

**PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE SVD DAN
PCA BERBASIS VIDEO REAL-TIME**
***FACE RECOGNITION USING SVD AND PCA METHOD BASED ON
REALTIME VIDEO***

Indrafaqih Eskamara¹, Ir. Rita Magdalena, M.T. ²,
Nor Kumalasari Caesar Pratiwi, S.T., M.T. ³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung.
¹indrafaqiheskamara@student.telkomuniversity.ac.id,
²ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id, ³caecarnkep@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Wajah merupakan bagian dari tubuh manusia yang menjadi fokus perhatian di dalam interaksi sosial, karena wajah memainkan peranan vital dengan menunjukkan identitas dan emosi. Kita dapat mengenali ribuan wajah karena frekuensi interaksi yang sangat sering ataupun hanya sekilas bahkan dalam rentang waktu yang sangat lama. Bahkan kita mampu mengenali seseorang walaupun terjadi perubahan pada orang tersebut karena bertambahnya usia. Oleh karena itu wajah digunakan sebagai organ dari tubuh manusia yang dijadikan indikasi pengenalan seseorang atau face recognition. Teknologi pengenalan wajah merupakan metode yang digunakan untuk deteksi, pencocokan gambar, dan pelacakan video. Pada Tugas Akhir ini dirancang pendeteksian wajah berbasis video *real-time*. Pada sistem ini digunakan aplikasi pemrograman yaitu Matlab untuk mengenali wajah pada video. Pada sistem ini juga dipilih metode SVD dan PCA. Metode SVD dan PCA untuk ekstraksi ciri dari citra latih dan citra uji. Selanjutnya dilakukan klasifikasi menggunakan *Euclidean Distance* yaitu mencocokkan antara citra uji yang diambil dari kamera CCTV dengan citra latih dari database. Pada saat pengujian, kamera CCTV menangkap video dalam bentuk 10 frame yang akan diproses dan setiap *frame* menjadi citra uji untuk dicocokkan dengan citra latih. Dalam klasifikasi citra, bertujuan untuk mengenali nama wajah dari kamera CCTV. Hasil dari metode yang digunakan yaitu dapat mengenali wajah dari kamera CCTV dengan baik. Pada kondisi intensitas cahaya paling tinggi menghasilkan akurasi terbaik sebesar 92%.

Kata Kunci: Pengenalan Wajah, *Video Real-time*, *Singular Value Decomposition (SVD)*, *Principal Component Analysis (PCA)*

Abstract

The face is a part of the human body that is the focus of attention in social interactions, because the face plays a vital role by showing identity and emotions. We can recognize thousands of faces because of the frequency of interactions that are very frequent or only briefly, even over a very long time. In fact, we are able to recognize someone even though there is a change in that person due to age. Therefore, the face is used as an organ of the human body which is used as an indication of someone's recognition or face recognition. Facial recognition technology is a method used for detection, image matching, and video tracking. In this final project, real-time video-based face detection is designed. This system uses a programming application, namely Matlab to recognize faces in the video. In this system the SVD and PCA methods were also selected. SVD and PCA methods for feature extraction from training images and test images. Then the classification is done using *Euclidean Distance*, namely matching the test images taken from the CCTV camera with the training images from the database. At the time of testing, CCTV cameras captured video in the form of 10 frames to be processed and each frame became a test image to be matched with the training image. In image classification, it aims to recognize face names from CCTV cameras. The result of the method used is that it can recognize faces from CCTV cameras properly. At the highest light intensity conditions produce the best accuracy of 92%.

Keywords: *Face Recognition*, *Real-time Video*, *Singular Value Decomposition (SVD)*, *Principal Component Analysis (PCA)*

1. Pendahuluan

Pengenalan Wajah (*Face Recognition*) merupakan metode yang digunakan untuk deteksi, pencocokan gambar, dan pelacakan video. Teknologi ini menggunakan metode deteksi sudut yang memetakan data dari gambar asli ke dalam ruang fitur. Setelah melakukan *processing*, dari gambar asli dapat diekstraksi untuk menentukan fitur akurasi deteksi wajah. Walaupun metode ini sering digunakan, namun tergolong sulit karena harus menggunakan *template database* wajah dari berbagai sudut [1].

