

ANALYSIS OF APPLICATION HAAR CASCADE CLASSIFIER AND LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM ALGORITHM IN RECOGNIZING FACES WITH REAL-TIME GRAYSCALE IMAGES USING OPENCV

Rio Aditya P^{*1}, Bayu Setiaji²

¹Informatika, Universitas AMIKOM Yogyakarta, Indonesia

¹Magister Teknik Informatika, Universitas AMIKOM Yogyakarta, Indonesia

Email: ¹rio.pahlevi@students.amikom.ac.id, ²bayusetiaji@amikom.ac.id

(Naskah masuk: 25 Juli 2022, Revisi: 13 Agustus 2022, Diterbitkan: 10 Februari 2023)

Abstract

Face detection and recognition systems have been developed with the various application of algorithms. Based on the literature study that has been carried out, the researcher will analyze the performance between the HCC (Haar Cascade Classifier) and LBPH (Local Binary Pattern Histogram) Algorithms with real-time grayscale images using the OpenCV library. The test is carried out based on a sample of facial images with external conditions in the form of lighting conditions which are divided into morning, afternoon, and evening, as well as varying face rotation angles. Parameters observed were accuracy values, FAR (False Acceptance Rate), and FRR (False Rejection Rate). Based on the results of the tests that have been carried out, the average value of accuracy is 56%, while the average value of FAR is 22% and FRR is 23%. Judging from the average accuracy value obtained is 56%, then to be able to be detected and recognized properly the face position must be in frontal condition and with normal lighting. Thus, the final results of this study can be considered for other researchers who want to use a similar algorithm to develop a detection and recognition system.

Keywords: Haar Cascade Classifier, FAR, FRR, Local Binary Pattern Histogram.

ANALISIS PENERAPAN ALGORITMA HAAR CASCADE CLASSIFIER DAN LOCAL BINARY PATTERN HISTOGRAM DALAM MENGENALI WAJAH DENGAN IMAGE GRAYSCALE SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN OPENCV

Abstrak

Sistem pendeteksian dan pengenalan wajah telah banyak dikembangkan dengan berbagai penerapan algoritma. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan peneliti akan menganalisis kinerja antara Algoritma HCC (*Haar Cascade Classifier*) dan LBPH (*Local Binary Pattern Histogram*) dengan *image grayscale* secara *real-time* menggunakan library OpenCV. Pengujian dilakukan berdasarkan sampel citra wajah dengan kondisi eksternal berupa kondisi pencahayaan yang terbagi pada waktu pagi, siang dan sore hari, serta sudut rotasi wajah yang bervariasi. Parameter yang diamati adalah nilai akurasi, FAR (*False Acceptance Rate*) dan FRR (*False Rejection Rate*). Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diperoleh rata-rata nilai akurasi sebesar 56%, sedangkan rata-rata nilai FAR 22% dan FRR 23%. Dilihat dari rata-rata nilai akurasi yang diperoleh sebesar 56%, maka untuk dapat terdeteksi dan dikenali secara baik posisi wajah harus dalam kondisi frontal dan dengan pencahayaan yang normal. Dengan demikian, hasil akhir dari penelitian ini dapat menjadi pertimbangan bagi para peneliti lainnya yang ingin menggunakan algoritma serupa untuk mengembangkan sebuah sistem pendeteksian dan pengenalan.

Kata kunci: Haar Cascade Classifier, FAR, FRR, Local Binary Pattern Histogram.

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya ilmu pengetahuan dengan pengimplementasian teknologi yang canggih, menyebabkan semakin pesat munculnya inovasi-inovasi terbaru pada disiplin ilmu Visi Komputer (*Computer Vision*). Pada penerapannya disiplin ilmu

ini merupakan sub bidang studi yang berfokus terkait permasalahan dalam hal membantu komputer untuk 'melihat' serta mengenali informasi penting yang terdapat dalam sebuah citra ataupun video.

Dalam memahami sebuah citra, diperlukan teknologi pendukung dengan kemampuan yang cukup baik. Hal ini akan meningkatkan kapabilitas

pendeteksi objek dalam menemukan dan mengidentifikasi keberadaan objek-objek pada citra digital. Oleh karena itu, dengan penerapan Algoritma HCC (*Haar Cascade Classifier*) disertai fitur *haar-like* implementasi LBPH (*Local Binary Pattern Histogram*) akan dapat meningkatkan ketelitian dalam proses pendeteksian dan pengenalan sebuah citra inputan.

Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan dengan menerapkan berbagai algoritma dalam pembuatan sistem pengenalan citra, seperti; pengaplikasian algoritma CNN (*Convolutional Neural Networks*) dengan hasil akurasi sebesar 97% [1], LDA (*Linear Discriminant Analysis*) 97,29% [2], HOG (*Histogram of Oriented Gradients*) dan SVM (*Support Vector Machine*) 90% [3], PCA (*Principal Component Analysis*) 62,9% [4], PCA (*Principal Component Analysis*) dan KNN (*K-Nearest Neighbor*) 89,38% [5], *Fisherface* 77,42% [6], *Feature Extraction* dan *Feature Selection* [7], MG-CN (*Multi-Graph Convolutional Networks*) 97.9% [8] serta DCN (*Deep Convolutional Networks*) dan *Filter Algorithm* 99.7% [9]. Metode DCN (*Deep Convolutional Networks*) dan *Filter Algorithm* memiliki tingkat akurasi yang tinggi sehingga banyak digunakan dan dikembangkan para peneliti dalam proses pengenalan sebuah citra.

Pada penelitian ini, Algoritma HCC (*Haar Cascade Classifier*) dan *haar-like* serta LBPH (*Local Binary Pattern Histogram*) akan diimplementasikan bersama dengan *library* OpenCV untuk digunakan dalam melakukan pendeteksian dan pengenalan wajah, dimana hasil akhir dari penelitian ini berupa perolehan rata-rata nilai akurasi dalam penerapan algoritma tersebut, serta perhitungan nilai FAR (*False Acceptance Rate*) dan FRR (*False Rejection Rate*).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

1. Studi Literatur: Pada tahap pertama, penulis melakukan sebuah prosedur berupa pengumpulan serta pembelajaran terkait informasi mengenai Algoritma HCC dan LBPH dengan *image grayscale* secara real-time menggunakan *library* OpenCV yang penulis dapatkan melalui jurnal terakreditasi dan sumber referensi lainnya yang memiliki keterkaitan sekaligus pendukung pelaksanaan penelitian.
2. Penguraian Masalah: Pada tahap kedua, penulis melakukan proses analisis informasi terhadap studi literatur yang telah diperoleh. Sehingga, dengan metode yang diajarkan penulis diharapkan dapat menjadi penyelesaian masalah yang diangkat dalam penelitian ini.
3. Perancangan Arsitektur Sistem: Pada tahap ketiga, penulis melakukan sebuah proses

terkait perancangan bangun arsitektur dengan sistem penyelesaian masalah berdasarkan hasil analisis sebelumnya.

4. Penerapan: Pada tahapan keempat, penulis mulai melakukan penerapan yang sebelumnya berasal dari sebuah rancangan arsitektur sistem, akan dibuat menjadi sebuah program.
5. Pengujian: Pada tahap kelima, penulis melakukan proses pengujian pada sistem yang telah selesai dibangun. Hal ini bertujuan untuk melihat bahwa luaran yang telah dihasilkan sudah sesuai serta tepat dengan kualifikasi yang telah direncanakan.
6. Dokumentasi dan Penyusunan Laporan: Pada tahapan keenam, penulis melakukan pendokumentasian terkait dengan proses dan hasil penelitian yang dilakukan berbentuk sebuah dokumen.

2.2 Perancangan Data

Pengujian dilakukan untuk mencari rata-rata nilai akurasi, FAR, dan FRR pendeteksian dan pengenalan Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam menghitung nilai akurasi sebagai berikut:

$$ACC = \frac{\text{True Positive}}{\text{Total face images tested}} \times 100\% \quad (7)$$

FAR (*False Acceptance Rate*) merupakan nilai persentase dari ketidaktepatan, dimana kondisi sistem yang seharusnya mengenali informasi citra inputan dari dalam database, namun citra yang terdeteksi adalah citra yang berada dalam luar database tersebut, pun sebaliknya. Rumus yang dapat digunakan sebagai berikut:

$$FAR = \frac{\text{True Negative}}{\text{Total face images tested}} \times 100\% \quad (8)$$

FRR (*False Rejection Rate*) merupakan nilai persentase ketidaktepatan, dimana kondisi sistem yang menolak citra inputan. Citra inputan yang umumnya dikenali karena informasinya terdapat dalam sebuah database, berubah menjadi citra yang sama sekali tidak dapat dikenal oleh sistem. Rumus yang dapat digunakan sebagai berikut:

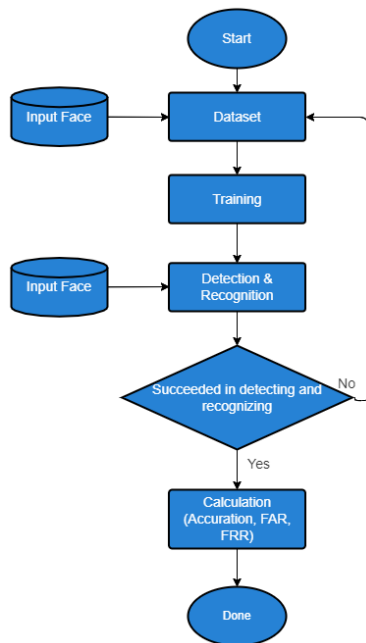
$$FRR = \frac{\text{False Negative}}{\text{Total face images tested}} \times 100\% \quad (9)$$

OpenCV digunakan sebagai *library* dalam mengimplementasikan Algoritma HCC (*Haar Cascade Classifier*) untuk dapat mendeteksi komponen wajah. Sebelum pendeteksian dilakukan, terlebih dahulu data berupa image yang ditangkap melalui webcam dan diolah menjadi citra keabuan (*grayscale*) oleh *library* cv2.COLOR_BGR2GRAY.

Kemudian, tahapan selanjutnya adalah proses *training* untuk melatih dataset dengan menggunakan Algoritma LBPH (*Local Binary Pattern Histogram*) serta tahapan *recognition* hingga akhirnya sistem dapat mengenali citra wajah.

2.3 Perancangan Sistem

Pada arsitektur sistem yang dirancang, tahap awal pendeteksian berupa pengambilan citra inputan dengan berbagai pose dan rotasi kepala penting dilakukan, untuk mempermudah sistem dalam mencari pola unik pada setiap citra. Perancangan sistem lebih lanjut dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem

Terdapat beberapa alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian. Beberapa alat dan bahan meliputi *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak). Perangkat keras yang digunakan meliputi: CPU 1.70GHz Intel Core i3-4005U, RAM 6GB, Intel(R) HD Graphics Family, Sistem Operasi Windows 10 serta penyimpanan berupa SSD dengan kapasitas 250 GB. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah PyCharm versi 2021.2.2, Python versi 3.8, OpenCV 4.5.3, Numpy 1.19.5, PIL 8.4.0.

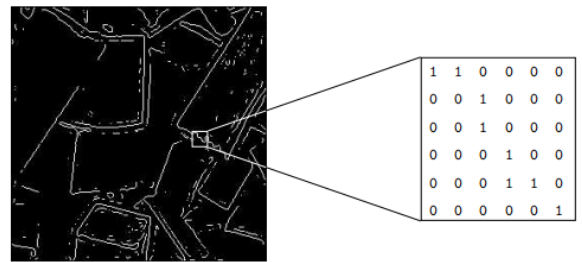
2.4 Image (Citra)

Image (citra) dikenal memiliki fungsi dua dimensi yang terdiri atas $f(x,y)$. Nilai f dalam koordinat (x,y) dikenal dengan derajat intens dari level keabuan (*grayscale*) citra pada titik tersebut, sedangkan (x,y) merupakan titik koordinat dari bidang datar [10]. Jika nilai $f(x,y)$ berhingga dan diskrit, citra tersebut dapat dikatakan sebagai citra digital [11]. Citra digital memiliki tiga ragam jenis yaitu citra biner (*binary image*), citra keabuan

(*grayscale image*) dengan rentang warna putih dan hitam, serta citra warna (*color image*).

