk tiap komponen HLS. Output dari proses tersebut berupa informasi citra yang akan digunakan untuk proses pengolahan citra digital selanjutnya[11][12].

Pengolahan citra selanjutnya dari hasil segmentasi warna yaitu deteksi objek [13]. Deteksi objek dalam sebuah citra suatu permasalahan mendasar dalam aplikasi analisis citra [14]. Peranan deteksi objek dalam hal ini sangat penting. Penelitian pengambilan gambar ini menggunakan kamera 8 megapiksel yang tidak memungkinkan pengguna memfokuskan lensa secara manual [15].

Hasil dari akuisi citra yaitu merubah dari citra analog ke citra digital secara komputerisasi digital. Keuntungan dalam hal ini yaitu apabila ada seseorang yang meminta citra permukaan rel, maka pengguna tidak lagi melakukan pengambilan data dikarenakan file gambar sudah disimpan dalam sebuah komputer. Dengan menggunakan teknik pemrosesan citra, proyek ini bertujuan untuk membangun sistem untuk memperoleh data citra permukaan rel kereta api secara visual.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Desain studi tercakup dalam pendekatan penelitian ini. Pengumpulan informasi, ekstraksi fitur dari setiap gambar penuh warna, dan histogram merupakan tiga langkah utama metodologi studi ini. Alat yang digunakan dalam penelitian ini mencakup kamera digital untuk akuisisi data, perangkat lunak pengolahan gambar atau pemrograman komputer untuk ekstraksi citra true colour dan analisis histogram, serta kemungkinan penggunaan kode pemrograman untuk mengimplementasikan proses ekstraksi citra. kajian yang dilakukan adalah terhadap kumpulan foto dengan tujuan meningkatkan kualitas algoritma dalam pengenalan objek. Untuk mencapai tujuan tersebut, kumpulan data ditingkatkan dengan menyertakan gambar yang diambil dari berbagai sudut. Akuisasi Data

Langkah awal dalam memperoleh gambar digital dari permukaan rel analog adalah pengumpulan data, yaitu mentransfer data dari permukaan rel ke gambar kamera tanpa mengatur fokus, pada resolusi 8 mega piksel [16]. Untuk mengonversi gambar, data yang dikumpulkan akan diproses. Laboratorium Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun mengumpulkan data perkeretaapian ini (gambar 1).



Gambar 1. Data citra rel kereta api

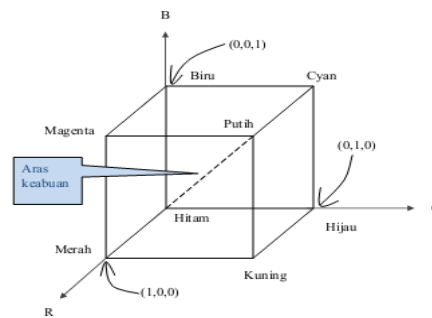
a. Proses Ekstraksi Citra True Colour

Setelah prosedur pengambilan gambar selesai, gambar akan diubah menjadi gambar berwarna asli atau RGB. Untuk merepresentasikan warna, model ruang warna menghasilkan karakteristik unik [17]. Tiga warna primer yang membentuk gambar RGB adalah merah, hijau, dan biru. Semua piksel terdiri

dari tiga warna primer ini. Kekhususan aplikasi adalah kunci untuk mengoptimalkan pilihan ruang warna [18]. Salah satu cara untuk menampilkan model RGB adalah sebagai kubus tiga dimensi dengan sumbu yang mewakili warna merah, hijau, dan biru (gambar 2). Warna hitam berada di awal kubus, sedangkan warna putih berada di setiap ujungnya (gambar 3).