Pada penelitian sebelumnya [2], telah dilakukan pengenalan wajah dalam sistem pengawasan. Penelitian tersebut menggunakan metode *Singular Value Decomposition* (SVD) untuk segmentasi citra dan metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk ekstraksi ciri. Namun penelitian tersebut membutuhkan 2 platform yaitu *Processing 2.2* untuk mendeteksi wajah dan menggunakan Matlab untuk pencocokkan citra uji dengan citra latihan, sehingga lebih rumit dan membutuhkan spesifikasi komputer yang tinggi.

Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian kali ini membuat sebuah alat sistem pengenalan wajah berbasis video *real-time* menggunakan *Closed-Circuit Television* (CCTV). Beberapa metode yang digunakan adalah SVD dan PCA. Metode SVD diusulkan karena memiliki kelebihan pada efisiensi waktu dan dapat digunakan untuk memaksimalkan data ekstraksi pada algoritma PCA. Metode PCA diusulkan karena memiliki kelebihan mampu menghasilkan data ekstrak yang lebih signifikan dari metode yang lain, dan mengolah hasil data ekstrak algoritma SVD. Setelah melalui proses SVD dan PCA, gambar wajah yang diekstraksi berkorelasi dengan wajah template yang disimpan dalam database menggunakan aplikasi *Matrix Laboratory* (MATLAB) untuk dicocokkan [2].

2. Dasar Teori dan Metodologi

2.1 Video Real-Time

Video adalah suatu teknologi untuk merekam, memproses dan menangkap objek yang bergerak dalam selang waktu tertentu [3]. Hasil dari video adalah berupa kumpulan *frame* atau gambar yang terekam secara berurutan dengan jumlah tertentu tiap detik yang menampilkan objek bergerak dengan berkesinambungan dalam urutan gambar. *Real-time* merupakan suatu peristiwa atau operasi dari sistem yang memiliki selang waktu yang singkat [4]. Maka video *real-time* ialah teknologi untuk merekam objek yang bergerak dengan selang waktu yang jelas.

2.2 Citra

Citra adalah gambar dengan bidang 2 dimensi [5]. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, seperti mata pada manusia kamera, pemindai (*scanner*), dan lain-lain sehingga bayangan objek dalam bentuk citra dapat terekam. Citra dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu citra diam (*still images*) dan citra bergerak (*moving images*). Citra diam adalah citra tunggal yang tidak bergerak. Sedangkan citra bergerak adalah rangkaian citra diam yang ditampilkan secara beruntun, sehingga memberi kesan pada mata sebagai gambar yang bergerak. Setiap citra didalam rangkaian tersebut disebut *frame*. Gambar-gambar yang tampak pada film layar lebar atau televisi pada hakekatnya terdiri dari ratusan sampai jutaan *frame* [5].

2.3 Preprocessing

Deteksi wajah adalah langkah pertama dalam sistem pengenalan wajah. Pengenalan wajah merupakan metode yang digunakan untuk deteksi wajah dalam bentuk gambar atau video. Pada Penelitian ini digunakan algoritma Viola Jones untuk membangun sistem deteksi wajah dengan bahasa pemrograman Matlab. Viola Jones adalah salah satu metode deteksi wajah dengan akurasi yang tinggi dan komputasi yang cepat. Metode Viola Jones menggunakan fitur Haar sebagai deskriptor kemudian menggabungkan *Integral Image* dan *AdaBoost* untuk mencari dan melakukan seleksi fitur dan membentuk *Cascade Classifier*. *Classifier* tersebut yang akan digunakan untuk mendeteksi wajah pada gambar [14]. Pendeteksian wajah pada Penelitian ini menggunakan kamera CCTV sehingga hasil objek yang tertangkap berbentuk video. Video adalah berupa kumpulan dari *frame* atau gambar yang terekam secara berurutan. Pada setiap *frame* diambil untuk pendeteksian wajah menggunakan Matlab.



