

Deteksi Dan Identifikasi Wajah Pada Citra Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* Dan *Gabor Wavelet* Untuk Sistem Presensi Karyawan

Gunawan Budi Sulisty

Universitas Bina Sarana Informatika
gunawan,gnw@bsi.ac.id

Abstract— *Facetedetection face recognition system which is included in the field of image processing can be combined with the attendance system so that it becomes one of the interesting things to do, where later the attendance system can also be done with the face. The process of making attendance applications with face recognition uses the Pricipal Component Analysis algorithm and Gabor Wavelet found in OpenCv. In general, the attendance process using facial recognition is done by entering face data first along with the password of each person, after that the scanning process is carried out for the attendance process. The eigenface method of Opencv looks for face data that approaches face data in the database. In testing this research the results obtained differed from one face to the other, when the database contained 10 face data, the results of the average percentage match reached 88%, whereas when the database totaled 20 face data, the average percentage results match reaches 52%. The cause of the difference in results is due to lighting factors, distance, face shape, and the amount of data available.*

Intisari—*Sistem pengenalan wajah facedetection yang termasuk dalam bidang pengolahan citra dapat dipadukan dengan sistem absensi sehingga menjadi salah satu hal yang menarik untuk dilakukan, dimana nantinya sistem absensi juga dapat dilakukan dengan wajah. Proses pembuatan aplikasi absensi dengan pengenalan wajah ini menggunakan algoritma Pricipal Component Analisis dan Gabor Wavelet yang terdapat pada OpenCv. Secara umum proses absensi menggunakan pengenalan wajah ini dilakukan dengan memasukkan data wajah terlebih dahulu beserta password dari masing-masing orang, setelah itu dilakukan proses pemindaian untuk proses absensi. Metode eigenface dari opencv ini mencari data wajah yang mendekati dengan data wajah yang ada di database. Pada pengujian penelitian ini hasil yang didapat berbeda-beda antara wajah satu dengan wajah yang lainnya, pada saat database berisi 10 data wajah, hasil rata-rata persentase kecocokan mencapai 88%, sedangkan pada saat database berjumlah 20 data wajah, hasil rata-rata persentase kecocokan mencapai 52%. Penyebab dari perbedaan hasil tersebut adalah karena faktor pencahayaan, jarak, bentuk wajah, serta jumlah data yang tersedia.*

Kata Kunci: *Deteksi, Idntifikasi Wajah, Citra, PCA, Gabor Wavelet, Presensi*

PENDAHULUAN

Deteksi wajah (*face detection*) merupakan salah satu proses awal yang sangat penting untuk mendeteksi, bahwa citra objek yang diolah ditemukan unsur pola wajah, sedangkan meng-*identifikasi* adalah membedakan antara manusia satu dengan yang lainnya. Proses ini biasanya dikaitkan dengan pemberian nama kepada seseorang. Deteksi wajah pada suatu citra merupakan langkah penting dalam interaksi manusia computer dan penelitian pengenalan pola. Dalam mengolah citra (Prayogi, Puspita, Kom, Si, & Si, n.d.).

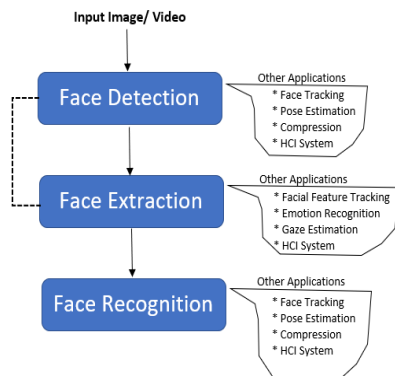
Untuk mendeteksi wajah, maka tahapan yang dilakukan oleh sistem adalah, ketika diberikan citra sembarang, maka akan dicari terdapat atau tidaknya pola wajah didalam citra tersebut. Jika diketemukan maka system akan memberi tahu berapa jumlah wajah yang ditemukan dan menandai dimana lokasi wajah-wajah tersebut dalam citra(Suhery & Ruslianto, 2017).

Deteksi wajah juga dapat dipandang sebagai masalah klasifikasi pola dimana inputnya adalah suatu citra dan outputnya adalah label kelas dari citra tersebut. Dalam hal ini terdapat dua label kelas, yaitu wajah dan non-wajah. Pengertian Citra secara umum dapat didefinisikan sebagai fungsi intensitas cahaya dari suatu objek dalam dua dimensi.

Teknik-teknik pengenalan wajah (*identifikasi*) yang dilakukan selama ini banyak yang menggunakan asumsi bahwa data wajah yang tersedia memiliki ukuran yang sama dan latar belakang yang seragam. Di dunia nyata, asumsi ini tidak selalu berlaku karena wajah dapat muncul di dalam citra dengan berbagai ukuran, berbagai posisi, dan latar belakang yang bervariasi (Yusuf, Ginardi, & A, 2016).