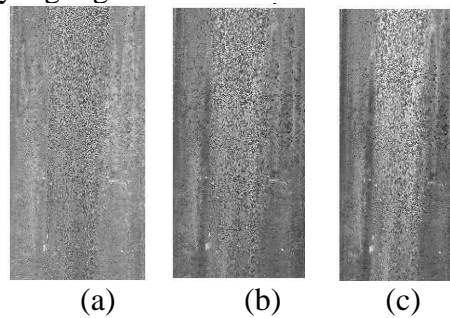


Gambar 2. Kubus warna tiga dimensi



Gambar 3. Skema ruang warna RGB

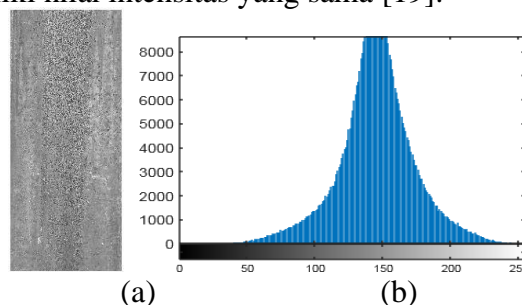
Citra true colour yang didapatkan dari proses akuisi data maka selanjutnya dilakukan proses ekstraksi citra RGB. Proses ini bertujuan untuk memisahkan ketiga komponen citra true colour yaitu R , G , dan B . Berikut code yang digunakan untuk melakukan ekstraksi citra true colour.



Gambar 4 Hasil ekstraksi warna merah (a), hijau (b), dan biru (c)

b. Histogram

Ekstraksi citra dari masing-masing nilai *red*, *green*, dan *blue*, selanjutnya dilakukan proses *histogram* citra. Tanpa mempertimbangkan lokasi piksel, histogram ini menghitung berapa banyak piksel pada gambar yang memiliki nilai intensitas yang sama [19].



Gambar 5. Ekstraksi warna citra merah (a) dan (b) hasil histogramnya

Dari gambar 5 (b), *histogram* dari ekstraksi citra merah cenderung mengumpul di tengah, maka hasil ekstraksi warna merah tersebut *low contrast*. Citra tersebut memiliki *range* nilai intensitas 50-240. Sehingga tidak memiliki intensitas antara 0-50 dan 240-255.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

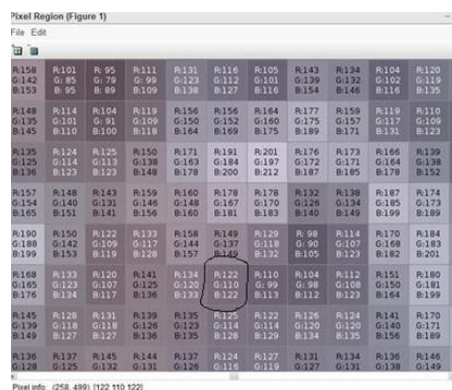
Masukan gambar digital mendorong pengembangan aplikasi ini di Matlab. Gambar tersebut memiliki resolusi 8 megapiksel dan diambil dengan kamera tanpa penyesuaian fokus. Seratus foto digunakan selama penyelidikan ini. Terakhir, nilai intensitas setiap gambar akan diperoleh dengan menjalankan metode histogram. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi atau algoritma dalam MATLAB yang dapat menganalisis gambar-gambar digital yang diambil dari permukaan rel kereta api. Termasuk pemrosesan gambar, ekstraksi fitur, dan analisis histogram dilakukan untuk memahami karakteristik dari rel kereta api tersebut.. Penelitian ini memanfaatkan data yang dikumpulkan di Laboratorium Politeknik Kereta Api Indonesia Madiun, khususnya pada permukaan rel kereta api.

Format gambar *.jpg digunakan oleh peneliti. Data yang dikumpulkan berjumlah 100 foto, yang mana sudah lebih dari cukup untuk melakukan kajian terhadap kumpulan foto permukaan rel kereta api. Untuk membuat algoritma ini lebih baik dalam pengenalan objek, kumpulan data ditingkatkan dengan menyertakan gambar yang diambil dari berbagai sudut. Mengupload gambar rel yang akan diuji merupakan langkah awal. Penulis menggunakan gambar RGB dalam penelitian ini. Sering disebut sebagai "gambar berwarna", gambar RGB terdiri dari sekumpulan piksel merah, hijau, dan biru dengan nilai mulai dari 0 (hitam) hingga 255 (putih) (Preddy Marpaung, 2021).

Citra RGB



Gambar 6. Citra true colour

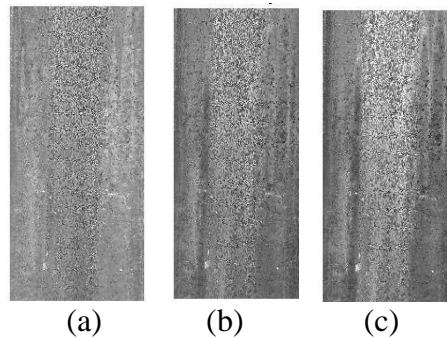


Gambar 7. Nilai per masing-masing pixel R, G, dan B.