Gambar 1 Deteksi wajah

Cropping adalah proses untuk memperkecil sebuah citra dengan memotong pada koordinat tertentu. Proses *cropping* bertujuan untuk menghilangkan *noise*, sehingga mendapatkan bagian tertentu dari citra. *Noise* merupakan sebagian informasi dalam citra yang ikut terdeteksi namun informasi tersebut tidak dibutuhkan untuk penelitian.

Citra RGB memiliki tiga warna penyusun yaitu merah (*red*), hijau (*green*), serta biru (*blue*). Warna penyusun tersebut bisa membentuk suatu kombinasi warna pada setiap pikselnya sehingga membentuk suatu warna baru. Citra RGB memiliki 16 juta warna. Citra *grayscale* merupakan citra berwarna keabuan yang mempunyai warna 8bit atau 256. Variasi warna citra *grayscale* antara hitam dan putih, tetapi variasi warnanya sangat banyak [14]. Proses konversi RGB ke *grayscale* mengurangi jumlah citra warna dari 16 juta menjadi 256 warna. Persamaan (1) merupakan cara mengkonversi citra RGB menjadi *grayscale* pada Aplikasi Matlab.

$$Grayscale = (0.299 \times R) + (0.587 \times G) + (0.114 \times B) \quad (1)$$

Piksel layer merah (R), piksel layer hijau (G), dan piksel layer biru (B).

Resize merupakan mengubah ukuran besarnya citra kedalam *pixel*. *Pixel* adalah nilai suatu pada irisan antara baris dan kolom. Adakalanya ukurannya berubah menjadi lebih kecil dari file aslinya dan sebaliknya [7]. Pada penelitian ini *resize* digunakan ukuran 125×150 piksel. Pada proses *resize* ini menggunakan fungsi yang disediakan dari MATLAB yaitu *Imresize*.

2.4 Singular Value Decomposition

SVD adalah suatu metode untuk merepresentasikan trafik matrik yang memiliki nilai singular untuk representasi energi dan dapat mewakili nilai matrik secara keseluruhan. Selain itu, nilai singular juga menggambarkan gambar stabil dan memiliki invarian transpos, invarian rotasi, dan transformasi gambar sehingga fitur nilai singular dapat berupa gambar semacam deskripsi fitur yang efektif [8]. Pengenalan wajah dengan metode SVD adalah dekomposisi nilai singular untuk proyeksi dan reduksi matrik berupa penyusunan dari nilai vektor singular kanan dan kiri [9]. Pada metode SVD ini digunakan untuk proses ekstraksi ciri citra dengan cara faktorisasi dari matriks kompleks dalam pemrosesan gambar. SVD didasarkan pada teori aljabar linier, bahwa suatu matriks persegi panjang dimensi $m \times n$ dapat dipecah atau difaktorkan menjadi perkalian dari 3 buah matriks, yaitu matriks ortogonal U, matriks diagonal Σ dan transpose dari matriks ortogonal V [10]. Berikut rumus dari SVD.

$$A_{(m \times n)} = U_{(m \times n)} \times \Sigma_{(n \times n)} \times V_{(n \times n)}^T \quad (2)$$

Kolom dari U adalah vektor eigen ortonormal dari AA^T . Kolom dari V adalah vektor eigen ortonormal dari $A^T A$. Σ adalah matriks diagonal yang elemen-elemennya merupakan nilai singular atau akar pangkat dua dari nilai eigen U atau V dan disusun dalam orde menurun (*descending*) [10].

2.5 Principal Component Analysis

PCA merupakan metode fitur ekstraksi pada pengenalan pola dan menganalisis data yang akan berkorelasi dengan variabel pada *database*. Metode ini banyak digunakan untuk pengenalan wajah-wajah tertentu dalam mengenali wajah pada *database image* [11]. Bentuk dasar PCA adalah untuk meminimalkan dimensi *set data* yang terdiri dari jumlah besar berupa variabel, dengan mempertahankan banyaknya dari variansi dalam *set data*. Rumus PCA yang digunakan adalah nilai *eigen* dan vektor *eigen* [12].

