

Implementasi Metode Deteksi Tepi Untuk Segmentasi Citra Wajah Secara *Real Time*

Implementation of Edge Detection Method for Real Time Facial Image Segmentation

Muhammad Zulfikri¹, Moch. Syahrir², Wirajaya Kusuma³, Syarifah⁴

^{1,2,3}Universitas Bumigora, Mataram, Indonesia

⁴Universitas Amal Ilmiah Yapis Wamena, Indonesia

Article Info

Article history:

Diterima 30 Januari 2025

Direvisi 31 Januari 2025

Disetujui 31 Januari 2025

Kata Kunci:

Deteksi Tepi
Pengenalan Wajah
Pengolahan Citra
Segmentasi

ABSTRAK

Pengenalan wajah merupakan teknologi pengolahan citra yang memungkinkan identifikasi seseorang hanya dengan menghadap kamera. Pada penelitian sebelumnya, segmentasi citra masih dilakukan secara manual, dan metode yang digunakan belum menghasilkan segmentasi optimal. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan segmentasi citra secara real-time dengan mengombinasikan metode deteksi tepi dan morfologi untuk meningkatkan akurasi. Metode deteksi tepi digunakan untuk mempertajam garis tepi wajah, sedangkan morfologi dilasi dan erosi digunakan untuk memperjelasnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi metode ini dapat mengenali garis tepi wajah dengan lebih baik. Segmentasi dilakukan dalam dua kondisi pencahayaan, yaitu terang dan redup. Akurasi yang diperoleh pada kondisi terang sebesar 76,19%, sementara pada kondisi redup sebesar 52,38%. Hasil ini menunjukkan bahwa pencahayaan berpengaruh signifikan terhadap akurasi segmentasi citra wajah.

ABSTRACT

Face recognition is an image processing technology that enables the identification of individuals simply by facing a camera. In previous studies, image segmentation was performed manually, and the methods used did not produce optimal results. Therefore, this research develops real-time image segmentation by combining edge detection and morphological methods to improve accuracy. The edge detection method enhances facial contour sharpness, while morphological dilation and erosion further refine it. The results show that this combination effectively identifies facial contours. Segmentation was conducted under two lighting conditions: bright and dim. The accuracy achieved under bright lighting was 76.19%, whereas under dim lighting, it was 52.38%. These findings indicate that lighting conditions significantly impact the accuracy of facial image segmentation.



Copyright ©2025 JOMI: Journal of Millennial Informatics. This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Penulis Korespondensi:

Muhammad Zulfikri
Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik,
Universitas Bumigora, Mataram, Indonesia
Email: mzulfikri@universitasbumigora.ac.id

1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini semakin pesat dan memberikan kemudahan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam bidang pengolahan citra digital. Pengolahan citra memungkinkan pemrosesan gambar menjadi informasi yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pengenalan wajah, sidik jari, dan mata. Salah satu teknologi pengolahan citra yang banyak digunakan adalah pengenalan wajah, di mana seseorang dapat dikenali hanya dengan menghadap kamera karena datanya telah tersimpan dalam sistem. Namun, dalam proses pengenalan wajah, terdapat tahap penting yaitu segmentasi citra yang berfungsi untuk memisahkan objek wajah dari latar belakang. Sayangnya, masih terdapat beberapa kendala dalam segmentasi citra, seperti akurasi yang belum optimal dan proses akuisisi yang masih dilakukan secara manual.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji metode segmentasi citra untuk pengenalan wajah. Pada penelitian menggunakan segmentasi dilakukan secara manual dengan akurasi sebesar 63,15% dari 38 citra yang digunakan [1], [2], [3], [4]. Sementara itu, penelitian menggunakan 40 citra (20 citra *indoor* dan 20 citra *outdoor*), dengan hasil akurasi 99,64% untuk data *indoor* dan 99,29% untuk data *outdoor*. Selain itu, penelitian lain menerapkan metode *Fuzzy C-Means* dan *Otsu Threshold* dalam segmentasi citra bunga, dengan tingkat keberhasilan 61% untuk *Fuzzy C-Means* dan 70,8% untuk *Otsu Threshold* [5], [6], [7]. Dalam deteksi objek, metode yang sering digunakan yaitu *Haar Cascade Classifier*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Haar cascade* memperoleh hasil akurasi yaitu 85% [8], [9], [10], [11]. Pendekatan menggunakan pengolahan citra yaitu morfologi juga dilakukan, dengan percobaan yang dilakukan terhadap 38 gambar, sistem memperoleh akurasi sebesar 63,15% [12], [13], [14], [15]. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun telah terdapat berbagai pendekatan segmentasi citra, masih ada tantangan dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi proses.

Berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini berfokus pada pengembangan segmentasi citra wajah secara real-time menggunakan metode deteksi tepi yang dikombinasikan dengan morfologi dilasi dan erosi. Metode deteksi tepi digunakan untuk mempertajam garis tepi wajah, sementara morfologi dilasi dan erosi berfungsi untuk memperjelas kontur wajah. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil segmentasi dapat lebih optimal dibandingkan penelitian sebelumnya, terutama dalam meningkatkan akurasi dan kecepatan pemrosesan citra secara *real-time*.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu akuisisi citra secara real-time, penerapan metode deteksi tepi, proses morfologi citra, dan evaluasi hasil segmentasi berdasarkan kondisi pencahayaan yang berbeda. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengenalan wajah yang lebih akurat dan efisien.

2 METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

Ada beberapa *software* yang dibutuhkan dalam penelitian ini dan harus disiapkan. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini berupa python 3.7, dan beberapa Pustaka pendukung seperti Jupyter Notebook, dan Numpy. Tahap segmentasi citra merupakan tahapan awal yang harus dilakukan sebelum masuk ke tahapan ekstraksi ciri maupun tahap pengenalan. Terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui dalam melakukan segmentasi citra ini, berikut merupakan tahapan yang dilalui, dan dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian, yang terdiri dari pengumpulan data (pengambilan gambar), Pemrosesan data, pengujian sistem, dan hasil.

2.2. Analisis Data

Tahap pertama yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah menganalisa perangkat apa saja yang akan digunakan pada penelitian Segmentasi citra wajah, serta melakukan analisa permasalahan dan juga kebutuhan untuk melakukan segmentasi citra wajah. Pada tahap analisis terdapat tiga tahapan yaitu tahap pengumpulan data, analisis data dan analisis kebutuhan.

2.1.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu melakukan pengumpulan data wajah secara langsung menggunakan kamera webcam dan juga melakukan studi literatur.

a. Pengambilan Gambar

Pengambilan gambar merupakan tahapan untuk mengumpulkan data wajah yang dapat digunakan sebagai data uji coba pada saat melakukan segmentasi citra menggunakan data gambar wajah. Pengambilan gambar dilakukan menggunakan kamera webcam.

b. Studi Literatur

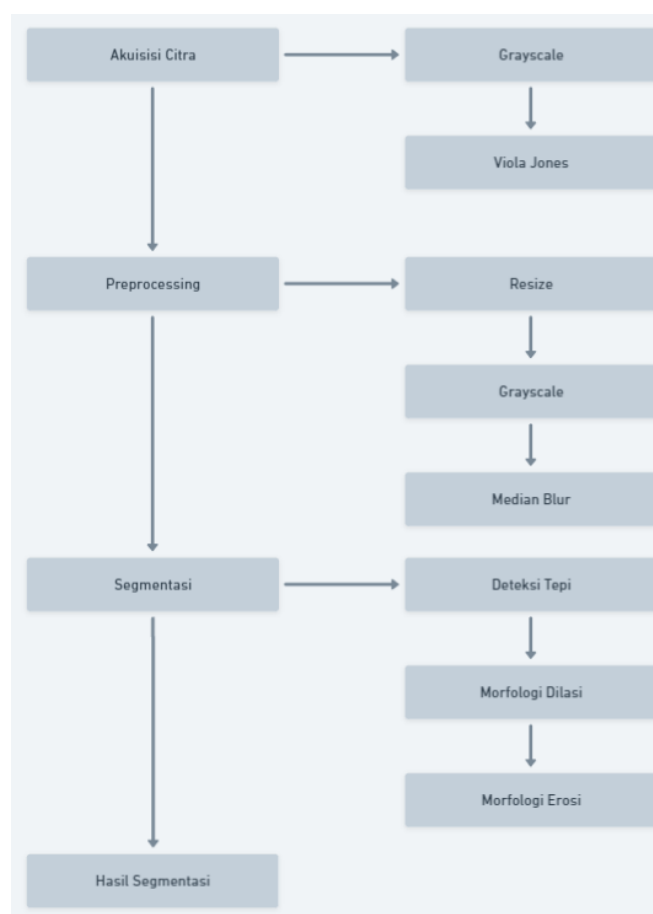
Studi literatur merupakan tahapan mencari referensi teori yang cocok ataupun relevan dengan kasus atau permasalahan yang ada. Pada penelitian ini, tahap yang digunakan yaitu dengan cara melakukan studi literatur pada buku-buku, jurnal maupun artikel, dan penelitian yang telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan segmentasi citra wajah.

