

Pengolahan Citra

Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones

Indah Purnama Sari¹, Fanny Ramadhani², Andy Satria³, Dicky Apdilah⁴

¹ Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

² Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

³ Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Teknologi Informasi, Universitas Dharmawangsa, Medan, Indonesia

⁴ Fakultas Teknik, Teknik Informatika, Universitas Asahan, Medan Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 31 Juli 2023

Revisi Akhir: 07 Oktober 2023

Diterbitkan Online: 09 Oktober 2023

KATA KUNCI

Face Detection; Principal Component Analysis; Viola Jones

KORESPONDENSI

Phone: +62 822-7683-7886

E-mail: indahpurnama@umsu.ac.id

A B S T R A K

Wajah merupakan bagian tubuh manusia yang memiliki karakteristik tersendiri, sehingga dapat membedakan dan mengenali seseorang secara adil dengan melihat wajah mereka. Sampai saat ini mahasiswa belum mendalami penelitian tentang sistem biometrik karakteristik manusia dengan wajah otomatis yang dikenali pada sistem komputer. Teknologi berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir dalam mengembangkan hal hal pesat, karena teknologi ini telah mendominasi visi komputer maka dalam hal ini proses pelacakan wajah disorot dan dua algoritma dibuat untuk memperjelas peran program matlab dalam menciptakan sistem sederhana untuk pengenalan dan deteksi wajah. Algoritma yang bisa digunakan dalam melakukan hal ini adalah salah satunya Principal Component Analysis, dan untuk mendeteksi suatu citra yang terdapat dalam wajah manusia atau tidak menggunakan algoritma Viola Jones.

PENDAHULUAN

Deteksi wajah adalah salah satu tantangan utama dalam bidang pengolahan citra dan visi komputer. pendeteksian wajah merupakan suatu tahap awal yang tidak bisa dilewatkan dalam suatu proses pengenalan wajah, Kemampuan untuk secara akurat dan efisien mendeteksi wajah dalam gambar dan video memiliki banyak aplikasi, termasuk dalam pengenalan wajah, identifikasi emosi, analisis ekspresi wajah, pengawasan keamanan, dan banyak lagi. Sebuah sistem deteksi dan pengenalan wajah bertujuan untuk mereproduksi salah satu bawaan manusia untuk memiliki kemampuan mengenali karakteristik wajah di lingkungan yang berbeda dan mengasosiasikannya dengan pengetahuan yang tersimpan dalam memori mereka [1,2].

Pengenalan wajah adalah tugas yang mudah dan langsung bagi manusia, tetapi tampaknya tantangan untuk sistem komputasi karena beberapa variabel lingkungan untuk posisi dan jaraknya dari kamera, kondisi pencahayaan dan bayangan pada wajah, dan beberapa aspek individu, seperti janggut dan gaya rambut. Namun, beberapa individu fitur wajah hampir tidak berubah terlepas dari lingkungan, dan pengenalan wajah dilakukan dengan menganalisis pola yang ditemukan. Seperti sistem komputasi lainnya, sistem pengenalan wajah dikembangkan untuk mempercepat pelaksanaan tugas yang dapat dilakukan oleh manusia, dengan manfaat yang lebih tinggi kinerja mesin saat menjalankan tugas berulang yang membutuhkan perhatian dan kesabaran [3,4].

Pengenalan wajah pada manusia lebih kompleks dan tepat daripada yang lainnya sistem otomatis, karena melibatkan konteks lingkungan sosial dan memperoleh pengetahuan sepanjang hidup mereka. Namun demikian, selama analisis

video, untuk Misalnya, konsentrasi individu dapat menurun seiring waktu karena kelelahan dan elemen yang mengganggu. Face recognition saat ini banyak dikembangkan karena dapat diaplikasikan sebagai bidang permasalahan. Dua metode yang telah terbukti berhasil dalam deteksi wajah adalah Principal Component Analysis (PCA) dan Viola-Jones. Kedua metode ini memiliki pendekatan yang berbeda dan dapat digunakan secara terpisah atau bahkan digabungkan untuk meningkatkan keakuratan dan keandalan deteksi wajah. dalam metode PCA digunakan untuk menganalisis citra dan pengenalan pola yang tujuan utamanya adalah mengurangi dimensi data sedemikian rupa sehingga kita dapat mengidentifikasi fitur utama atau pola yang tersembunyi dalam dataset. Dalam konteks deteksi wajah, PCA dapat digunakan untuk mereduksi dimensi gambar wajah, sehingga dapat mengurangi kompleksitas komputasi dan meningkatkan kecepatan deteksi. dan untuk Metode Viola-Jones adalah algoritma deteksi objek real-time yang terkenal karena efisiensinya. Pertama kali diperkenalkan oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001, algoritma ini telah banyak diimplementasikan dalam berbagai aplikasi [5,6].