PCA mencari *eigenface* yang merupakan kumpulan dari *Eigen Vector*. *Eigenface* adalah ciri-ciri penting dari distribusi citra wajah yang didapatkan [5]. *Eigenface* merupakan nama yang diberikan untuk satu set vektor *eigen* dalam pengenalan wajah manusia [13]. Dalam *Eigenface*, komponen utama dan vektor eigen dapat dikombinasikan untuk merekonstruksi gambar wajah [14]. Untuk mendapatkan *eigenface*, PCA melakukan perhitungan matriks kovarian dari kumpulan citra wajah latih. *Eigenface* tersebut akan menjadi dasar perhitungan jarak wajah yang mempresentasikan nilai bobot individu yang mewakili satu atau lebih citra wajah. Kemudian Nilai bobot ini digunakan untuk mengenali citra wajah uji dengan mencari jarak nilai bobot citra wajah uji dengan nilai bobot wajah latih. Perhitungan jarak bobot dilakukan dengan perhitungan jarak *Euclidian* (*Euclidian Distance*). Pada penelitian ini difokuskan apakah perbedaan tingkat sensitifitas cahaya mempengaruhi akurasi pengenalan wajah.

2.6 Euclidean Distance

Euclidean Distance adalah salah satu metode klasifikasi yang paling banyak digunakan. Klasifikasi ini digunakan dengan menghitung jarak antara dua buah objek, perbandingan ini dapat dilakukan dengan cara menghitung jarak *Euclidean* (*Euclidean Distance*). Metode ini dilakukan dengan mencari nilai selisih terkecil antara nilai *eigenface* data latih dengan nilai *eigenface* data uji. Semakin kecil nilai jarak yang dihasilkan maka data tersebut diklasifikasi menjadi 1 kelompok [15]. Metode *Euclidean Distance* ini sangat baik untuk pengenalan, metode ini juga disebut jarak *euclidean* [16]. Pengukuran jarak dilakukan dengan mengukur kemiripan dua vektor ciri citra antara pelatihan dan pengujian [15]. Berikut rumus perhitungan jarak *euclidean*.

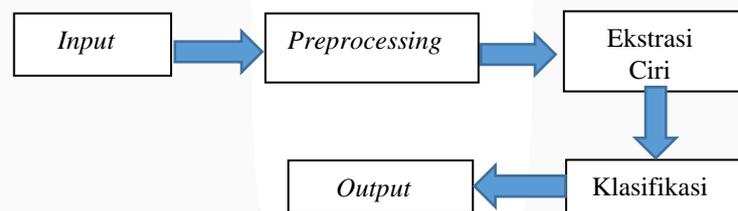
$$\varepsilon_i = \min \|u - u_{new}\| \quad (3)$$

Simbol ε_i Adalah nilai dari *Euclidean Distance*, u merupakan nilai *eigenface* dari data latih, sedangkan u_{new} adalah nilai dari *eigenface* data uji.

3. Pembahasan

3.1 Sistem Model

Proses perancangan sistem pendeteksian wajah berbasis video *real-time* dapat digambarkan blok diagram sistem pada gambar 2



Gambar 2 Blok Diagram sistem

Langkah pertama dilakukan pada gambar 3.1 yaitu pengambilan gambar untuk pelatihan dan pengambilan video dengan kamera CCTV untuk pengujian. Pada pengambilan video diambil setiap *frame* yang telah direkam untuk melakukan ekstrasi ciri agar dapat diklasifikasi dengan wajah pada *template*. Kemudian mengklasifikasi wajah menggunakan *Euclidean Distance*.