2.1.2 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dibagi menjadi dua yaitu perangkat keras (*hardware*) dan juga perangkat lunak (*software*). Untuk perangkat keras yang digunakan berupa Laptop dan webcam. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah Jupyter Notebook dan Anaconda.

2.3. Pemrosesan Data

Pada tahapan proses data, ada beberapa proses yang dilakukan untuk melakukan segmentasi citra wajah, dan menampilkan hasil citra wajah yang sudah tersegmentasi sehingga menampilkan garis tepi pada bagian wajah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Proses Data

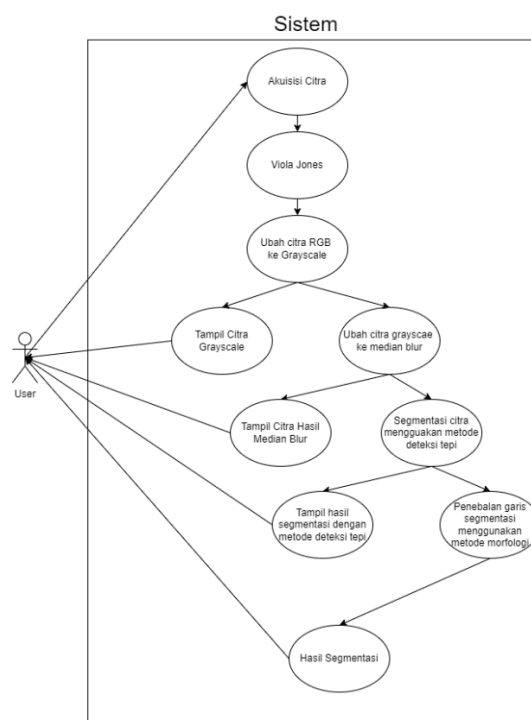
Untuk tahapan awal, sistem akan melakukan tahapan akuisisi citra, Proses akuisisi citra merupakan proses pengambilan citra digital dari suatu citra analog. Manfaat dilakukannya akuisisi citra adalah untuk mendapatkan suatu citra yang ingin digunakan dengan menggunakan webcam dimana tahapan akuisisi citra dengan mengubah citra RGB ke *grayscale* lalu hasil grayscale diolah menggunakan metode Viola Jones agar wajah dari objek dapat terdeteksi.

Setelah wajah dari objek yang akan digunakan terdeteksi, maka proses yang akan dilakukan selanjutnya yaitu proses pra pengolahan, dimana pada proses pra pengolahan citra wajah dari objek yang akan diambil akan melalui proses *resize*, *grayscale* dan juga *median blur*. Selanjutnya akan dilakukan proses tahapan segmentasi, proses tahapan segmentasi menggunakan metode deteksi tepi, metode morfologi dilasi, dan juga morfologi erosi.

2.4. Use Case Diagram

Pada Gambar 3 menunjukkan *use case* yang digunakan pada perancangan sistem ini, dimana pada *use case diagram* terdapat beberapa tahapan yang harus dilalui. Berdasarkan *use case diagram* yang telah dibuat bisa dijelaskan bahwa user dapat melakukan akuisisi citra wajah yang kemudian hasil dari akuisisi citranya akan dideteksi bagian wajahnya menggunakan metode Viola Jones. Setelah wajah berhasil dideteksi oleh sistem dan masih dalam kondisi warna RGB, maka wajah tersebut akan dikonversikan menjadi citra *grayscale*, dan user dapat melihat tampilan dari citra RGB yang sudah diubah ke dalam bentuk citra grayscale. Kemudian citra grayscale akan dihaluskan menggunakan median blur sehingga noise yang terdapat pada citra bisa lebih berkurang, userpun dapat melihat tampilan dari citra median blur.