Dalam penelitian algoritma Principal Component Analysis dan Viola Jones diimplementasikan ke dalam sistem pengenalan wajah menggunakan matlab dan kinerja ditentukan dalam hal akurasi pengenalan dan waktu eksekusi. dengan adanya penelitian ini diharapkan bahwa proses pengenalan wajah manusia dapat dilakukan secara otomatis dengan tingkat akurasi yang baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) adalah salah satu metode berbasis penampilan yang populer digunakan [7,8,9] untuk mereduksi dimensi dari sekumpulan atau ruang citra sehingga basis atau koordinat yang baru dapat menggambarkan model yang khas dari kumpulan tersebut [10,11,12,13]. Identifikasi biometrik dengan mengimplementasikan metode haar cascade dan algoritma PCA yang dilakukan [14,15,16,17] berhasil mengintegrasikan pendeteksian dan pengenalan wajah ke dalam sistem kehadiran.

PCA sering disebut dengan eigenface atau eigenvector yang diterapkan pada wajah. Hal ini disebabkan ekstraksi ciri yang digunakan untuk mencirikan suatu objek merupakan hasil proses persamaan karakteristik yaitu eigenvector [18,19,]. Jadi, dalam proses ekstraksi ciri menggunakan PCA terdapat proses untuk menghasilkan eigenvector terlebih dahulu [20,21]. Pengenalan wajah dengan algoritma ini dilakukan dengan melakukan rotasi sebesar $[W]$ terhadap citra wajah yang ingin dikenali dan kemudian hasil rotasi tersebut dibandingkan kedekatannya dengan citra wajah referensi yang ditransformasikan sebesar $[W]$.

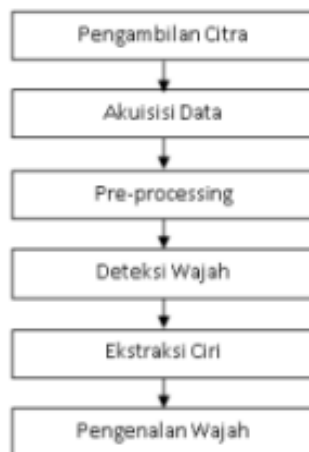
Viola – Jones

Metode Viola-Jones merupakan metode pendeteksian objek yang memiliki tingkat keakuratan tinggi sekitar 93,7%. Metode ini diusulkan oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001 [22,23,24]. Metode Viola-Jones ini menggabungkan empat kunci utama yaitu: - Haar Like Feature: merupakan kumpulan fitur khusus untuk merepresentasikan wajah. Haar Like Feature di evaluasi melalui penggunaan representasi gambar baru yang menghasilkan sejumlah besar fitur [25,26]. - Integral Image: merupakan cara cepat menghitung Haar Feature. - Adaboost Learning: merupakan pembobotan secara statistik nilai-nilai fitur yang didapat dan difilter menggunakan Cascade Classifier. - Cascade Classifier: merupakan tahap akhir dalam mengkombinasikan banyak fitur. Pencocokan fitur adalah masalah mendasar dalam visi komputer dan memainkan peran penting dalam pengenalan objek dan lokalisasi [27,28]. Adapun untuk penggunaan metode Viola-Jones dalam pendeteksian wajah disini pada blok citra masukkan yang masih mengandung komponen wajah dan bukan wajah dipisahkan [29,30], sehingga hanya ada komponen wajah yang dilewatkan pada blok ini.

METODOLOGI

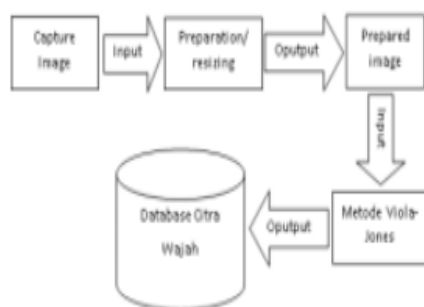
Data Penelitian Pada penelitian ini data citra wajah diakuisisi dengan menggunakan kamera Laptop . Data yang digunakan merupakan citra RGB dengan format *.jpg. Data diperoleh dengan cara mengakuisisi citra terhadap mahasiswa UMSU. Data kemudian dibagi menjadi dua bagian yaitu sebagai data latih dan data uji. Alur Penelitian Penelitian pengenalan

wajah terdiri dari beberapa tahapan antara lain adalah akuisisi data, pre-processing, deteksi wajah, ekstraksi ciri, dan pengenalan wajah. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



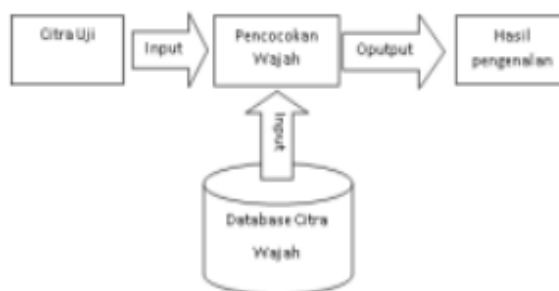
Gambar 1. Tahapan Penelitian Sistem Pengenalan Wajah