Gambar 6 menunjukkan citra true colour yang didapatkan dari proses akuisi data yaitu dari proses data analog ke digital. Gambar 7 menampilkan nilai piksel setiap gambar yang berisi informasi merah, hijau, dan biru. Sebagai contoh pada gambar 7, nilai pixel dari $f(258,499) = (122, 110, 122)$. Dengan demikian, titik 258.499 mempunyai nilai merah 122, nilai hijau 110, dan nilai biru 122. Dari proses ini dapat dilanjutkan ke proses ekstraksi setiap warna nilai red, green, dan blue

Ekstraksi Warna Citra True Colour

Setelah didapatkan citra true colour, proses selanjutnya yaitu ekstraksi warna. Proses ini bertujuan untuk memisahkan ketiga komponen citra true colour yaitu R , G , dan B . Gambar 8 menampilkan hasil ekstraksi setiap warna dari gambar warna sebenarnya. Berdasar gambar ini, tampak sekali hasil perbedaan ekstraksi warna tersebut.



Gambar 8. Hasil ekstraksi warna merah (a), hijau (b), dan biru (c)

| File | Edit | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 117 | 118 | 162 | 151 | 96 | 93 | 105 | 107 | 108 | 97 | 134 | 139 | 120 | 119 | 115 | 135 |
| 150 | 151 | 176 | 158 | 101 | 95 | 111 | 131 | 116 | 105 | 143 | 134 | 104 | 120 | 123 | 125 |
| 184 | 164 | 156 | 148 | 114 | 104 | 119 | 156 | 156 | 164 | 177 | 159 | 119 | 110 | 103 | 118 |
| 187 | 159 | 132 | 135 | 124 | 125 | 150 | 171 | 191 | 201 | 176 | 173 | 166 | 139 | 107 | 129 |
| 190 | 193 | 169 | 157 | 148 | 143 | 159 | 160 | 178 | 178 | 132 | 138 | 187 | 174 | 143 | 126 |
| 160 | 167 | 181 | 190 | 150 | 122 | 133 | 158 | 149 | 129 | 98 | 114 | 170 | 184 | 153 | 106 |
| 134 | 134 | 153 | 168 | 133 | 120 | 141 | 134 | 122 | 110 | 104 | 112 | 151 | 180 | 160 | 100 |
| 157 | 154 | 150 | 145 | 128 | 131 | 139 | 135 | 125 | 122 | 126 | 124 | 141 | 170 | 173 | 123 |
| 125 | 142 | 148 | 136 | 137 | 145 | 144 | 137 | 124 | 127 | 131 | 134 | 136 | 146 | 162 | 175 |
| 106 | 135 | 154 | 139 | 128 | 134 | 143 | 130 | 127 | 138 | 146 | 147 | 140 | 136 | 152 | 191 |
| 130 | 144 | 152 | 148 | 129 | 126 | 140 | 147 | 146 | 150 | 156 | 148 | 142 | 158 | 168 | 159 |
| 183 | 155 | 132 | 150 | 149 | 145 | 150 | 151 | 149 | 145 | 154 | 139 | 136 | 168 | 161 | 152 |

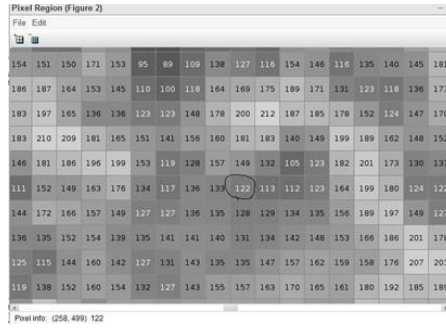
Pixel info: (258, 499) 122

(a)