Setelah melakukan tahapan grayscale dan median blur, maka citra sudah siap untuk disegmentasi. Segmentasi dilakukan dengan menggunakan metode deteksi tepi, user dapat melihat tampilan dari hasil segmentasi citra menggunakan metode deteksi tepi, karena hasil segmentasi menggunakan metode deteksi tepi memiliki hasil garis tepi yang masih dianggap tipis maka akan dilakukan penebalan garis tepinya menggunakan metode morfologi dilasi, dan hasil dari penebalan garis menggunakan metode morfologi dilasi terlalu tebal, maka akan dioptimalkan garisnya menggunakan metode morfologi erosi sehingga di dapatkannya hasil akhir dari segmentasi citra wajah, userpun dapat melihat hasil akhir dari segmentasi citra wajah tersebut.

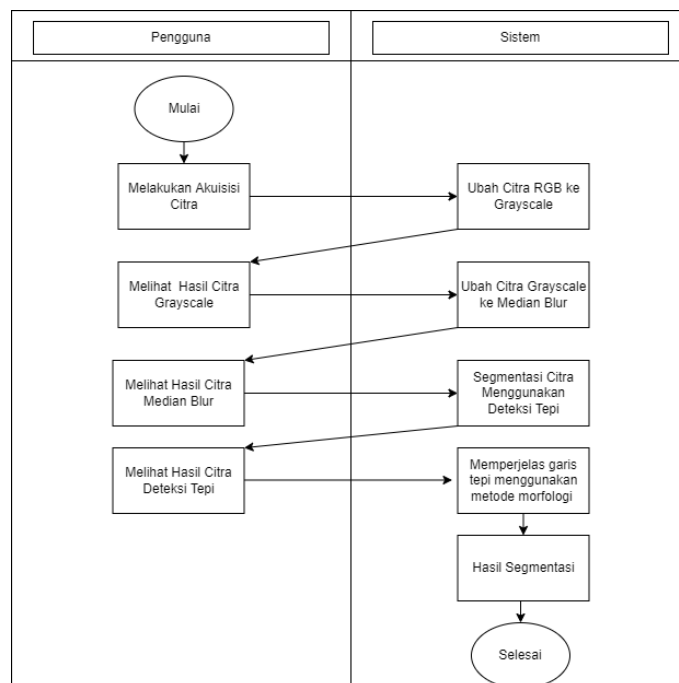


Gambar 3 Use Case Diagram

2.5. Activity Diagram

Pada Gambar 4 merupakan *activity diagram* yang digunakan pada pembuatan sistem ini, dimana pada *activity diagram* terdapat beberapa proses yang dilalui. Berdasarkan *activity diagram* yang telah dibuat dapat dijelaskan bahwa proses pertama yang akan dilalui adalah proses akuisisi citra, yang kemudian hasil dari akuisisi citranya akan dideteksi bagian wajahnya menggunakan metode Viola Jones. Setelah wajah berhasil dideteksi oleh sistem dan masih dalam kondisi warna RGB, maka wajah tersebut akan dikonversikan menjadi citra grayscale, dan user dapat melihat tampilan dari citra RGB yang sudah diubah ke dalam bentuk citra grayscale. Kemudian citra grayscale akan dihaluskan menggunakan median blur sehingga noise yang terdapat pada citra bisa lebih berkurang, userpun dapat melihat tampilan dari citra median blur.

Setelah melakukan tahapan grayscale dan median blur, maka citra sudah siap untuk disegmentasi. Segmentasi dilakukan dengan menggunakan metode deteksi tepi, user dapat melihat tampilan dari hasil segmentasi citra menggunakan metode deteksi tepi, karena hasil segmentasi menggunakan metode deteksi tepi memiliki hasil garis tepi yang masih dianggap tipis maka akan dilakukan penebalan garis tepinya menggunakan metode morfologi dilasi, dan hasil dari penebalan garis menggunakan metode morfologi dilasi terlalu tebal, maka akan dioptimalkan garisnya menggunakan metode morfologi erosi sehingga di dapatkannya hasil akhir dari segmentasi citra wajah, userpun dapat melihat hasil akhir dari segmentasi citra wajah tersebut.