Proses pengambilan citra dilakukan dengan menggunakan kamera Laptop yang kemudian dilakukan akuisisi agar dapat diolah menjadi database citra wajah. Citra yang diakuisisi merupakan citra wajah mahasiswa di UMSU. Pre-processing yang dilakukan adalah berupa proses resizing untuk memperkecil ukuran citra sehingga dapat mempercepat waktu proses komputasi. Kemudian dilanjutkan dengan proses deteksi wajah dengan menggunakan algoritma viola-jones. Setelah wajah berhasil dideteksi, dilanjutkan dengan proses ekstraksi ciri berupa data vector dan akan menjadi database citra wajah. Adapun urutan tahap PreProcessing dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Pre-Processing Image

Sedangkan ilustrasi dari alir sistem pengenalan wajah ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Sistem Pengenalan Wajah

Berdasarkan dari proses-proses yang ada pada diagram alir tersebut, maka dapat diketahui untuk melakukan pembuatan sistem pengenalan wajah dengan menggunakan metode Viola-Jones dan Principal Component Analysis (PCA) terdapat beberapa proses yang harus dikerjakan, diantaranya adalah:

1. Capture Image

Capture Image adalah proses awal dari pembuatan sistem pengenalan wajah. Capture Image dilakukan menggunakan kamera Laptop untuk mendapatkan gambar dengan resolusi yang tinggi agar terlihat jelas. Citra yang dihasilkan adalah citra RGB yang menggunakan format .jpg. Citra dari hasil proses Capture Image ini, kemudian dilakukan

proses pengenalan menggunakan metode Viola-Jones untuk mengenali wajah manusia yang terdapat dalam citra tersebut.

2. Pre-Processing

Pre-Processing adalah proses dimana citra asli yang telah diambil menggunakan kamera Laptop diolah sebelum dilakukan proses penggunaan metode Viola-Jones. Proses ini bisa dibilang sebagai proses awal untuk melakukan pendeteksian wajah dari suatu citra. Proses ini dilakukan guna mendapatkan citra yang dapat diolah sebagai data untuk dimasukkan dalam database. Terdapat beberapa proses yang dilakukan dalam tahap ini. Proses-proses tersebut meliputi cropping, resizing, grayscale, binerisasi citra, dan face detection.

a. Cropping

Cropping adalah proses dimana dilakukan beberapa pemotongan pada gambar untuk mendapatkan gambar wajah secara utuh. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan citra wajah secara utuh, agar dapat dikenali dengan jelas ciri-ciri wajahnya. Gambar akan dipotong di beberapa sisi, dan menyisakan bagian citra wajah pada gambar tersebut. Setelah proses ini selesai, akan dilakukan tahap berikutnya, yaitu resizing.

b. Resizing

Resizing adalah proses dimana resolusi gambar diturunkan pada angka tertentu, guna mendapatkan resolusi yang diinginkan. Dalam tahap ini ukuran data gambar bisa diperkecil/diperbesar sesuai dengan kebutuhan. Apabila gambar memiliki ukuran yang terlalu besar, maka proses berjalannya aplikasi akan berat, dan akan mengakibatkan diperlukannya waktu pengolahan yang cukup lama. Sedangkan, jika gambar memiliki resolusi yang rendah maka akan terjadi kemungkinan pendeteksian yang kurang akurat.

c. Grayscale

Pada tahap ini, konversi warna dilakukan pada gambar. Gambar asli dalam format warna RGB akan dikonversi ke gambar grayscale. Grayscale itu sendiri adalah gambar dengan komposisi warna abu-abu dan putih. Proses ini akan menghapus semua informasi warna, hanya menyisakan cahaya per piksel. Karena gambar digital yang ditampilkan menggunakan kombinasi merah, hijau, dan biru (RGB), setiap piksel memiliki tiga nilai pencahayaan yang terpisah. Oleh karena itu, ketiga nilai ini harus digabungkan menjadi satu nilai untuk memfasilitasi sistem dalam proses binerisasi gambar.



d. Binerisasi citra

Setelah gambar mengalami proses grayscale, langkah selanjutnya adalah melakukan proses binerisasi, untuk menghasilkan gambar hanya berwarna hitam dan putih. Gambar hitam dan putih adalah gambar hanya dua warna, hitam dan putih, tidak ada warna lain. Gambar hitam dan putih ini mirip dengan gambar grayscale, yang merupakan gambar abu-abu dan putih. Perbedaannya adalah bahwa gambar biner adalah gambar di mana piksel hanya memiliki dua nilai skala abu-abu, yaitu hitam dan putih. Pixel (elemen gambar) dari objek akan bernilai 1 sedangkan piksel latar belakang akan bernilai 0. Saat menampilkan 0 gambar berwarna putih dan 1 untuk hitam. Proses ini diperlukan untuk menganalisis fitur gambar wajah menggunakan metode Viola-Jones.