2.1.1. Citra Biner (Binary Image)

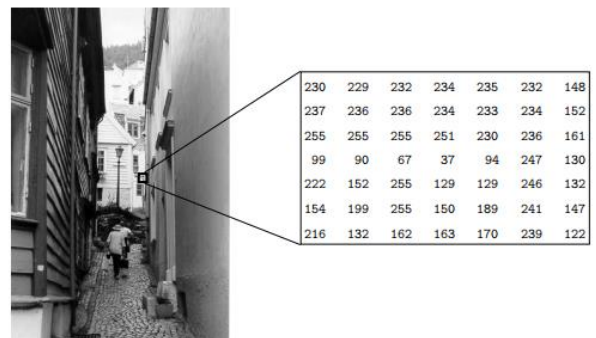
Binary image mencakup dua warna yaitu hitam dan putih, misal dalam 1 bit per piksel bernilai 0 dan 1 [12]. Penerapan *binary image* biasanya digunakan pada input/output seperti; laser printer dan mesin fax. Pada gambar 2 merupakan contoh dari penerapan citra biner dimana putih untuk tepian dan hitam untuk latar belakang.



Gambar 2. Binary Image

2.1.2. Citra Keabu-abuan (Grayscale)

Setiap piksel citra digital *grayscale* mempunyai spektrum warna putih hingga hitam. Rentang warna tersebut biasa digunakan dalam dunia kedokteran misalnya pada proses CT-Scan (*Computed Tomography Scanner*) menggunakan sinar X. *Grayscale* merupakan hasil rata-rata pengkalkulasian sebuah *color image*. Pada gambar 3 merupakan contoh citra *grayscale* yang telah melalui tahapan *grayscaleing*.



Gambar 3. Grayscale Image

$$I_{BW}(x,y) = \frac{I_R(x,y) + I_G(x,y) + I_B(x,y)}{3} \quad (1)$$

Dimana:

$I_{Red}(x,y)$ = pixel value berwarna merah

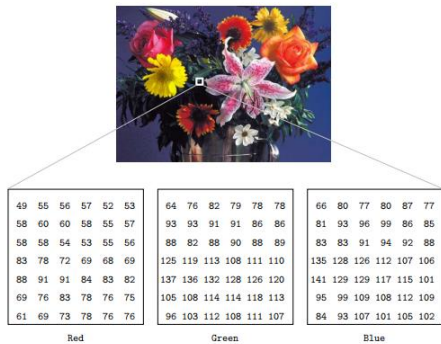
$I_{Green}(x,y)$ = pixel value berwarna hijau

$I_{Blue}(x,y)$ = pixel value berwarna biru

$I_{BW}(x,y)$ = pixel value berwarna hitam dan putih

2.1.3. Citra Berwarna (Color Image)

Citra berwarna biasa disebut sebagai citra RGB adalah jenis citra, dimana dalam model penyajian warnanya terdiri atas beberapa komponen warna seperti; merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*blue*). Setiap komponen warna tersebut menggunakan 8 *binary digit* dimana nilainya berkisar antara 0 sampai dengan 255. Hal ini, memungkinkan warna yang dapat disajikan berkisar antara 2553 atau (16K) warna. Pada gambar 4 merupakan contoh citra berwarna dimana suau piksel memiliki nilai intensitas yang berbeda pada setiap kanal.

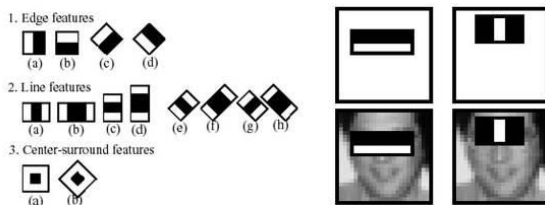


Gambar 4. RGB Image

2.5 HCC (Haar Cascade Classifier)

HCC merupakan algoritma pendeteksi objek yang pertama kali disampaikan oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001 [13]. Algoritma dengan pendekatan berbasis pembelajaran mesin ini menggunakan fungsi kaskade, fungsi ini dilatih berdasarkan citra positif dimana citra memiliki objek yang akan dideteksi dan citra negatif kondisi pada saat citra yang tidak memiliki objek.

HCC akan mengekstrak sebuah fitur dari citra menggunakan sebuah “filter” yang menyerupai konsep *convolutional kernels* dalam sebuah pengolahan citra digital [14]. Pengaplikasian fitur ini dapat dilihat pada gambar 5.

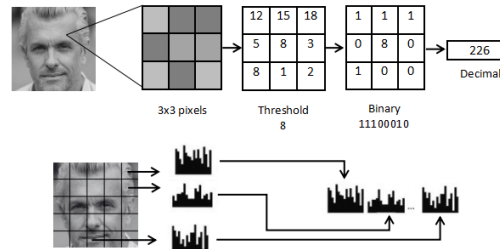


Gambar 5. Fitur Haar

Pengklasifikasi kaskade terdiri dari beberapa tahap, dimana setiap tahap terdapat pengklasifikasian berupa pemberian label pada wilayah tertentu yang ditentukan oleh lokasi jendela saat ini sebagai positif atau negatif – positif yang berarti bahwa suatu objek ditemukan atau negatif berarti bahwa objek yang ditentukan tidak ditemukan dalam gambar.