Gambar 4. Activity Diagram

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Proses Install Perangkat Lunak

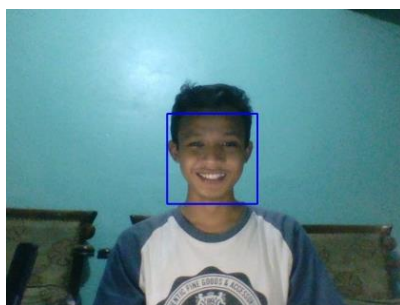
Untuk perangkat lunak yang digunakan yaitu berupa Anaconda dan Jupyter Notebook. Sebelum melakukan penginstallan, perlu didownload terlebih dahulu dari perangkat lunaknya melalui *website* resminya.

3.2. Analisa Sistem Berjalan

Dalam pemrosesan segmentasi citra pada wajah manusia dilakukan untuk memisahkan citra wajah dengan latar belakang yang dimiliki oleh objek wajah tersebut.

3.2.1. Akuisisi Citra

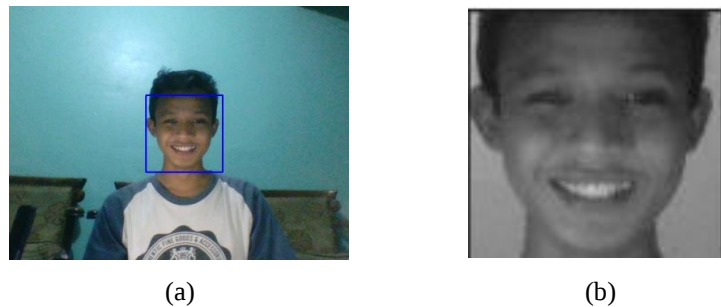
Untuk tahapan awal, sistem akan melakukan tahapan akuisisi citra, Proses akuisisi citra merupakan proses pengambilan citra digital dari suatu citra analog. Pada proses akuisisi citra terdapat metode viola jones yang digunakan untuk mendeteksi bagian wajah dari citra yang diakuisisi. Hasil dari akuisisi citra dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 1. Hasil Akuisisi

3.2.2. Preprocessing

Setelah wajah dari objek yang akan digunakan terdeteksi, maka proses yang akan dilakukan selanjutnya yaitu proses *preprocessing*, dimana pada proses pra pengolahan, citra wajah dari objek yang sudah diambil akan melalui proses *resize*, *grayscale*, dan juga proses median blur. Hasil pengkonversian citra RGB ke *grayscale* dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 2. (a) Hasil Akuisisi, dan (b) Hasil Grayscale

Setelah melakukan tahapan *grayscale* citra akan dihaluskan dan juga dicerahkan dengan menggunakan *library* median blur sehingga citra yang gelap dapat menjadi lebih terang dan juga *noise* yang terdapat di dalam citra tersebut dapat diminimalisir dan memudahkan pada tahapan segmentasinya. Dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 3. (a) Hasil Grayscale, dan (b) Hasil Median Blur

3.2.3. Segmentasi

Setelah melakukan pra pengolahan maka akan dilakukan segmentasi dengan menggunakan metode deteksi tepi. Metode deteksi tepi merupakan metode yang akan digunakan untuk mempertajam tampak garis tepi yang terdapat pada bagian wajah dari objek yang akan disegmentasi. Untuk hasil segmentasi menggunakan metode deteksi tepi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 4. (a) Hasil Median Blur, dan (b) Hasil Deteksi Tepi

Untuk memperjelas dari garis tepi wajah objek, maka akan dilakukan tahapan selanjutnya dengan menggunakan metode morfologi dilasi, dimana pada morfologi dilasi terjadi penambahan piksel pada bagian yang sudah terdeteksi tepinya. Untuk hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 5. (a) Hasil Deteksi Tepi, dan (b) Hasil Dilasi

Karena citra yang dikeluarkan menggunakan metode morfologi dilasi terlalu tebal maka akan di tipiskan menggunakan metode morfologi erosi, sehingga mendapat hasil segmentasi yang pas. Pada proses morfologi erosi akan terjadi pengurangan piksel pada bagian yang terdeteksi tepinya. Untuk hasilnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 6. (a) Hasil Dilasi, dan (b) Hasil Erosi