e. Face-Detection Tahap akhir dalam proses pre-processing, sebelum data masuk ke dalam database citra wajah, adalah proses face detection. Dalam proses ini, citra hasil olahan akan diproses menggunakan metode Viola-Jones untuk diketahui ciri-ciri dari sebuah wajah manusia. Setelah citra diolah, dan diketahui ciri-ciri wajahnya, maka citra tersebut akan menjadi database citra wajah manusia.

f. Metode Viola-Jones Viola-Jones merupakan metode algoritma untuk mendeteksi keberadaan wajah manusia dalam suatu citra. Pendeteksian ini berdasarkan ekstraksi ciri wajah manusia. Algoritma Viola-Jones berfungsi untuk mengenali ciri-ciri dari suatu objek dimana objek yang akan dikenali adalah wajah manusia. Penggunaan metode ini dilakukan setelah citra melalui proses pre-processing.

3. Deteksi Ciri Wajah Berdasarkan hasil citra yang telah preprocessing, sistem akan melakukan pendeteksian ciri wajah pada citra tersebut. Sistem akan melakukan pengolahan untuk mengenali ciri dari wajah yang terdeteksi. Pada proses pendeteksian ini sistem menggunakan metode Viola-Jones sebagai metode untuk mengetahui ciri-ciri dari wajah manusia.

a. Database Citra Wajah

Setelah proses pendeteksian wajah dengan metode Viola-Jones, maka wajah akan terdeteksi beserta ciri-ciri tiap wajahnya. Wajah yang terdeteksi inilah yang dimasukkan ke dalam database sebagai dasar dalam melakukan pengenalan wajah. Database citra wajah digunakan sebagai acuan proses pengenalan wajah. Hasil pengenalan akan menunjukkan identitas pemilik wajah sesuai dengan data yang ada pada database citra.

b. Pengujian Citra

Proses ini merupakan proses untuk mengenali setiap wajah yang terdapat pada citra yang telah diambil. Pada proses pengujian citra yang diambil akan dicocokkan dengan citra wajah yang terdapat pada database.

c. Pencocokan wajah

Proses Pencocokan wajah adalah proses untuk mencocokkan wajah yang diambil darisetiap mahasiswa dan dicocokkan dengan citra wajah yang ada pada database.

d. Hasil pengenalan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari proses sistem pengenalan wajah dengan menggunakan metode Viola-Jones dan Principal Component Analysis (PCA). Pada tahap ini, citra wajah yang diuji akan menunjukkan identitas siswa ketika citra wajah tersebut memiliki kesamaan ciri wajah sesuai dengan yang terdapat pada database citra wajah. Namun, apabila citra tersebut tidak memiliki kecocokan, maka sistem akan menunjukkan hasil tidak dikenali terhadap citra wajah yang diujikan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Ke 1

Proses pertama yaitu mengimplementasikan sistem menggunakan beberapa sampel citra digital yang telah diambil. Foto yang telah diambil kemudian diolah menggunakan algoritma Viola-Jones. Salah satu tampilan hasil proses deteksi wajah menggunakan algoritma viola jones ditunjukkan pada gambar dibawah :



Gambar 4. Deteksi Wajah

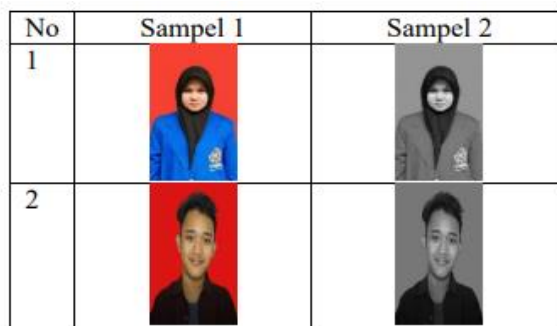
Proses selanjutnya adalah proses normalisasi. Proses normalisasi berupa tahapan cropping, resizing, dan grayscaling. Proses ini bertujuan untuk memudahkan penyimpanan gambar pada database citra.

Program pengambilan file merupakan awal untuk mencari gambar citra yang kita uji dan pengujian sample gambar kita resize supaya mempercepat komputasi. Resize gambar / citra adalah mengubah ukuran panjang dan lebar gambar. Matlab telah menyediakan fungsi untuk mengubah ukuran gambar. Fungsi “imresize” dapat digunakan untuk mengubah ukuran gambar. Berikut adalah listing program setelah di resize citra:

```
% memperkecil ukuran citra menjadi 0,1x ukuran semula untuk
mempercepat komputasi
Img = imresize(Img,0.1);
```

Gambar 5. Listing Program Resize Citra

Pada Tabel dibawah, Gambar pada kolom (a) dengan ukuran citra 100 x 100. Kemudian gambar dirubah kedalam format grayscale seperti yang bisa dilihat pada kolom (b) Hasil dari normalisasi foto setiap mahasiswa tersebut kemudian dijadikan sebagai database sistem pengenalan wajah ini.