2.6 Local Binary Pattern Histogram (LBPH)

LBPH merupakan sebuah teknik terbaru dari metode sebelumnya yaitu LBP (*Local Binary Pattern*) [15]. Penerapan LBPH dapat menambah performa hasil dari proses pengenalan citra, dikarenakan metode ini memanfaatkan nilai biner histogram yang telah diekstraksi dari sebuah citra sehingga mendapatkan nilai prediksi dalam mengidentifikasi pemilik citra. Pada gambar 6 menunjukkan proses dari pengaplikasian LBPH.



Gambar 6. LBPH Processing

Pada proses ekstraksi menggunakan metode LBPH terdapat beberapa tahap seperti halnya menerapkan operator LBPH menggunakan fungsi:

$$LBPH = (x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} 2^p s(i_p - i_c) \quad (2)$$

Dapat terlihat bahwa, (x_c, y_c) berarti nilai piksel pusat dengan intensitas i_c sedangkan i_p adalah intensitas piksel lingkungan sekitarnya. Pada tahapan ini nilai piksel (median) akan diproses menjadi nilai ambang, hal ini bertujuan untuk membandingkan piksel pusat dengan piksel terdekatnya dengan menerapkan fungsi:

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Pada persamaan fungsi tersebut diartikan bahwa apabila nilai lingkungan sekitar $i_p = i_c$ maka ditetapkan menjadi 1, namun sebaliknya apabila $i_p = i_c$ ditetapkan sebagai nilai 0. Setelah nilai ini digabungkan dan dikalkulasi, proses selanjutnya adalah perubahan angka biner kedalam angka desimal (LBPH piksel) yang berkisar antara 0-255. Dikarenakan jumlah perbedaan dari lingkungan sekitar, maka radius variabel ditetapkan dari posisi (x_c, y_c) dimana titik lingkungan sekitar (x_p, y_p) dapat dikalkulasikan dengan fungsi :

$$x_p = x_c + R_{\cos} \left(\frac{2\pi p}{p} \right) \quad (4)$$

$$y_p = y_c - R_{\sin} \left(\frac{2\pi p}{p} \right) \quad (5)$$

Pada fungsi tersebut, r sebagai jari-jari berbentuk lingkaran disebabkan variasi yang timbul pada skala. Sedangkan p berarti jumlah dari banyaknya titik sampel. Namun, jika tidak didapatkan letak koordinat titik pada lingkaran yang sesuai

berdasarkan koordinat gambar, akan digunakan metode interpolasi dua variabel atau dikenal dengan interpolasi bilinear:

$$f(x,y) \approx [1-x \quad x] \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) \\ f(1,0) & f(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-y \\ y \end{bmatrix} \quad (6)$$

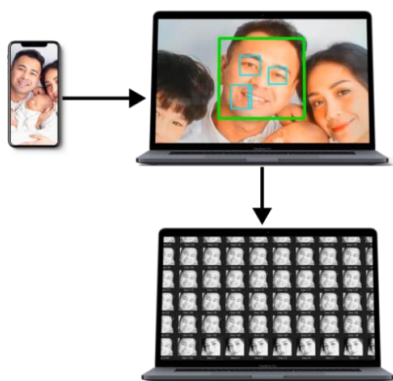
2.7 OpenCV

OpenCV dikenal sebagai *library* dari *computer vision* yang cukup terkenal serta biasa digunakan pada saat pemrosesan dan penganalisisan terhadap sebuah citra [16]. Terdapat lebih 2000 algoritma yang telah teroptimasi dan dapat digunakan dalam memanipulasi, memproses, serta mengedit sebuah citra. OpenCV mendukung beragam bahasa pemrograman seperti C, C++, dan sudah dikembangkan ke Python, Java, Matlab, ataupun PHP.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