3.2.4. Hasil Segmentasi

Setelah melakukan seluruh tahapan yang dimulai dari Gambar 5, maka hasil akhirnya adalah berupa citra wajah dalam bentuk biner yang sudah terpisah dengan bagian *background* pada objek wajah tersebut. Hasil akhirnya dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 7. Hasil Akhir Segmentasi

3.3. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan dua kondisi, dimana kondisi yang digunakan yaitu kondisi cahaya terang dan juga cahaya redup. Untuk pengujian penulis menggunakan empat puluh dua citra. Dimana pengujian pertama menggunakan 21 citra pada pengujian cahaya redup dan 21 citra untuk pengujian cahaya terang. Hasil pengujian pada cahaya redup dapat dilihat pada Tabel 2, dan pengujian pada kondisi cahaya terang dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan, untuk dapat mengetahui tingkat akurasi dalam sistem yang dibuat berdasarkan data yang digunakan. Berikut tabel *confusion matrix* dan rumus perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Perhitungan

	Aktual Positif	Aktual Negatif
Prediksi Positif	TP	FN

Prediksi Negatif	FP	TN
------------------	----	----

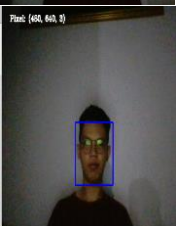
Keterangan:

1. *True positif* (TP) : keadaan pada citra wajah yang terdeteksi dan garis tepi pada wajah berhasil teridentifikasi oleh sistem.
2. *False positif* (FP) : keadaan pada citra wajah yang terdeteksi, namun garis tepi pada citra wajah masih terputus-putus.
3. *True negative* (TN) : keadaan pada citra wajah yang tidak terdeteksi dan garis tepi pada wajah berhasil teridentifikasi oleh sistem
4. *False negative* (FN) : keadaan pada citra wajah yang tidak terdeteksi dan garis tepi pada wajah tidak berhasil teridentifikasi oleh sistem.

Perhitungan tingkat akurasi secara keseluruhan berdasarkan data yang terekstraksi menggunakan persamaan 1.

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 2. Pengujian Cahaya Redup

Jarak	Akuisisi	Hasil Segmentasi	Keterangan
60cm			FP
80 cm			TP
100 cm			TP
Data TP			11
Data TN			0
Data FP			10
Data FN			0
Total Pengujian			21

Perhitungan tingkat akurasi menggunakan persamaan 1.

$$Akurasi = \frac{11}{21} \times 100\%$$

$$Akurasi = 52,38\%$$

Untuk pengujian pertama, pengujian dilakukan pada daerah dengan pencahayaan redup menggunakan sebanyak dua puluh satu data citra. Setelah melakukan pengujian didapatkan hasil akurasi sebesar 52,38%. Berdasarkan hasil pengujian yang

dilakukan dalam kondisi cahaya redup dan terang, dapat diketahui bahwa akurasi sistem lebih rendah pada kondisi cahaya redup (52,38%) dikarenakan beberapa factor, diantaranya:

1. Kurangnya Kontras*

Dalam kondisi cahaya redup, perbedaan antara objek (wajah) dan latar belakang menjadi kurang jelas. Hal ini menyebabkan sistem kesulitan dalam mendeteksi garis tepi wajah dengan akurat, sehingga meningkatkan jumlah False Positive (FP).

2. Kualitas Citra yang Buruk

Pencahayaan rendah dapat menyebabkan noise atau gangguan pada citra, seperti peningkatan graininess atau blur, yang menghambat sistem dalam melakukan segmentasi yang akurat.

3. Kesalahan Deteksi Garis Tepi

Pada kondisi cahaya redup, beberapa bagian wajah mungkin tidak mendapatkan pencahayaan yang cukup, menyebabkan deteksi garis tepi menjadi tidak lengkap atau terputus-putus. Hal ini terlihat dari tingginya jumlah FP (10 data FP dibandingkan dengan 5 pada cahaya terang).

4. Minimnya Informasi Tekstur

Sistem mungkin menggunakan fitur tekstur atau pola tertentu pada wajah untuk melakukan segmentasi. Dengan pencahayaan yang rendah, fitur ini menjadi kurang terlihat atau bahkan hilang, yang menyebabkan tingkat kesalahan yang lebih tinggi.

5. Tidak Ada Data TN (True Negative)

Berdasarkan data hasil pengujian, tidak ada data TN dalam kedua kondisi. Namun, pada cahaya redup jumlah FP lebih tinggi, yang menurunkan akurasi secara keseluruhan.

