

Implementasi Penggunaan *Histogram Equalization* Pada Citra Wajah

^{1*}Shalaisha Amelia Putri Gemini, ²Resty Wulanningrum, ³Siti Rochana

¹²³ Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹shalaishaamelia@gmail.com, ²restyw@unpkdr.ac.id, ³sitirochana@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Shalaisha Amelia Putri Gemini

Abstrak— Penelitian ini berfokus pada implementasi *Histogram Equalization* (HE) dalam pengenalan wajah, yang bertujuan untuk meningkatkan kontras citra wajah guna memperbaiki akurasi identifikasi. Tantangan yang dihadapi adalah pencahayaan tidak merata dan *noise* akibat *overenhancement*. Solusi yang diusulkan adalah penerapan *Histogram Equalization*, yang meliputi perhitungan *histogram* dan pemetaan nilai intensitas untuk menghasilkan citra yang lebih jelas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Histogram Equalization* berhasil meningkatkan kualitas citra, dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) berkisar antara 9.40 hingga 10.48 dan PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*) berkisar antara 27.27 hingga 28.67. hubungan anatar RMSE dan PSNR menunjukkan bahwa semakin rendah nilai RMSE, semakin tinggi nilai PSNR, yang menandakan bahwa citra wajah hasil olahan lebih mendekati citra asli dan kualitasnya tetap baik.

Kata Kunci— Pengenalan Wajah, HE, Kontras Citra, RMSE, PSNR

Abstract— The research focuses on the implementation of *Histogram Equalization* (HE) in face recognition, which aims to enhance the contrast of facial images to improve identification accuracy. The challenges faced are uneven lighting and noise due to *overenhancement*. The proposed solution is the application of *Histogram Equalization*, which includes histogram calculation and intensity value mapping to produce a clearer images. The results of this study indicate that *Histogram Equalization* successfully improves image quality, with RMSE (*Root Mean Square Error*) values ranging from 9.40 to 10.48 and PSNR(*Peak Signal-to-Noise Ratio*) ranging from 27.27 to 28.67. The relationship between RMSE and PSNR shows that the lower the RMSE value, the higher the PSNR value, which indicates that the processed facial image is closer to the original image and the quality remains good.

Keywords— Face Recognition, HE, Image Contrast, RMSE, PSNR

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Face Recognition (Pengenalan Wajah) proses identifikasi atau verifikasi identitas seseorang berdasarkan fitur wajahnya. Ini melibatkan analisis gambar wajah dan pencocokan dengan *data* wajah yang sudah ada. Setiap wajah memiliki ciri khas berbeda – beda, seperti bentuk wajah yang bulat, oval, *diamond*, atau persegi, sehingga membuat setiap orang terlihat unik. *Histogram Equalization* metode yang digunakan untuk meningkatkan kontras citra dengan meratakan distribusi intensitas pixel. Metode ini dilakukan untuk memperbaiki visibilitas detail dalam citra, terutama pada area yang gelap atau terang di seluruh rentang dinamis yang tersedia[1][2].

Histogram Equalization metode yang sering digunakan dalam sistem pengenalan wajah untuk meningkatkan kualitas citra wajah sebelum proses pengenalan. Metode ini berfungsi untuk meningkatkan kontras, fitur – fitur penting (seperti mata, hidung, dan mulut) menjadi lebih jelas meningkatkan akurasi pengenalan[1][3]. Pada proses *Histogram Equalization* dimulai dengan menghitung histogram dari citra *input* (citra asli). Kemudian, menggunakan fungsi distribusi kumulatif (CDF) untuk memetakan nilai intensitas pixel ke rentang baru, sehingga distribusi intensitas menjadi lebih merata. Pixel yang sebelumnya memiliki intensitas rendah akan mendapatkan nilai yang lebih tinggi dan sebaliknya[2][4]. Namun, ada beberapa kendala yang harus diperhatikan. Misalnya, *overenhancement* yang dapat menyebabkan peningkatan kontras berlebihan pada area yang homogen, sehingga menghasilkan *noise* lebih terlihat[5][6]. Selain itu, untuk citra dengan pencahayaan yang tidak merata dan memakan waktu pemrosesan yang lama, terutama untuk gambar yang memiliki ukuran besar[5][7]. Salah satu masalah yang mungkin muncul adalah saturasi artefak, di mana pergeseran level abu-abu ke rentang penuh yang dapat merusak informasi citra, seperti garis atau pola yang tidak diinginkan terutama pada citra dengan *noise*. Karena metode ini bersifat global, sering kali tidak dapat mengatasi variasi pencahayaan yang tidak merata dengan baik[5]. Dalam beberapa kasus, *Histogram Equalization* dapat kehilangan detail penting dalam jika citra awal sudah memiliki kontras yang baik[7]. *Histogram Equalization* yang naif sering menghasilkan histogram yang tidak sepenuhnya seragam, yang dikenal sebagai *sparsity*, sehingga beberapa nilai intensitas mungkin tidak digunakan secara optimal[8][9].