Gambar 6. Normalisasi Gambar

Selanjutnya adalah proses pengujian yaitu menggunakan citra yang sudah diambil sebelumnya dan akan dicocokkan oleh database yang telah ada. Berikut adalah tabel hasil pengujian dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian

No	Nama Mahasiswa	Jumlah Sampel	Sampel Dikenali
1	Miranda	2	2
2	Qadri	2	2




Gambar 7. Citra Terdeteksi


Dapat dilihat pada Gambar diatas bahwa pada umumnya gambar yang terdeteksi sebagai wajah dengan posisi wajah tegak atau frontal kedepan dan sudut 45° menghadap kiri dan kanan Miranda Qodri 5 yang ditandai dengan frame berwarna kuning. Pada gambar diatas memiliki tingkat kecerahan yang cukup sehingga gambar-gambar tersebut berhasil dideteksi. Dari hasil pengujian program deteksi wajah dengan segmentasi kulit menggunakan metode Viola Jones memiliki tingkat akurasi 100%. Citra uji dalam penelitian ini berhasil terdeteksi.

Pengujian Ke 2

Pengujian kedua di lakukan dengan cara membandingkan beberapa sampel citra maupun objek yang akan dideteksi apakah berupa wajah seseorang ataupun tidak pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian pertama berupa beberapa citra dan objek

No	Citra	Jenis	TP	TN	FP	FN
1		Foto patung	1	0	1	0

2		Foto mainan	0	1	0	1
3		Foto wajah manusia	1	1	0	0
4		Foto kaleng	0	1	0	1
5		Gambar kartun	0	1	0	1
6		Foto wajah manusia	1	1	0	0
7		Foto hewan	0	1	0	1
8		Foto lukisan	1	1	0	0
9		Foto wajah manusia tampak samping	1	1	0	0
10		Foto siluet	0	1	1	0

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, diperoleh $Akurasi = \frac{5+9}{5+2+4+9} = 14 = 0,7 \times 100\% = 70\%$

Hal ini menandakan bahwa tingkat akurasi pada metode Viola Jones ini tergolong cukup akurat di mana hasil dari citra harus mencakup fitur wajah, yaitu mata, hidung, dan mulut. Apabila dilihat dari nilai $Sensitivitas = \frac{5}{5+4} = 5 = 0,55 \times 100\% = 55\%$

Percobaan pertama menghasilkan nilai spesifisitas sebesar 71% menandakan bahwa sistem mampu membedakan antara wajah dan bukan wajah dengan baik. Maka dari ketiga hasil parameter diatas dapat dihitung tingkat kehandalan sistem sebagai berikut:

$$\frac{Akurasi + Sensifitas + Spesifisita}{3}$$

$$Hasil\ rata - rata = \frac{70\% + 55\% + 71\%}{3} = 65\%$$

Pengujian Ke 3

Pada pengujian ketiga disediakan beberapa citra untuk menguji kemampuan sistem ini untuk mendeteksi multiple object sebagai media uji, apakah sistem ini mampu mendeteksi wajah jika terdapat banyak wajah sekaligus. Berikut ini disajikan sebuah citra dari hasil proses deteksi wajah yang ditunjukkan pada Tabel 3. Citra wajah yang terdeteksi oleh sistem diberikan tanda berupa kotak berwarna merah. Tanda kotak tersebut mengidentifikasi bahwa adanya seorang wajah manusia.