3.2 Pengujian Sistem

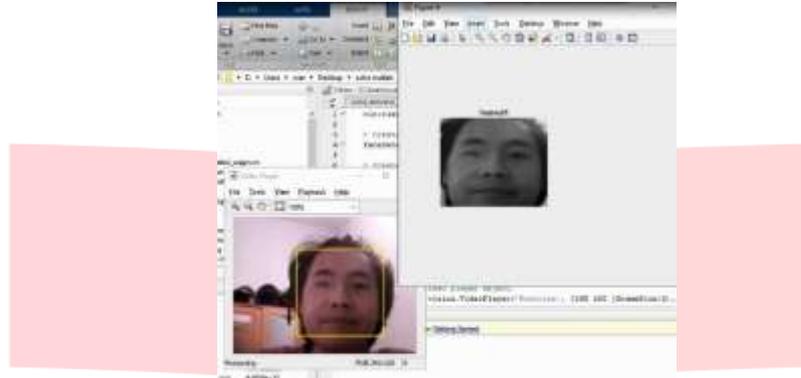
Pengujian sistem pada Tugas Akhir ini terdiri dari satu skenario percobaan untuk menguji performansi terhadap akurasi dari sistem yang telah dirancang. Pada skenario ini dikondisikan dengan tingkat faktor cahaya yang berbeda, untuk menghitung tingkat jumlah faktor cahaya menggunakan *software* Lux Light Meter. Pengujian pada Tugas Akhir ini terbagi dalam tiga kondisi.

3.3 Hasil dan Analisis

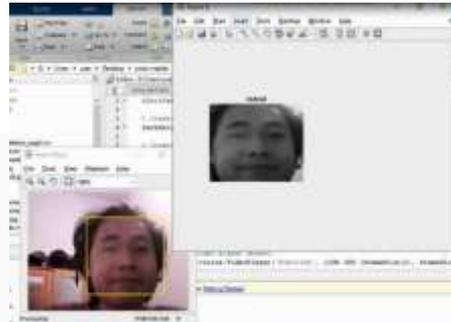
Pengujian pada skenario ini dilakukan untuk mengetahui akurasi pengenalan wajah dengan kondisi yang tingkat pencahayaan rendah, sedang, dan tinggi.

Pada kondisi tingkat cahaya rendah, Gambar 3 adalah pengujian atas nama Indra dengan hasil yang salah, dikarenakan menampilkan nama Husnul yang seharusnya menampilkan nama Indra. Sedangkan pada Gambar 4 merupakan pengujian dengan hasil benar karena dapat mengenali wajah

indra dengan benar. Skenario ini menghasilkan akurasi sebesar 6%, dikarenakan semua hasil pengujian wajah tidak dapat mengenali dari wajah yang diuji. Kondisi gelap atau tingkat pencahayaan rendah tidak dapat membantu dalam proses pengenalan wajah dengan baik. Namun dalam kondisi gelap dapat mendeteksi adanya wajah, sehingga dalam kondisi skenario 1 mampu mendeteksi wajah dengan baik namun tidak dapat mengenali wajah dengan benar.



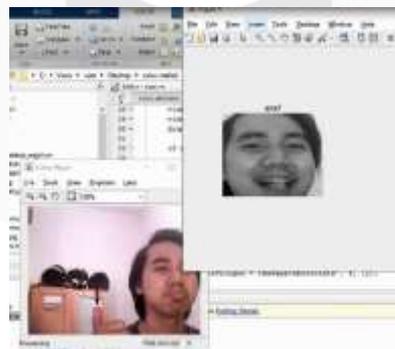
Gambar 3 Pengujian kondisi cahaya rendah dengan hasil salah



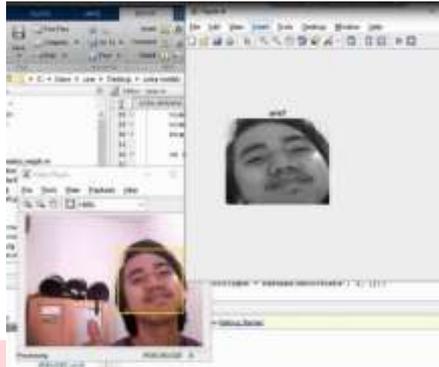
Gambar 4 Pengujian cahaya rendah dengan hasil benar

$$\text{Akurasi} = \frac{\sum \text{Jumlah Data Benar}}{\sum \text{Jumlah Data Keseluruhan}} \times 100\% = \frac{3}{50} \times 100\% = 6\%$$