Pada penelitian ini menggunakan penerapan *Histogram Equalization* dalam pengenalan wajah untuk meningkatkan kualitas citra. Evaluasi menggunakan RMSE dan PSNR untuk mengukur efektivitas *Histogram Equalization* dalam meningkatkan kualitas citra wajah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknik pengenalan wajah yang lebih akurat dan efektif, terutama dalam mengatasi kendala pencahayaan yang tidak merata dan mengurangi efek *noise* yang dihasilkan[7].

II. METODE

Berikut merupakan rancangan model dimana sistem dimulai ketika input gambar atau upload gambar sistem akan memproses perhitungan histogram dilanjutkan dengan perhitungan kumulatif CDF(*Cumulative Distribution Function*) untuk menunjukkan probabilitas bahwa variabel acak akan kurang dari atau sama dengan nilai tertentu[10], pemetaan nilai intensitas dan proses output gambar yang dikontraskan, sebagai berikut.

1. Input Gambar

Proses yang pertama adalah input gambar. Pada proses ini, pengguna sistem diharuskan untuk menginputkan atau mengunggah gambar wajah untuk melakukan klasifikasi. Format gambar yang diunggah dapat berupa jpg maupun png.

2. Preprocessing Gambar

Metode preprocessing gambar berfungsi untuk menyerasikan dataset sebelum memasuki proses pelatihan model.

3. *Histogram Equalization* (HE)

Proses dari algoritma ini menghitung histogram gambar, menghitung kumulatif, normalisasi CDF(*Cumulative Distribution Function*), pemetaan nilai intensitas untuk meningkatkan

kualitas gambar, memperbaiki visualisasi gambar, memaksimalkan informasi, meningkatkan kinerja analisis komputer, terutama dalam hal kontras dan menampilkan hasil *Histogram*.

4. Evaluasi

Pada penelitian ini menggunakan perhitungan RMSE dan PSNR untuk mengerjakan proses ekualisasi histogram.

- a) *RMSE* (Root Mean Square Error) ukuran kesalahan antara dua citra (citra asli dan citra hasil rekontruksi atau kompresi)[11]. Memiliki fungsi untuk mengukur seberapa besar rata-rata kesalahan pixel antara dua citra. Rumus sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [I(i,j) - K(i,j)]^2}$$

Di mana I adalah citra asli, K adalah citra hasil, dan MN adalah ukuran citra. Semakin kecil nilai RMSE akan semakin mirip dua citra tersebut.

- b) *PSNR* (Peak Signal-to-Noise Ratio) ukuran rasio antar nilai maksimum pixel terhadap gangguan (noise) yang mempengaruhi kualitas citra[11]. Memiliki fungsi untuk mengevaluasi kualitas citra hasil kompresi atau rekonstruksi dibandingkan citra aslinya. Rumus sebagai berikut:

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX^2}{MSE} \right)$$

Di mana MAX nilai maksimum pixel (255 untuk citra 8-bit), MSE Mean Squared Error antara dua citra. Semakin tinggi PSNR kualitas citra hasil semakin baik.

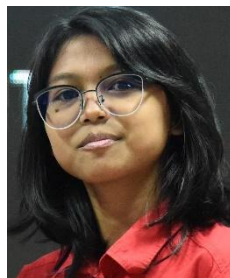
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Input Gambar

Gambar wajah diinputkan ke sistem melalui antar muka pengguna. Visualisasi dataset dipaparkan sebagai berikut.