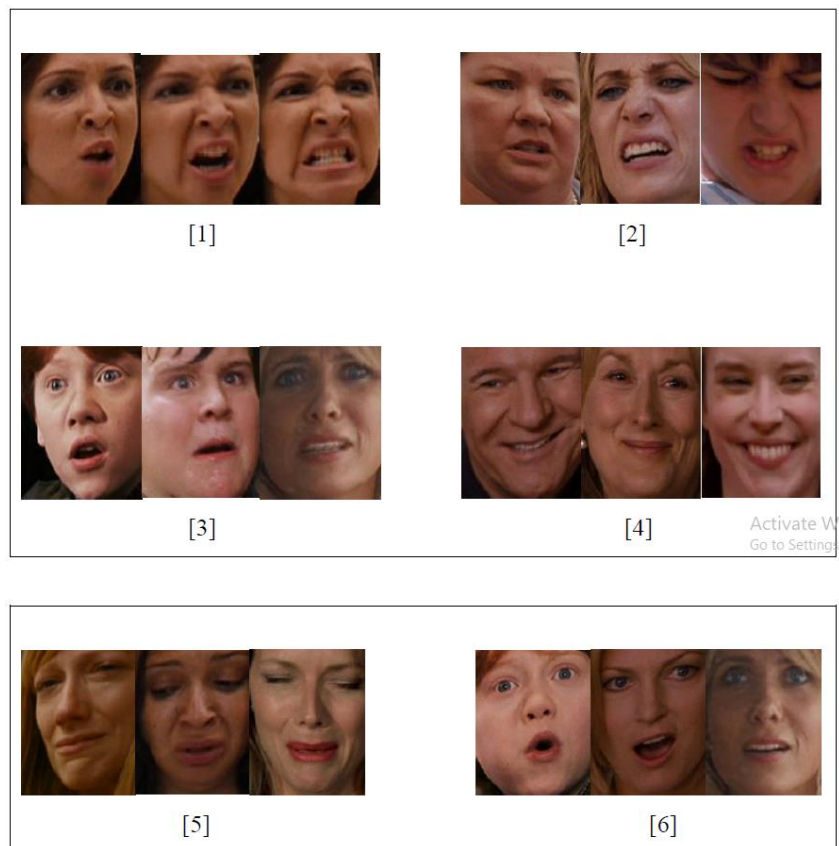
Tabel 3. Hasil pengujian kedua pada foto dengan banyak wajah

No	Citra	Keterangan	Total Wajah Asli	Total Wajah Terdeteksi
1		Ukuran citra di zoom (30%)	12	12
2		Citra dengan kontras normal	5	5
3		Citra dengan kontras (-20)	16	3
4		Citra dengan kontras (+20)	15	12

Dari hasil pengujian di atas pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa daya tangkap pendeteksi wajah pada sistem ini dipengaruhi intensitas cahaya yang diterima oleh sensor pendeteksi wajah. Kemudian kami uji kedua citra tersebut (nomor 3 dan nomor 4) dengan sampel 16 wajah yang memiliki perbedaan intensitas cahaya agar mengetahui tingkat kesuksesan sistem saat minim cahaya maupun cukup cahaya. Kedua hasil perhitungan tersebut cukup berbeda, sehingga disimpulkan bahwa citra yang memiliki cukup cahaya, keakuratan sistem dalam mendeteksi wajah akan meningkat.

Pengujian Ke 4

Citra yang digunakan pada penelitian ini berasal dari dataset Static Facial Expression in The Wild (SFEW) 2.0 sebanyak 1073 citra dengan 6 ekspresi berbeda, yaitu marah, jijik, takut, bahagia, sedih dan terkejut. Contoh dataset-nya ditampilkan pada Gambar 8:



Gambar 8. Sample Data 6 Ekspresi Wajah Sesuai Urutan [1] Marah/Angry [2] Jijik/Disgust [3] Takut/Fear [4] Senang/Happy [5] Sedih/Sad [6] Terkejut/Surprise

Hasil deteksi wajah dari metode Viola-Jones selanjutnya dijadikan bahan untuk pengenalan wajah pada metode Eigenface. Data yang dikumpulkan berupa dataset citra wajah yang diekstrak menjadi matriks vektor hasil komputasi. Analisis data dilakukan melalui serangkaian uji klasifikasi untuk pendeteksian wajah pada metode Viola-Jones dan uji korelasi citra wajah data latih. Setelah citra wajah didapatkan pada proses deteksi wajah, citra kemudian melalui proses ekstraksi ciri menggunakan PCA sebagai pengekstraksi fitur.

Pengujian Ke 5

Sebelum aplikasi digunakan untuk proses pengujian penulis melakukan pengujian terhadap aplikasi terlebih dahulu. Pengujian menggunakan metode kotak hitam (Black-Box Testing) untuk memastikan apakah fungsi, masukan dan keluaran dari aplikasi sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Berikut tabel pengujian aplikasi yang meliputi proses awal menjalankan aplikasi, memilih pelatihan untuk training dan identifikasi untuk pengklasifikasian ekspresi wajah secara real time menggunakan metode PCA dan CNN.

Tabel 4. Pengujian Menjalankan Aplikasi Utama

No	Metode	Prosedur	Hasil	Hasil Pengujian
1	Membuka aplikasi Pengklasifikasian Ekspresi Wajah secara Real Time Menggunakan Metode PCA dan CNN	Pengguna mengarahkan wajah ke kamera laptop, dengan memasang berbagai eskpresi wajah	Aplikasi akan mendeteksi objek wajah dan mengklasifikasikannya secara real time, dengan menampilkan hasil deteksi ekspresi wajah pada kotak probabilities	Berhasil. Aplikasi menampilkan Main Activity

Setelah beberapa kali dilakukan pengujian dan eksperimen pada aplikasi pengklasifikasian. Hasil berupa data-data, grafik dan persentase kemudian dicatat dan dibandingkan dengan penelitian yang hanya menggunakan metode CNN, dengan hasil yang dapat dilihat di Gambar 4.16 sebagai berikut:

Confusion Matrix:

Predicted Actual	Angry	Disgust	Fear	Happy	Sadness	Surprise
Angry	0.72	0	0	0.04	0.16	0
Disgust	0.13	0	0	0.174	0.565	0
Fear	0.143	0	0.571	0	0.286	0
Happy	0	0	0	0.878	0.041	0
Sadness	0	0	0	0.033	0.9	0
Surprise	0	0	0	0	0.143	0.571

Gambar 9. Confusion Matrix Ekspresi Wajah dengan Dataset SFEW 2.0

Confusion Matrix:

Predicted Actual	Angry	Disgust	Fear	Happy	Sadness	Surprise
Angry	0.559	0.202	0.166	0	0.009	0.006
Disgust	0.137	0.505	0.087	0.02	0.111	0.139
Fear	0.055	0.106	0.595	0.016	0.184	0.004
Happy	0.002	0.16	0.01	0.852	0.004	0.012
Sadness	0.146	0.142	0.115	0	0.572	0.025
Surprise	0.019	0.121	0.156	0.013	0.036	0.655

Gambar 10. Confusion Matrix Ekspresi Wajah dengan Dataset LFEW

Tabel 5. Hasil Pengujian Klasifikasi Ekspresi Wajah

Cross Validation	Label	Precision	Recall	F-Measure	Akurasi
1	Marah	0.667	0.72	0.692	0.917
	Jijik	NaN	0	0	0.881
	Takut	0.923	0.571	0.706	0.948
	Bahagia	0.878	0.878	0.878	0.938
	Sedih	0.491	0.9	0.635	0.839
	Kaget	1	0.571	0.727	0.984

KESIMPULAN DAN SARAN

Deteksi wajah dengan menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA) dilakukan untuk pengenalan wajah dan Viola-Jones dilakukan untuk proses pendeteksi wajah. Keduanya adalah pendekatan yang efektif untuk mengidentifikasi wajah dalam gambar dan video. PCA membantu mereduksi dimensi data, sementara Viola-Jones memberikan deteksi yang cepat dan akurat. Kombinasi keduanya dapat menghasilkan sistem deteksi wajah yang kuat dan efisien dengan berbagai aplikasi praktis. Tahap pengujian dilakukan dengan foto wajah manusia dengan hasil perolehan

pengenalan wajah yang cukup baik. Sistem dirancang kemudian di implementasikan ke dalam tampilan GUI program aplikasi Matlab.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prastya, Aris, Mahardiyah.,(2019). Sistem Pengenalan Wajah Manusia Menggunakan Algoritma Viola-Jones dan Principal Component Analysis. Sidoarjo: Universitas Maarif Hasyim, 85-92.
- [2] Tamara, Octa, Dana., A, Asni, B., & Mayda, Waruni.,(2019). Identifikasi Wajah dengan Segmentasi Warna Kulit Menggunakan Metode Viola Jones. Universitas Balikpapan, 4(1), 2549-0842.
- [3] Deise, Maia., & Roque, Trindade., (2016). Face Detection and Recognition in color Images under Matlab.9(2), 13-24.
- [4] Fouad, Shaker, Tahir, Al-azawi., & Asma, Abdulelah, Abdulrahman.,(2020). Face Detection By some Methods based on Matlab
- [5] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H (2021). Optimization of the FP-Growth Algorithm in Data Mining Techniques to Get the Electric Power Theft Pattern for the Development of Smart City. 4th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE), 293-298.
- [6] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H (2021). Cluster Analysis Using K-Means Algorithm and Fuzzy C-Means Clustering For Grouping Students' Abilities In Online Learning Process. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering, 2(1), 139-144.
- [7] Sari, I.P., Batubara, I.H., & Al-Khowarizmi, A (2021). Sensitivity Of Obtaining Errors In The Combination Of Fuzzy And Neural Networks For Conducting Student Assessment On E-Learning. International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects), 2(1), 331-338.
- [8] Sari, I.P., Fahroza, M.F., Mufit, M.I., & Qathrunad, I.F (2021). Implementation of Dijkstra's Algorithm to Determine the Shortest Route in a City. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering, 2(1), 134-138.
- [9] Batubara, I.H., Saragih, S., Syahputra, E., Armanto, D., Sari, I.P., Lubis,B.S., & Siregar, E.F.S (2022). Mapping Research Developments on Mathematics Communication: Bibliometric Study by VosViewer. AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan 14(3), 2637-2648.
- [10] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., & Batubara, I.H. (2021). Analisa Sistem Kendali Pemanfaatan Raspberry Pi sebagai Server Web untuk Pengontrol Arus Listrik Jarak Jauh. InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan, 6 (1), 99-103.
- [11] Sari, I.P., Basri, Mhd., Ramadhani, F., & Manurung, A.A. (2023). Penerapan Palang Pintu Otomatis Jarak Jauh Berbasis RFID di Perumahan. Blend Sains Jurnal Teknik, 2(1), 16-25.
- [12] Batubara, I.H., & Sari, I.P. (2021). Penggunaan software geogebra untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa. Scenario (Seminar of Social Sciences Engineering and Humaniora), 398-406
- [13] Sari, I.P., & Batubara, I.H. (2020). Aplikasi Berbasis Teknologi Raspberry Pi Dalam Manajemen Kehadiran Siswa Berbasis Pengenalan Wajah. JMP-DMT 1(4), 6.
- [14] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A.K., Ramadhani, F., & Sulaiman, O.K. (2023). Implementation of the Selection Sort Algorithm to Sort Data in PHP Programming Language. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering, 4(1).
- [15] Batubara, I.H., Sari,I.P., Hariani, P.P., Saragih, M., Novita, A., Lubis, B.S., & Siregar, E.F.S. (2021). Pelatihan Software Geogebra untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Matematika SMP Free Methodist 2. Martabe: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 4(3), 854-859.
- [16] Sari., I.P, Batubara., I.P, Al-Khowarizmi., A, & PP Hariani. (2022). Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Arsip Digital Berbasis Web untuk Mengatur Sistem Kearsipan di SMK Tri Karya. Wahana Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat 1 (1), 18-24.
- [17] Batubara., I.H, Sari., I.P, EFS Siregar, & BS Lubis. (2021). Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematika Melalui Metode Penemuan Terpandu Berbantuan Software Autograph. Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora 1 (1), 699-705.
- [18] Sari., I.P, A Syahputra, N Zaky, RU Sibuea, & Z Zakhir. (2022). Perancangan sistem aplikasi penjualan dan layanan jasa laundry sepatu berbasis website. Blend sains jurnal teknik 1 (1), 31-37.
- [19] Sari., I.P, A Azzahrah, FQ Isnaini, L Nurkumala, & A Thamita. (2022). Perancangan sistem absensi pegawai kantor secara online pada website berbasis HTML dan CSS. Blend sains jurnal teknik 1 (1), 8-15.