| File | Edit | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 140 | 137 | 160 | 142 | 85 | 79 | 99 | 123 | 112 | 101 | 139 | 132 | 102 | 119 | 125 | 128 |
| 176 | 152 | 143 | 135 | 101 | 91 | 109 | 150 | 152 | 160 | 175 | 157 | 117 | 109 | 105 | 121 |
| 183 | 153 | 125 | 125 | 114 | 113 | 138 | 163 | 184 | 197 | 172 | 171 | 164 | 138 | 109 | 132 |
| 196 | 197 | 169 | 154 | 140 | 131 | 146 | 148 | 167 | 170 | 126 | 134 | 185 | 173 | 144 | 132 |
| 168 | 175 | 185 | 188 | 142 | 109 | 117 | 144 | 137 | 118 | 90 | 107 | 168 | 183 | 156 | 111 |
| 140 | 138 | 153 | 165 | 123 | 107 | 125 | 120 | 110 | 99 | 98 | 108 | 150 | 181 | 163 | 105 |
| 181 | 157 | 149 | 139 | 118 | 118 | 126 | 123 | 114 | 114 | 120 | 120 | 140 | 171 | 178 | 130 |
| 125 | 142 | 145 | 128 | 125 | 132 | 131 | 126 | 116 | 119 | 127 | 131 | 138 | 149 | 167 | 182 |
| 104 | 139 | 151 | 131 | 118 | 121 | 131 | 122 | 121 | 131 | 142 | 146 | 141 | 139 | 157 | 188 |
| 127 | 141 | 149 | 142 | 121 | 116 | 129 | 141 | 142 | 146 | 153 | 147 | 143 | 161 | 173 | 166 |

Pixel info: (258, 499) 110

(b)



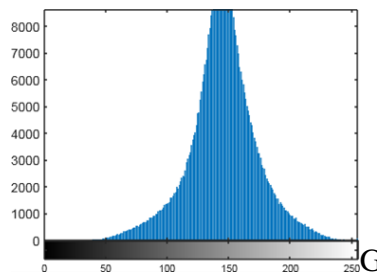
(c)

Gambar 9. (a) Hasil pixel dari ekstraksi citra warna merah, (b) Hasil pixel dari ekstraksi citra warna hijau, (c) Hasil pixel dari ekstraksi citra warna biru

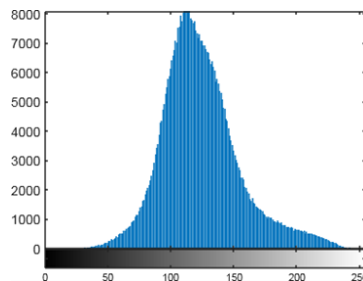
Pada gambar 9 menunjukkan nilai pixel dari $f(258,499) = (122,0,0)$. Jadi nilai pixel dari titik 258,499 yaitu 122 untuk warna merah, 0 untuk warna hijau, dan 0 untuk warna biru. Pada gambar 4.5 menunjukkan nilai pixel dari $f(258,499) = (0,110,0)$. Jadi, pada titik 258.499, nilai pikselnya ialah 0, 110 untuk hijau, dan 0 untuk biru. Pada gambar 4.6 menunjukkan nilai pixel dari $f(258,499) = (0,0,122)$. Jadi nilai pixel dari titik 258,499 yaitu 0 untuk warna merah, 0 untuk warna hijau, dan 122 untuk warna biru.

Histogram

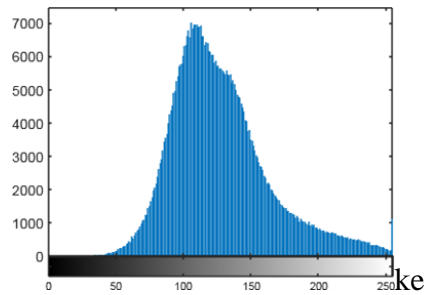
Setelah didapatkan ekstraksi warna tiap masing-masing warna R , G , dan B , proses selanjutnya yaitu proses histogram. Menemukan semua piksel dalam suatu gambar dengan nilai intensitas yang sama adalah tujuan dari histogram ini [19]. Hasil dari masing-masing ekstraksi warna memiliki pola histogram yang berbeda.



(a)



(b)



(c)

Gambar 10. (a) Histogram ekstraksi warna merah, (b) Histogram ekstraksi warna hijau, (c) Histogram ekstraksi warna biru.

Pada gambar 10 (b) dan (c), memiliki kesaamaan yaitu histogram cenderung mengumpul di suatu tempat, maka citra tersebut low contrast. Namun terdapat perbedaan pada gambar 10 (c), nilai intensitas yang didapat mencapai 255 dibandingkan dengan gambar 10 (a) dan (b).