Gambar 1 Asahi



Gambar 2 Amel



Gambar 3 Jerry

Gambar 1 merupakan citra wajah yang memiliki ciri pencahayaan yang sedikit lebih terang dan memiliki ciri bentuk wajah persegi.

Gambar 2 merupakan citra wajah yang memiliki ciri pencahayaan yang sedikit lebih redup dan memiliki ciri bentuk wajah bulat.

Gambar 3 merupakan citra wajah yang memiliki ciri pencahayaan yang pas dan memiliki ciri bentuk wajah oval.



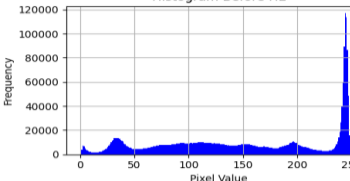
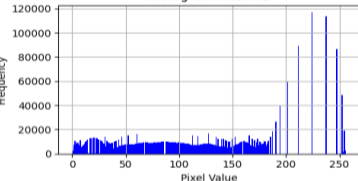


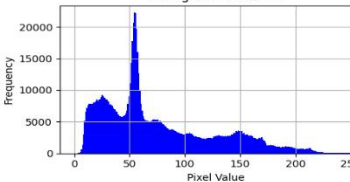
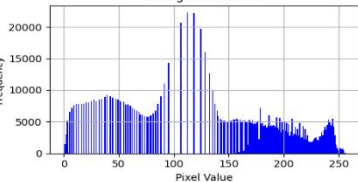
2. Praprocessing Gambar

Semua gambar yang masuk melalui *input* akan diproses dengan beberapa tahapan. Diantaranya yaitu sebagai berikut.

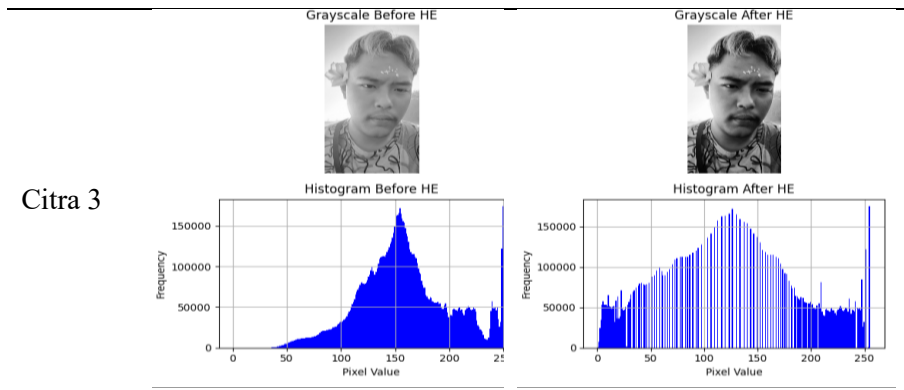
- a. Gambar wajah akan melalui *Histogram Equalization* adanya *grayscale*, memaksimalkan informasi gambar, memperbaiki kualitas gambar, dan menampilkan hasil *Histogram*.
- b. Gambar wajah yang sudah melalui *Histogram Equalization* akan melalui *Principal Component Analysis*. Mereduksi dimensi dari hasil *Histogram* dan menghasilkan nilai *PCs*.
- c. Setelah melalui processing dari *Histogram Equalization* dan *Principal Component Analysis* gambar wajah yang memiliki nilai *PCs* akan dilakukan pencocokan gambar wajah.

3. Histogram Equalization (HE)

Tabel 1 Hasil Histogram

NAMA		Hasil Histogram Equalization	
		<i>Citra Asli</i>	<i>Citra HE</i>
Citra 1		Grayscale Before HE	Grayscale After HE
			