- [20] Ramadhani., F, & Sari., I.P. (2021). Pemanfaatan Aplikasi Online dalam Digitalisasi Pasar Tradisional di Medan. *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan 2* (1), 806-811.
- [21] Sari.,I.P, & Ramadhani., F. (2021). Pengaruh Teknologi Informasi Terhadap Kewirausahaan Pada Aplikasi Perancangan Jual Beli Jamu Berbasis WEB. *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan 2* (1), 874-878.
- [22] Sari., I.P, A Jannah, AM Meuraxa, A Syahfitri, & R Omar. (2022). Perancangan Sistem Informasi Penginputan Database Mahasiswa Berbasis Web. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer 1* (2), 106-110.
- [23] Hutasuhut, B.K., Sari, I.P., & Al-Khowarizmi, A (2023). Analysis the Effect of Digitalization and Technology on Web-Based Entrepreneurship. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4(1).
- [24] Sari., I.P, & Batubara., I.H. (2021). Perancangan Sistem Informasi Laporan Keuangan Pada Apotek Menggunakan Algoritma K-NN. *Seminar Nasional Teknologi Edukasi dan Humaniora (SiNTESa) 1* (2021 - ke 1).
- [25] Ramadhani., F, A Satria, & Sari., I.P. (2022). Aplikasi Internet Berbasis Website sebagai E-Commerce Penjualan Komponen Sport Car. *Blend Sains Jurnal Teknik 1* (2), 69-75.
- [26] Sari., I.P, & Batubara., I.H. (2021). User Interface Information System for Using Account Services (Joint Account) WEB-Based. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)*, 462-469.
- [27] Sari., I.P, Batubara., I.H, & M Basri. (2022). Implementasi Internet of Things Berbasis Website dalam Pemesanan Jasa Rumah Service Teknisi Komputer dan Jaringan Komputer. *Blend Sains Jurnal Teknik 1* (2), 157-163.
- [28] Ramadhani, F., Satria, A., & Sari, I.P (2023). Implementasi Metode Fuzzy K-Nearest Neighbor dalam Klasifikasi Penyakit Demam Berdarah. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer 2*(2), 58-62.
- [29] Sari., I.P, Al-Khowarizmi., A, & Batubara., I.H. (2021). Implementasi Aplikasi Mobile Learning Sistem Manajemen Soal dan Ujian Berbasis Web Pada Platform Android. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT 3* (2), 178-183.
- [30] Batubara, I.H., Saragih, S., Simamora, E., Napitupulu, E.E., Sari, I.P. (2022). Analysis of Student's Mathematical Communication Skills through Problem Based Learning Models Assisted by Augmented Reality. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal)*, 5(1), 1024-1037.