Secara keseluruhan, pencahayaan yang lebih baik membantu sistem dalam mengekstraksi fitur wajah dengan lebih jelas, meningkatkan deteksi yang akurat, dan mengurangi kesalahan segmentasi. Oleh karena itu, akurasi lebih tinggi pada kondisi cahaya terang dibandingkan cahaya redup.

Setelah melakukan pengujian pada daerah redup, penulis juga melakukan pengujian pada daerah yang terang, dan pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Cahaya Terang

Jarak	Akuisisi	Hasil Segmentasi	Keterangan
60cm			TP
80 cm			FP
100 cm			FP

Data TP	16
Data TN	0
Data FP	5
Data FN	0
Total Pengujian	21

$$Akurasi = \frac{16}{21} \times 100\%$$

$$Akurasi = 76,19\%$$

Untuk pengujian kedua, pengujian dilakukan pada daerah dengan pencahayaan terang dengan menggunakan sebanyak dua puluh satu data citra. Setelah melakukan pengujian didapatkan hasil akurasi sebesar 76,19%. Hasil akurasi yang lebih tinggi pada kondisi cahaya terang (76,19%) dibandingkan dengan cahaya redup (52,38%) dapat dijelaskan dengan beberapa alasan berikut:

1. Peningkatan Kualitas Citra

Cahaya terang memungkinkan sensor kamera menangkap lebih banyak detail pada wajah, termasuk tepi dan kontur yang lebih jelas. Ini memudahkan sistem dalam melakukan deteksi dan segmentasi, sehingga meningkatkan jumlah True Positive (TP).

2. Mengurangi Noise dan Distorsi

Pada kondisi cahaya redup, kualitas citra sering kali menurun akibat noise yang lebih tinggi dan ketajaman gambar yang berkurang. Noise ini dapat menyebabkan sistem kesulitan mengenali garis tepi secara akurat, sehingga meningkatkan jumlah False Positive (FP).

3. Peningkatan Kontras

Pencahayaan yang baik meningkatkan kontras antara wajah dan latar belakang, membantu sistem dalam membedakan objek yang ingin dideteksi dengan lebih akurat. Sebaliknya, dalam kondisi cahaya redup, kontras yang rendah dapat menyebabkan sistem kesulitan dalam membedakan wajah dari latar belakang, meningkatkan kesalahan dalam klasifikasi.

4. Kemampuan Algoritma dalam Mengolah Data Visual

Algoritma segmentasi tepi pada umumnya lebih efektif bekerja pada citra dengan pencahayaan cukup, karena fitur seperti gradien dan tekstur lebih jelas terlihat. Dalam cahaya redup, fitur ini bisa samar atau bahkan hilang, sehingga sistem kurang optimal dalam melakukan deteksi.

Secara keseluruhan, pencahayaan yang lebih baik membantu sistem dalam menangkap informasi visual yang lebih kaya dan mengurangi kesalahan deteksi, yang pada akhirnya meningkatkan akurasi sistem.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan bahwa pencahayaan memiliki dampak signifikan terhadap akurasi segmentasi wajah. Proses pengolahan citra dimulai dari akuisisi menggunakan metode Viola-Jones, dilanjutkan dengan preprocessing seperti grayscale dan median blur, serta segmentasi menggunakan deteksi tepi dan morfologi. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi pencahayaan, yaitu redup dan terang. Hasilnya menunjukkan bahwa akurasi segmentasi lebih tinggi pada pencahayaan terang (76,19%) dibandingkan redup (52,38%). Hal ini disebabkan oleh peningkatan kualitas citra, kontras yang lebih baik, serta minimnya noise dan distorsi pada kondisi terang. Sebaliknya, pada cahaya redup, sistem mengalami kesulitan dalam mendeteksi garis tepi akibat rendahnya kontras dan tingginya tingkat noise. Dengan demikian, pencahayaan yang optimal sangat berperan dalam meningkatkan akurasi segmentasi wajah. Oleh karena itu, faktor pencahayaan perlu diperhatikan dalam implementasi sistem pengenalan wajah berbasis segmentasi citra.