		Histogram Before HE	Histogram After HE
			
Citra 2		Grayscale Before HE	Grayscale After HE
			
		Histogram Before HE	Histogram After HE
			

Citra 3









Pada tabel 1 *Hasil Histogram*

- Citra 1 pada citra asli terlihat distribusi intensitas pixel yang tidak merata, banyak pixel terkonsentrasi di nilai intensitas tinggi pada (nilai 240-255). Ini menunjukkan banyak pixel berada pada area terang. Sedangkan pada citra *Histogram Equalization* intensitas pixel lebih merata di seluruh rentang (0-255). Ini menunjukkan bahwa citra sesudah pemrosesan memiliki kontras yang lebih baik, sehingga detail yang sebelumnya tidak tampak menjadi lebih jelas.
- Citra 2 pada citra asli terlihat distribusi intensitas pixel yang tidak merata, banyak pixel terkonsentrasi di nilai intensitas tinggi pada (nilai 0-100). Ini menunjukkan bahwa gambar awal kemungkinan terlalu gelap, dan banyak detail gambar mungkin tersembunyi dalam bayangan, memiliki kontras yang rendah. Sedangkan citra *Histogram Equalization* intensitas pixel lebih merata di seluruh rentang (0-255). Ini menunjukkan bahwa kontras telah ditingkatkan secara signifikan, dan detail yang sebelumnya tersembunyi kini menjadi lebih terlihat dan peningkatan kontras masih bisa tergantung pada distribusi awal.
- Citra 3 pada citra asli terlihat distribusi intensitas pixel yang tidak merata, sangat sedikit pixel dengan nilai intensitas di area gelap (0-50) atau sangat terang (di bawah 100). Ini mengindikasikan bahwa gambar awal memiliki kontras menengah namun dengan penumpukan intensitas di area tertentu, membuat bagian gambar bisa tampak kusam atau tidak tajam. Sedangkan citra *Histogram Equalization* intensitas pixel lebih merata di seluruh rentang (0-255). Ini menunjukkan bahwa kontras gambar telah ditingkatkan secara keseluruhan, memberikan tampilan yang lebih tajam dan detail pada berbagai tingkat kecerahan.

4. Evaluasi

Tabel 2 Hasil Evaluasi

NAMA	Hasil Evaluasi		
	<i>Citra Asli</i>	<i>Citra HE</i>	<i>Hasil</i>
Citra 1			RMSE 10.07
			PSNR 28.07
Citra 2			RMSE 10.48
			PSNR 27.72
Citra 3			RSME 9.40
			PSNR 28.67

Pada tabel 2 Hasil Evaluasi terdapat 3 citra memiliki hasil yang berbeda. Pada evaluasi ini menggunakan RMSE dan PSNR untuk menunjukkan hasilnya.

- a) Citra 1 pada sebelah kiri gambar asli atau referensi (original image), sedangkan di sebelah kanan gambar hasil pemrosesan atau rekontruksi. Memiliki hasil RMSE dengan nilai 10.07 dan PSNR dengan nilai 28.07 kualitas gambar hasil masih cukup baik meskipun tidak identik dengan gambar aslinya. Ada sedikit perbedaan yang dapat terlihat secara visual maupun terukur melalui matrix.
- b) Citra 2 pada sebelah kiri gambar asli (referensi) tampak tajam dengan pencahayaan dan warna natural, sedangkan di sebelah kanan gambar hasil pemrosesan terlihat sedikit cerah atau halus dibandingkan dengan gambar asli, mengalami sedikit perubahan warna atau kontras. Memiliki hasil RMSE dengan nilai 10.48 dan PSNR dengan nilai 27.27 kualitas gambar hasil masih baik. Tetapi sedikit lebih berbeda dibanding citra 1.

- c) Citra 3 pada sebelah kiri gambar asli atau referensi (original image), sedangkan di sebelah kanan gambar hasil pemrosesan atau rekonstruksi. Memiliki hasil RMSE dengan nilai 9.40 dan PSNR dengan nilai 28.67 kualitas gambar hasil terbaik di antara ketiganya. *Histogram Equalization* memperjelas gambar tanpa merusak kualitas.
- d) Kesimpulan evaluasi bahwa proses *Histogram Equalization* berhasil meningkatkan kualitas visual gambar dengan memperbaiki kontras tanpa menyebabkan perubahan signifikan pada struktur citra. Hal ini ditunjukkan oleh nilai RMSE yang rendah (berkisar antara 9.40 hingga 10.48) dan PSNR yang cukup tinggi (diatas 27 dB), yang menandakan bahwa perbedaan antara gambar asli dan hasil *Histogram Equalization* sangat kecil serta kualitas hasil tetap baik. Oleh karena itu, *Histogram Equalization* efektif diterapkan untuk meningkatkan kualitas gambar digital.