Kondisi selanjutnya bertujuan untuk mengetahui hasil akurasi pengenalan wajah dengan kondisi pencahayaan yang sedang. Pada kondisi sedang ini menggunakan pencahayaan 100-1000 lux.



Gambar 5 Pengujian skenario 2 dengan hasil salah

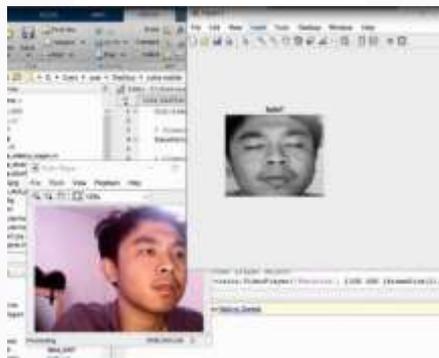


Gambar 6 Hasil kondisi cahaya sedang dengan hasil benar

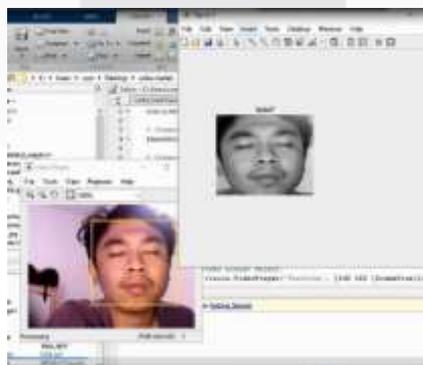
Gambar 5 merupakan pengujian atas nama Aris dengan hasil yang salah, karena tidak dapat mendeteksi wajah dengan baik, hal tersebut terjadi karena posisi wajah aris yang terlalu kesamping. Sedangkan pada Gambar 6 adalah pengujian dengan hasil yang benar, karena dapat mendeteksi wajah dan mengenali wajah Aris. Pada pengujian kondisi dengan tingkat intensitas cahaya sedang menghasilkan akurasi 88%, hasil ini jauh lebih baik daripada kondisi yang tingkat intensitas cahaya rendah. Maka pada kondisi intensitas cahaya sedang dapat mengenali wajah dengan baik.

$$\text{Akurasi} = \frac{\sum \text{Jumlah Data Benar}}{\sum \text{Jumlah Data Keseluruhan}} \times 100\% = \frac{44}{50} \times 100\% = 88\%$$

Kondisi selanjutnya bertujuan untuk mengetahui hasil akurasi pengenalan wajah dengan kondisi pencahayaan yang tinggi. Pada kondisi ini menggunakan pencahayaan >1000 lux.



Gambar 7. Pengujian kondisi cahaya tinggi dengan hasil salah



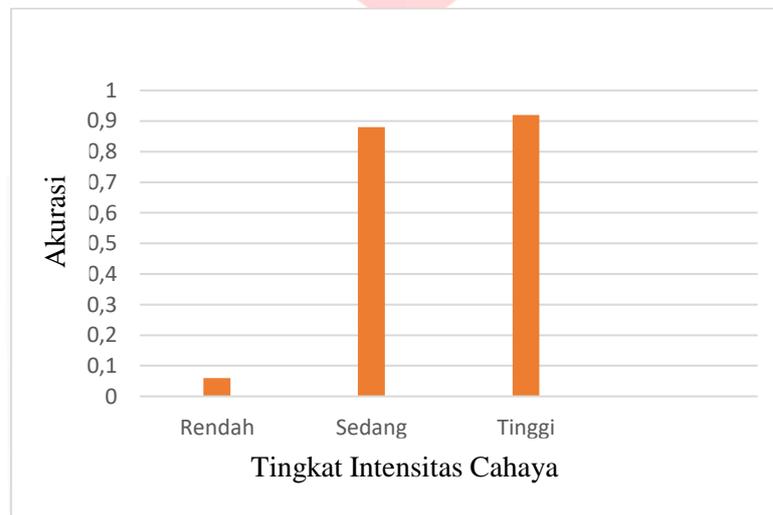
Gambar 8. Pengujian kondisi cahaya tinggi dengan hasil benar