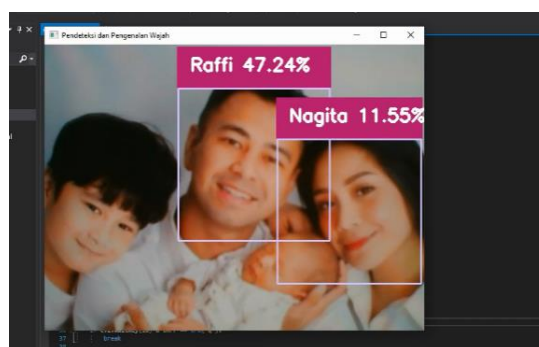
3.1. Pengujian Sistem

Tahapan awal berupa pengambilan citra pada *smartphone* penulis, kemudian dideteksi dengan menggunakan *webcam* dan bantuan fitur *haar-like* untuk mendeteksi bagian komponen objek yang akan diambil untuk tahapan *grayscale*, dimana citra akan dikonversi ke dalam bentuk *image grayscale* dan kemudian terkumpul dalam sebuah dataset. Proses ini dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Proses Pengujian Awal

Setelah pembuatan dataset, proses selanjutnya adalah *training* dan *recognition*. Pada proses training setiap piksel yang ada pada komponen wajah dalam dataset tersebut akan diekstrak setiap nilai histogram nya. Nilai inilah yang akan dimasukkan ke dalam sebuah variabel berbentuk data berupa *array_id* yang tersimpan dalam sebuah file dengan format *.yml* dimana akan terdapat sebuah *pattern* (pola). Tahapan selanjutnya adalah proses pengenalan (*recognition*) citra dengan menggunakan LBPH sebagai *recognizer*, dimana citra akan dideteksi dan kemudian dikenali sesuai dengan data inputan yang seharusnya. Hasil pengenalan citra dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pengenalan Citra

Pada tahap pengenalan ini akan diperoleh informasi terkait citra yang dideteksi, dimana informasi ini berguna sebagaimana dengan tujuan awal pengguna yang akan menerapkan sistem ini.

3.2. Analisa

Pada tabel dibawah ini menunjukkan hasil dari pengujian citra inputan, dengan jumlah objek wajah dalam citra dan posisi sudut rotasi wajah yang bervariasi sehingga akan diperoleh rata-rata ketepatan pendeteksian dan pengenalan wajah beserta nilai akurasi, FAR (*False Acceptance Rate*) dan FRR (*False Rejection Rate*). Pada tabel 1, 2, dan 3 dibawah ini dapat dilihat hasil dari pengujian sistem yang telah dibangun.

Tabel 1 Hasil Pengujian Pagi Hari (08.00-09.00 WIB)

Number of inputs	Total number face images tested	HCC & LBPH					
		TP	TN	FN	Accuracy (%)	FAR (%)	FRR (%)
1	2	1	1	0	50	50	0
2	1	1	0	0	100	0	0
3	2	1	1	0	50	50	0
4	5	2	1	1	40	20	20
5	3	1	0	2	33	0	67
6	3	2	0	1	67	0	33
7	2	1	1	0	50	50	0
8	4	1	2	1	25	50	25
9	4	2	1	1	50	25	25
10	5	2	0	3	40	0	60
Average					51	25	23

Tabel 1 menunjukkan hasil yang dilakukan dengan kondisi pencahayaan normal, dimana selain penerangan menggunakan lampu kamar juga ditambah dengan cahaya yang masuk melalui

ventilasi dan jendela. Sehingga, pada tabel 1 diperoleh rata-rata nilai akurasi sebesar 51%, FAR 25%, dan FRR 23%.

Tabel 2 Hasil Pengujian Siang Hari (13.00-14.00 WIB)

Number of inputs	HCC & LBPH						
	Total number face images tested	TP	TN	FN	Accuracy (%)	FAR (%)	FRR (%)
1	2	2	0	0	100	0	0
2	2	1	1	0	50	50	0
3	3	2	1	0	67	33	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	1	100	0	100
6	3	2	1	0	67	33	0
7	4	2	0	2	50	0	50
8	5	2	0	3	40	0	60
9	5	2	2	1	40	40	20
10	4	2	2	0	50	50	0
Average					56	21	23

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pada siang hari dengan kondisi pencahayaan normal, dimana selain penerangan menggunakan lampu kamar juga ditambah dengan cahaya terik yang masuk