Pada studi yang dilakukan oleh [11], pengujian dilakukan 10 data citra dari handphone lama dengan menggunakan metode *Histogram Equalization*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai RMSE untuk semua citra berada di atas 10, dengan rata – rata RMSE mencapai 27,95. Hal ini mengindikasikan bahwa citra yang diperbaiki mengalami perbedaan signifikan dibandingkan dengan citra asli. Selain itu, pada PSNR memiliki nilai dengan rata – rata 19,96 dB, yang berada di bawah standar PSNR 30 dB. Ini menandakan bahwa masih terdapat *noise* yang cukup besar dalam citra yang telah diperbaiki. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode *Histogram Equalization* tidak efektif untuk meningkatkan kualitas citra dari handphone lama.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menunjukkan efektivitas penggunaan *Histogram Equalization*(HE) dalam meningkatkan kualitas citra wajah untuk sistem pengenalan wajah. Dengan menerapkan *Histogram Equalization*, kontras citra dapat ditingkatkan, sehingga detail wajah yang penting menjadi lebih terlihat, yang pada gilirannya meningkatkan akurasi identifikasi. Hasil evaluasi menggunakan *Root Mean Square Error*(RMSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio*(PSNR) menunjukkan bahwa citra yang telah diproses dengan *Histogram Equalization* memiliki nilai RMSE yang lebih rendah dan PSNR yang lebih tinggi, menandakan bahwa citra hasil olahan lebih mendekati citra asli. Meskipun terdapat tantangan seperti *overenhancement* dan *noise*, penerapan *Histogram Equalization* tetap memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknik pengenalan wajah, terutama dalam mengatasi kendala pencahayaan yang tidak merata dan mengurangi efek *noise* yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang pengenalan wajah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. Pizer *et al.*, “ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION AND ITS VARIATIONS,” *Comput Vis Graph Image Process*, vol. 39, no. 3, 1987, doi: 10.1016/S0734-189X(87)80186-X.
- [2] K. G. Dhal, A. Das, S. Ray, J. Gálvez, and S. Das, “Histogram Equalization Variants as Optimization Problems: A Review,” *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 28, no. 3, 2021, doi: 10.1007/s11831-020-09425-1.
- [3] N. Ahmad and A. Hadinegoro, “Metode histogram equalization untuk perbaikan citra digital,” *Semantik 2012*, pp. 437–443, 2012.
- [4] H. Yeganeh, A. Ziaei, and A. Rezaie, “A novel approach for contrast enhancement based on histogram equalization,” in *Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering 2008, ICCCE08: Global Links for Human Development*, 2008. doi: 10.1109/ICCCE.2008.4580607.
- [5] W. A. Mustafa and M. M. M. Abdul Kader, “A Review of Histogram Equalization Techniques in Image Enhancement Application,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2018. doi: 10.1088/1742-6596/1019/1/012026.
- [6] J. A. Stark, “Adaptive image contrast enhancement using generalizations of histogram equalization,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 9, no. 5, 2000, doi: 10.1109/83.841534.
- [7] M. Hassan, M. Suhail Shaikh, and M. A. Jatoi, “Image quality measurement-based comparative analysis of illumination compensation methods for face image normalization,” *Multimed Syst*, vol. 28, no. 2, pp. 511–520, 2022, doi: 10.1007/s00530-021-00853-y.
- [8] P. Musa, F. Al Rafi, and M. Lamsani, “A review: Contrast-limited adaptive histogram equalization (CLAHE) methods to help the application of face recognition,” in *Proceedings of the 3rd International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2018*, 2018. doi: 10.1109/IAC.2018.8780492.
- [9] R. M. Dyke and K. Hormann, “Histogram equalization using a selective filter,” *Visual Computer*, vol. 39, no. 12, 2023, doi: 10.1007/s00371-022-02723-8.
- [10] R. Dorothy, R. M. Joany, R. J. Rathish, S. Santhana Prabha, and S. Rajendran, “Image enhancement by Histogram equalization,” *Int. J. Nano. Corr. Sci. Engg*, vol. 2, no. 4, 2015.
- [11] T. Kristantio, D. P. Pamungkas, and R. Wulanningrum, “Analisa Hasil Perbaikan Citra Menggunakan Histogram Equalization,” in *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 2023, pp. 505–511.