Gambar 7 adalah pengujian atas nama Fulki dengan hasil yang salah, karena tidak dapat mendeteksi adanya wajah, hal tersebut dikarenakan wajah Fulki terlalu menoleh ke samping. Sedangkan pada gambar 8 merupakan pengujian dengan hasil yang benar, karena wajah Fulki dapat dideteksi dan dikenali oleh sistem. Pada pengujian kondisi ini dilakukan untuk mengetahui akurasi sistem pengenalan wajah dengan kondisi intensitas cahaya yang tinggi. Hasil pada skenario ini menghasilkan akurasi sebesar 92%, karena hampir semua wajah pada pengujian dapat dikenali dengan benar. Sehingga pada kondisi ini, sistem pengenalan wajah dapat mengenali wajah dengan sangat baik.

$$\text{Akurasi} = \frac{\sum \text{Jumlah Data Benar}}{\sum \text{Jumlah Data Keseluruhan}} \times 100\% = \frac{46}{50} \times 100\% = 92\%$$

3.4 Hasil dan Analisis Umum

Hasil pengujian dengan mimik berbeda tidak mempengaruhi hasil akurasi dari sistem. Hal ini disebabkan sistem ini menggunakan algoritma Viola Jones, sehingga dapat mendeteksi wajah dengan mimik yang beragam. Hasil pengujian dengan posisi wajah yang berbeda mempengaruhi hasil akurasi dari sistem. Hal ini disebabkan algoritma Viola Jones tidak bisa mendeteksi wajah apabila terdapat bagian wajah yang hilang, sehingga posisi wajah yang terlalu menoleh kesamping sampai terdapat bagian wajah yang hilang tidak dapat dideteksi wajah dengan baik.



Gambar 9. Grafik hasil akurasi berdasarkan tingkat intensitas cahaya

Berdasarkan hasil pengujian dari seluruh kondisi tingkat pencahayaan, hasil yang kondisi 1 yaitu tingkat pencahayaan rendah diperoleh akurasi yang sangat kecil. Hal ini disebabkan karena tingkat pencahayaan rendah sehingga sistem tidak bisa mengenali wajah dengan benar, tetapi masih bisa mendeteksi adanya wajah. Pada kondisi 2 dan 3 diperoleh hasil akurasi yang besar. Hal ini disebabkan pada kondisi tingkat cahaya sedang dan tinggi sehingga sistem mampu mendeteksi adanya wajah dan mengenali wajah dengan benar, tetapi pada kondisi 3 diperoleh hasil akurasi yang lebih baik dari pada kondisi 2. Jadi semakin tinggi tingkat cahaya maka semakin tinggi juga hasil akurasi yang didapat.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini maka dapat disimpulkan bahwa metode SVD dan PCA dapat digunakan pada sistem deteksi wajah pada video *real-time*. Intensitas cahaya sangat mempengaruhi pada sistem ini. Semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin baik akurasi yang didapat pada sistem deteksi wajah pada video *real-time*. Pada intensitas cahaya tinggi menghasilkan akurasi 92% yang merupakan akurasi paling tinggi.