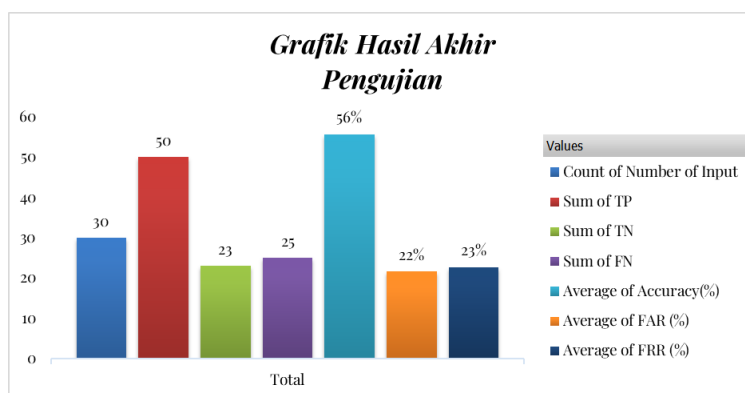
melalui ventilasi dan jendela. Sehingga, pada tabel 2 diperoleh rata-rata nilai akurasi sebesar 56%, FAR 21%, dan FRR 23%.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sore Hari (16.00-17.00 WIB)

Number of inputs	HCC & LBPH						
	Total number face images tested	TP	TN	FN	Accuracy (%)	FAR (%)	FRR (%)
1	3	2	0	1	67	0	0
2	4	3	1	0	75	25	0
3	4	1	1	2	25	25	50
4	2	2	0	0	100	0	0
5	3	2	0	1	67	0	33
6	5	2	1	2	40	20	40
7	5	2	2	1	40	40	20
8	5	2	3	1	40	60	20
9	4	2	1	1	50	25	25
10	2	2	0	0	100	0	0
Average					60	20	19

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian di sore hari dengan kondisi pencahayaan normal, dimana penerangan hanya menggunakan lampu kamar dikarenakan cahaya yang masuk melalui ventilasi dan

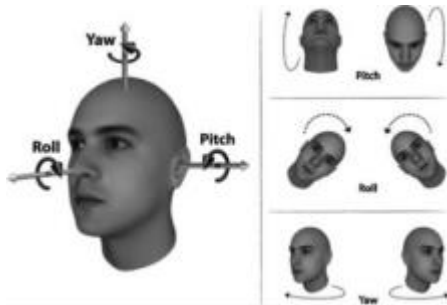
jendela mulai meredup. Sehingga, pada tabel 3 diperoleh rata-rata nilai akurasi sebesar 60.3%, FAR 19.5%, dan FRR 18.8%.



Gambar 9 PivotChart Hasil Akhir Pengujian

Berdasarkan pengujian 10 citra inputan dengan parameter berupa kondisi pencahayaan dan sudut rotasi wajah diperoleh rata-rata nilai akurasi sebesar 56% dengan nilai FAR 22% dan FRR 23%. Akurasi dinilai dari jumlah wajah terdeteksi dan dapat

dikenali dengan informasi yang tepat, tentunya untuk dapat terdeteksi secara baik maka posisi wajah harus dalam kondisi frontal.