Ketika nilai intensitas pada gambar 10 (c) mencapai 255, terdapat beberapa dampak signifikan dibandingkan dengan gambar 10 (a) dan (b). Meskipun gambar 10 (c) secara keseluruhan memiliki kontras rendah karena histogramnya cenderung mengumpul di suatu tempat, kehadiran nilai intensitas maksimum ini menyoroti adanya area tertentu yang sangat terang atau mencolok. Hal ini dapat menarik perhatian pengamat ke area tersebut dan meningkatkan kontras lokal, memberikan sedikit lebih banyak kedalaman dan detail di area tersebut dibandingkan dengan gambar 10 (a) dan (b) yang mungkin tidak memiliki intensitas setinggi itu.

Namun, dampak ini juga bisa menyebabkan ketidakseimbangan warna, terutama jika intensitas 255 muncul pada salah satu saluran warna (merah, hijau, atau biru). Misalnya, jika warna biru mencapai intensitas maksimum, area tersebut akan tampak sangat biru dan bisa mengubah persepsi keseluruhan gambar. Selain itu, adanya piksel dengan intensitas maksimum dapat mempengaruhi kualitas visual gambar. Meskipun ini bisa menambah detail pada area tertentu, terlalu banyak piksel yang mencapai intensitas maksimum dapat menyebabkan kehilangan detail karena semua piksel tersebut akan tampak sama terang, fenomena yang dikenal sebagai "clipping". Dalam konteks analisis citra, intensitas maksimum ini juga bisa mengindikasikan saturasi atau batas maksimal yang dicapai oleh sensor, yang dapat mempengaruhi analisis lebih lanjut seperti deteksi tepi, segmentasi, atau pengenalan pola karena beberapa informasi mungkin hilang atau tidak akurat di area yang tersaturasi. Secara keseluruhan, perubahan nilai intensitas yang mencapai 255 pada gambar 10 (c) membawa dampak berupa peningkatan kontras lokal, perubahan persepsi visual, dan potensi kehilangan detail di area yang tersaturasi.

IV. SIMPULAN

Temuan dari studi yang dilakukan mengarah pada kesimpulan bahwa 100 citra yang didapatkan low contrast dikarenakan histogram cenderung mengumpul di tengah. Dan pada persebaran nilai histogram ekstraksi warna biru, nilai intensitas yang didapat mencapai 255 dibandingkan dengan persebaran nilai histogram ekstraksi warna merah dan hijau. Low contrast terjadi karena rentang intensitas warna dalam gambar-gambar tersebut relatif sempit, artinya perbedaan antara nilai intensitas piksel yang terendah dan tertinggi tidak signifikan. Histogram yang cenderung mengumpul di tengah menunjukkan bahwa sebagian besar piksel dalam gambar memiliki nilai intensitas yang berada di sekitar nilai rata-rata. Akibatnya, gambar-gambar tersebut kurang memiliki perbedaan antara area yang terang dan area yang gelap, sehingga kontrasnya menjadi rendah.

Saran dalam studi yakni antara lain meneliti cara meningkatkan kualitas gambar dengan mendistribusikan tingkat intensitas piksel secara lebih seragam menggunakan teknik pemerataan histogram agar tidak berkumpul di tengah dan dilakukan proses pre-processing seperti dirubah terlebih