Reference:

- [1] C. Lan, C. Huang, X. Guo, L. Zhang, and C. Han, "Facial Feature Detection and Tracking Based on the Video Image," pp. 1103–1107, 2019, doi: 10.1109/icctec.2017.00241.
- [2] L. K. Joshila Grace and K. Reshmi, "Face recognition in surveillance system," *ICIIECS 2015 - 2015 IEEE Int. Conf. Innov. Information, Embed. Commun. Syst.*, pp. 4–8, 2015, doi: 10.1109/ICIIECS.2015.7192887.
- [3] S. Devica, "Video," *Pengaruh Harga Disk. Dan Persepsi Prod. Terhadap Nilai Belanja Serta Perilaku Pembelian Konsum.*, vol. 7, no. 9, pp. 27–44, 2015.
- [4] Wikipedia, "Komputasi Waktu Nyata," 2016, [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Komputasi_waktu_nyata.
- [5] A. Budi, S. Suma'inna, and H. Maulana, "Pengenalan Citra Wajah Sebagai Identifier Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA)," *J. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 2, pp. 166–175, 2018, doi: 10.15408/jti.v9i2.5608.
- [6] J. Prinosil and J. Vlach, "Face detection in image with complex background," *IFIP Int. Fed. Inf. Process.*, vol. 245, pp. 533–544, 2007, doi: 10.1007/978-0-387-74159-8_53.
- [7] R. dan Sagala, "Pengolahan Citra," *Landasanteori.Com*, no. 2012, pp. 1–17, 2009, [Online]. Available: <http://www.landasanteori.com/2015/09/pengertian-kreativitas-definisi-aspek.html>.
- [8] Y. Hu and Y. Mu, "Face recognition algorithm based on algebraic features of SVD and KL projection," *Proc. - 2016 Int. Conf. Robot. Intell. Syst. ICRIS 2016*, pp. 193–196, 2016, doi: 10.1109/ICRIS.2016.40.
- [9] J. Dhamija, T. Choudhury, P. Kumar, and Y. S. Rathore, "An Advancement towards Efficient Face Recognition Using Live Video Feed: 'For the Future,'" *Proc. - 2017 Int. Conf. Comput. Intell. Networks, CINE 2017*, no. 1, pp. 53–56, 2018, doi: 10.1109/CINE.2017.21.
- [10] S. Sulaiman and S. Agoes, "Analisis Reduksi Data Citra Menggunakan Metode Dekomposisi Nilai Singular," *Citee*, pp. 21–25, 2017, [Online]. Available: <https://docplayer.info/51307775-Analisis-reduksi-data-citra-menggunakan-metode-dekomposisi-nilai-singular.html%0Ahttps://docplayer.info/38429178-Watermarking-dengan-metode-dekomposisi-nilai-singular-pada-citra-digital.html>.
- [11] A. L. Ramadhani, P. Musa, and E. P. Wibowo, "Human face recognition application using PCA and eigenface approach," *Proc. 2nd Int. Conf. Informatics Comput. ICIC 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/IAC.2017.8280652.
- [12] E. I. Abbas, M. E. Safi, and K. S. Rijab, "Face recognition rate using different classifier methods based on PCA," *Int. Conf. Curr. Res. Comput. Sci. Inf. Technol. ICCIT 2017*, pp. 37–40, 2017, doi: 10.1109/CRCSIT.2017.7965559.
- [13] A. A. Shah, Z. A. Zaidi, B. S. Chowdhry, and J. Daudpoto, "Real time face detection/monitor using raspberry pi and MATLAB," *Appl. Inf. Commun. Technol. AICT 2016 - Conf. Proc.*, pp. 2–5, 2017, doi: 10.1109/ICAICT.2016.7991743.
- [14] W. Ying and S. Pengfei, "Image PCA: A new approach for face recognition," *ICASSP, IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process. - Proc.*, vol. 1, pp. 1241–1244, 2007, doi: 10.1109/ICASSP.2007.366139.
- [15] J. Stoldt, T. Uwe Trapp, and Toussai, "Pengolahan Citra Untuk Pengenalan Wajah Manusia Menggunakan Principal Component Analysis dan Euclidean Distance," Universitas Negeri Yogyakarta, 2019.
- [16] A. Apriantoro and E. Satriyanto, "Klasifikasi Citra Menggunakan Metode Euclidean Distance Dengan VB6," 2015.