Gambar 10. Orientasi sudut rotasi

Umumnya, sebuah wajah dicirikan oleh tiga sudut rotasi seperti; yaw (ψ) rotasi yang dilakukan pada sumbu Z, pitch (θ) rotasi yang dilakukan pada sumbu Y, dan roll (ϕ) rotasi yang dilakukan pada sumbu X [17]. Sehingga dapat diketahui bahwa dikatakan kondisi frontal apabila sudut rotasi kepala relatif terhadap kamera = $\pm 0^\circ \psi$ ataupun mendekati frontal = $\pm 90^\circ \psi$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penerapan metode HCC dan LBPH menunjukkan rata-rata nilai akurasi sebesar 56% dengan nilai FAR 22% dan FRR 23%, semakin kecil nilai FAR dan FRR maka akan semakin besar tingkat akurasi pengenalan wajah dari metode yang diujikan
2. Komponen citra wajah merupakan hal yang penting dalam proses pendeteksian pembuatan dataset, hal ini ditunjukkan dengan mudahnya pendeteksian tersebut pada saat kondisi sudut rotasi kepala = $\pm 0^\circ \psi$ atau mendekati = $\pm 90^\circ \psi$ terhadap kamera
3. Objek citra wajah dapat terdeteksi dan dikenali mulai dari jarak 0-50 cm dengan kondisi pencahayaan yang normal, lebih dari jarak 50 cm dan pencahayaan yang cenderung gelap objek terkadang terdeteksi namun dengan informasi pengenalan yang salah, bahkan sama sekali tidak terdeteksi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Farayola and A. Dureja, "A Proposed Framework: Face Recognition With Deep Learning," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 9, no. 07, p. 7, 2020, [Online]. Available: www.ijstr.org.
- [2] D. Sunaryono, J. Siswantoro, and R. Anggoro, "An android based course attendance system using face recognition," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 33, no. 3, pp. 304–312, 2021, doi: 10.1016/j.jksuci.2019.01.006.
- [3] L. G. Muradkhanli and E. A. Mammadov, "Real-time face detection on a Raspberry PI," vol. 13, no. 2, pp. 38–45, 2022.
- [4] F. Safdar, "A Comparison of Face Recognition Algorithms for Varying Capturing Conditions," *UIJRT / United Int. J. Res. Technol. /*, vol. 02, no. 03, pp. 2582–6832, 2021.
- [5] S. Sutarti, A. T. Putra, and E. Sugiharti, "Comparison of PCA and 2DPCA Accuracy with K-Nearest Neighbor Classification in Face Image Recognition," *Sci. J. Informatics*, vol. 6, no. 1, pp. 64–72, 2019, doi: 10.15294/sji.v6i1.18553.
- [6] N. Salman and I. Intan, "Sistem Presensi Kehadiran Menggunakan Metode Fisherface," *SENSITIf Semin. Nas. Sist. ...*, pp. 915–923, 2019, [Online]. Available: <https://ejurnal.diponegara.ac.id/index.php/sensitif/article/view/458>.
- [7] S. Saini and P. Malhotra, "A Comprehensive Survey of Feature Extraction and Feature Selection Techniques of Face Recognition System," vol. 2, 2021, doi: 10.4108/eai.16-5-2020.2303968.
- [8] A. Alguzo, A. Alzu'Bi, and F. Albalas, "Masked Face Detection using Multi-Graph Convolutional Networks," *2021 12th Int. Conf. Inf. Commun. Syst. ICICS 2021*, pp. 385–391, 2021, doi: 10.1109/ICICS52457.2021.9464553.
- [9] M. Alghaili, Z. Li, and H. A. R. Ali, "FaceFilter: Face Identification with Deep Learning and Filter Algorithm," *Sci. Program.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/7846264.
- [10] J. Zhang, "Reversible Data Hiding of Digital Image Based on Pixel Combination Algorithm," vol. 2022, 2022.
- [11] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *4TH EDITION Digital image processing*. 2018.
- [12] C. Gupta, V. K. Tewari, R. Machavaram, and P. Shrivastava, "An image processing approach for measurement of chili plant height and width under field conditions," *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, vol. 21, no. 3, pp. 171–179, 2022, doi: 10.1016/j.jssas.2021.07.007.
- [13] P. Viola and M. Jones, "Managing work role performance: Challenges for twenty-first century organizations and their employees.," *Rapid Object Detect. using a Boost. Cascade Simple Featur.*, pp. 511–518, 2001.
- [14] M. A. Mohammed *et al.*, "Machine Learning Algorithm for Developing Classroom Attendance Management System Based on Haar Cascade Frontal Face," *2021 IEEE Symp. Ind. Electron. Appl. ISIEA 2021*, no. August, 2021, doi:

10.1109/ISIEA51897.2021.9509990.

- [15] M. M. Ahsan, Y. Li, J. Zhang, M. T. Ahad, and K. D. Gupta, "Evaluating the Performance of Eigenface, Fisherface, and Local Binary Pattern Histogram-Based Facial Recognition Methods under Various Weather Conditions," *Technologies*, vol. 9, no. 2, p. 31, 2021, doi: 10.3390/technologies9020031.
- [16] K. D., "Multiple Object Recognition Using OpenCV," *Rev. Gestão Inovação e Tecnol.*, vol. 11, no. 2, pp. 1736–1747, 2021, doi: 10.47059/revistageintec.v11i2.1795.
- [17] S. Chen, Y. Zhang, B. Yin, and B. Wang, "TRFH: towards real-time face detection and head pose estimation," *Pattern Anal. Appl.*, vol. 24, no. 4, pp. 1745–1755, 2021, doi: 10.1007/s10044-021-01026-3.