dahulu ke citra grayscale kemudian dilakukan re-size agar ukuran citra yang dihasilkan tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Firmanto, E. Rikasanti, "Optimasi Hasil Akuisisi Obyek Wajah Menggunakan," *Semnas SENASTEK*, 2019.
- [2] A. I. Khan and S. Al-Habsi, "Machine Learning in Computer Vision," in *Procedia Computer Science*, 2020. doi: 10.1016/j.procs.2020.03.355.
- [3] G. G. Maulana, N. Wisma Nugraha, and S. A. Garini, "Supervisory System Based on Image Processing Using Library Open Computer Vision In Tool Management System," in *ISMEE 2021 - 2021 3rd International Symposium on Material and Electrical Engineering Conference: Enhancing Research Quality in the Field of Materials and Electrical Engineering for a Better Life*, 2021. doi: 10.1109/ISMEE54273.2021.9774199.
- [4] A. F. A. Fernandes, J. R. R. Dórea, and G. J. de M. Rosa, "Image Analysis and Computer Vision Applications in Animal Sciences: An Overview," *Frontiers in Veterinary Science*. 2020. doi: 10.3389/fvets.2020.551269.
- [5] M. R. Rasyid, Z. Tahir, and Syafaruddin, "Pengolahan Citra Digital untuk Mendeteksi Kesalahan Kerja Mesin Industri dengan Metode Learning Vector Quantization," *J. Pekommas*, 2019.
- [6] M. H. Guo *et al.*, "Attention mechanisms in computer vision: A survey," *Computational Visual Media*. 2022. doi: 10.1007/s41095-022-0271-y.
- [7] H. Rashid, N. Zafar, M. J. Iqbal, H. Dawood, and H. Dawood, "Single Image Dehazing using CNN," in *Procedia Computer Science*, 2019. doi: 10.1016/j.procs.2019.01.201.
- [8] J. Dapello, T. Marques, M. Schrimpf, F. Geiger, D. D. Cox, and J. J. DiCarlo, "Simulating a primary visual cortex at the front of CNNs improves robustness to image perturbations," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2020.
- [9] G. W. Lindsay, "Convolutional neural networks as a model of the visual system: Past, present, and future," *J. Cogn. Neurosci.*, 2021, doi: 10.1162/jocn_a_01544.
- [10] S. Jaiswal, L. Asper, J. Long, A. Lee, K. Harrison, and B. Golebiowski, "Ocular and visual discomfort associated with smartphones, tablets and computers: what we do and do not know," *Clinical and Experimental Optometry*. 2019. doi: 10.1111/cxo.12851.
- [11] R. Millón, E. Frati, and E. Rucci, "A Comparative Study between HLS and HDL on SoC for Image Processing Applications," *Elektron*, 2020, doi: 10.37537/rev.elektron.4.2.117.2020.
- [12] C. Li, Y. Bi, F. Marzani, and F. Yang, "Fast FPGA prototyping for real-time image processing with very high-level synthesis," *J. Real-Time Image Process.*, 2019, doi: 10.1007/s11554-017-0688-1.
- [13] M. Orisa and T. Hidayat, "ANALISIS TEKNIK SEGMENTASI PADA PENGOLAHAN CITRA," *J. Mnemon.*, 2019, doi: 10.36040/mnemonic.v2i2.84.
- [14] A. F. Hastawan, R. Septiana, and Y. E. Windarto, "Perbaikan Hasil Segmentasi HSV Pada Citra Digital Menggunakan Metode Segmentasi RGB Grayscale," *Edu Komputika J.*, 2019, doi: 10.15294/edukomputika.v6i1.23025.
- [15] X. Chen, Q. An, K. Yu, and Y. Ban, "A Novel Fire Identification Algorithm Based on Improved Color Segmentation and Enhanced Feature Data," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, 2021, doi: 10.1109/TIM.2021.3075380.
- [16] F. Shi *et al.*, "Review of Artificial Intelligence Techniques in Imaging Data Acquisition, Segmentation, and Diagnosis for COVID-19," *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*. 2021. doi: 10.1109/RBME.2020.2987975.
- [17] Y. Zhang, Z. Han, and Y. Tang, "Color image denoising based on low-rank tensor train," *Tenth*

- Int. Conf. Graph. Image Process. (ICGIP 2018)*, vol. 11069 SPIE, 2019.
- [18] D. Abdalla, H. Ramdan, and R. Dungani, "Spectral Colour Characteristic's (Red, Green, Blue) of Sick Acacia Mangium Stand," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/528/1/012049.
- [19] B. Ramzan, M. S. Malik, M. Martarelli, H. T. Ali, M. Yusuf, and S. M. Ahmad, "Pixel frequency based railroad surface flaw detection using active infrared thermography for Structural Health Monitoring," *Case Stud. Therm. Eng.*, 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.101234.
- [20] I. M. S. preddy Marpaung, "Analisis Dan Perbandingan Metode Sobel Dan Canny Pada Deteksi Tepi Citra Daun Sirih Merah," *JIKOMSI [Jurnal Ilmu Komput. dan Sist. Informasi]*, 2021.