REFERENSI (10 PT)

- [1] M. L. A. R. I. Yatim, J. Y. Sari, and I. P. Ningrum, "Deteksi Area Wajah Manusia Pada Citra Berwarna Berbasis Segmentasi Warna YCbCr dan Operasi Morfologi Citra," *Ultim. J. Tek. Inform.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–5, 2019, doi: 10.31937/ti.v11i1.1029.
- [2] D. Abdullah and E. D. Putra, "Komparasi Perbaikan Kualitas Segmentasi Pada Citra Digital Metode Fuzzy C-Means Dan Otsu," *Pseudocode*, vol. 4, no. 1, pp. 71–80, 2017, doi: 10.33369/pseudocode.4.1.71-80.
- [3] R. Devita and S. Sumijan, "Canny Edge Detection and Image Segmentation for Precision Face Recognition System,"

- JURTEKSI (Jurnal Teknol. dan Sist. Informasi)*, vol. 10, no. 2, pp. 347–354, 2024, doi: 10.33330/jurteks.v10i2.3059.
- [4] A. Fawaz, M. Hakimah, and M. Kurniawan, “Segmentasi Citra Wajah Dengan Menggunakan Metode K-Means – L*a*B,” *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, vol. 9, no. 1, pp. 493–499, 2021.
- [5] P. Rosyani and S. Saprudin, “Deteksi Citra Bunga Menggunakan Analisis Segmentasi Fuzzy C-Means dan Otsu Threshold,” *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 20, no. 1, pp. 29–36, 2020, doi: 10.30812/matrik.v20i1.715.
- [6] J. Malhotra and S. Jha, “Fuzzy c-means clustering based colour image segmentation for tool wear monitoring in micro-milling,” *Precis. Eng.*, vol. 72, pp. 690–705, 2021, doi: 10.1016/j.precisioneng.2021.07.013.
- [7] A. P. Suri, M. Rafli, and A. Haman, “Penerapan Citra Warna Menggunakan Metode Fuzzy C- Means Dan Otsu Threshold Pada Buah,” vol. 2, no. 1, pp. 11–13, 2021.
- [8] M. Zulfikri, M. Syahrir, and W. Kusuma, “Pengenalan Citra Wajah sebagai Identifier Menggunakan Eigenface, Support Vector Machine, dan Haar Cascade Classifier,” *J. Millenial ...*, vol. 1, no. 2, pp. 43–52, 2023, [Online]. Available: <https://journal.mudaberkarya.id/index.php/JoMI/article/view/73>
- [9] M. Zulfikri, S. Hadi, and M. N. Fadli, “Sistem Penegakan Speed Bump Berdasarkan Kecepatan Kendaraan pada Malam Hari yang Diklasifikasikan Haar Cascade Classifier,” *J. Millenial Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2023.
- [10] M. Zulfikri, W. Kusuma, S. Hadi, H. Husain, R. Hammad, and L. Z. A. Mardedi, “Speed Bump System Based on Vehicle Speed using Adaptive Background Subtraction with Haar Cascade Classifier,” *Sistemasi*, vol. 13, no. 3, p. 1054, 2024, doi: 10.32520/stmsi.v13i3.3921.
- [11] M. W. Septyanto, H. Sofyan, H. Jayadianti, O. S. Simanjuntak, and D. B. Prasetyo, “Aplikasi Presensi Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Algoritma Haar Cascade Classifier,” *Telematika*, vol. 16, no. 2, p. 87, 2020, doi: 10.31315/telematika.v16i2.3182.
- [12] Y. Lu, C. He, Y. F. Yu, G. Xu, H. Zhu, and L. Deng, “Vector co-occurrence morphological edge detection for colour image,” *IET Image Process.*, vol. 15, no. 13, pp. 3063–3070, 2021, doi: 10.1049/ipr2.12290.
- [13] M. K. Kulkarani and S. S. Lokhande, “Morphological based Face Detection & Recognition with Principal Component Analysis,” *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 4560–4565, 2014.
- [14] K. Sreedhar, “Enhancement of Images Using Morphological Transformations,” *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–50, 2012, doi: 10.5121/ijcsit.2012.4103.
- [15] M. A. Masril and R. Noviardi, “Analisa Morfologi Dilasi untuk Perbaikan Kualitas Citra Deteksi Tepi pada Pola Batik Menggunakan Operator Prewitt dan Laplacian of Gaussian,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, no. 6, 2020, doi: 10.29207/resti.v4i6.2601.