Keuntungan utama pengenalan wajah adalah dengan teknologi biometrik yang lebih murah dibandingkan dengan teknologi lainnya. Meskipun wajah tidak dapat dianggap sebagai fitur unik seperti jari dan iris atau retina, tetapi masih memiliki tingkat akurasi yang dapat diterima. Sekarang tren multibiometrik, pengenalan wajah dapat dikombinasi dengan

sidik jari merupakan solusi yang lebih baik untuk meminimalkan kemungkinan kesalahan atau pemalsuan (Meva, 2014).



Sumber: Meva dan Kumbharana (2014)
Gambar1. Proses deteksi dan identifikasi wajah

Model dari deteksi wajah (*face recognition*) seperti pada Gambar 1. Diberikan masukan/ input data berupa gambar atau video. Pada tahap ini, data gambar akan dicari pola wajah.

Setelah wajah dinormalisasi, untuk mendapatkan informasi identitas dari wajah tersebut, dilakukan proses ekstraksi. Sehingga dapat dibedakan antara wajah satu dengan lainnya.

Deteksi wajah sebagai salah satu masalah klasifikasi pola dari sebuah citra, yang diinputkan, dan outputnya adalah label dari kelas citra tersebut. Sehingga dalam hal ini terdapat dua label kelas, yakni label wajah dan label non wajah.

BAHAN DAN METODE

A. Citra Digital

Citra digital merupakan citra yang telah disimpan dalam bentuk file sehingga dapat diolah dengan menggunakan komputer. Citra digital digunakan dalam berbagai bidang yang dapat membantu manusia dalam bekerja. Dalam penggunaan citra, tidak semua gambar digunakan, kadang-kadang hanya sebagian saja, membutuhkan beberapa perubahan seperti mengubah ukuran citra, mengubah tingkat kecerahan, serta menggabungkan dua citra atau lebih, proses tersebut biasanya disebut pengolahan citra (Mehta, 2016).

Pengolahan citra memiliki berbagai macam jenis klasifikasi. Salah satunya adalah segmentasi citra. Segmentasi citra merupakan suatu proses memecah suatu citra digital menjadi banyak segmen/bagian daerah yang tidak saling bertabrakan (nonoverlapping)

dalam konteks citra digital daerah hasil segmentasi tersebut merupakan kelompok piksel yang bertetangga atau berhubungan.

B. Deteksi Wajah pada Citra

Teknologi deteksi wajah pada sebuah citra digital sering disebut dengan *facetedetection*. Dari data citra yang diperoleh, dicari apakah terdapat pola wajah atau tidak. Selanjutnya data tersebut diakumulasi untuk diambil tindakan selanjutnya sesuai dengan klasifikasinya masing-masing. Data citra yang memenuhi unsur pola wajah, akan ditandai dengan kotak.

C. Identifikasi Wajah

Teknologi identifikasi wajah secara digital atau lebih sering dikenal dengan *face recognition*. Secara umum cara kerjanya adalah dengan mengkonversikan foto, sketsa, dan gambar video menjadi serangkaian angka, yang disebut dengan *faceprint* kemudian membandingkannya dengan rangkaian angka lain yang mewakili wajah-wajah yang sudah dikenal. Secara garis besar proses pengenalan citra wajah oleh sistem dapat dibagi menjadi lima tahap (Ahmad, Najam, & Ahmed, 2012), yaitu:

1. Deteksi
2. Pengenalan Posisi
3. Normalisasi
4. Pengkodean
5. Perbandingan.

D. PCA (*Principal Component Analysis*)

Metode *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan salah satu cara untuk mereduksi citra pada saat dilakukan proses ekstraksi fitur, yang menggunakan algoritma identifikasi *eigenface*. (Suhery & Ruslianto, 2017)

Keunggulan dari system ini dapat mengidentifikasi wajah secara *real time*. melalui webcam dengan waktu rata-rata identifikasi 0,25 ms. Akan tetapi, karena identifikasi wajah tersebut menggunakan webcam, posisi wajah yang dikenali harus dalam posisi simetris dengan webcam dan dibutuhkan lebih dari satu perangkat webcam apabila digunakan pada tiap ruangan.

PCA digunakan untuk mencari struktur hubungan antara sejumlah variable stokastik yang ditemukan. Selain itu PCA digunakan untuk menemukan pola didalam sejumlah variabel data, kemudian mengekstrak dari variable-variabel tersebut dengan menonjolkan kemiripan ataupun perbedaan.

Dalam statistika, *principal component analysis/PCA*) adalah teknik yang digunakan untuk menyederhanakan suatu data, dengan cara mentransformasi data secara linier sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan varians maksimum. Analisis komponen utama dapat digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan. PCA juga sering digunakan untuk menghindari masalah multikolinearitas antar peubah bebas dalam model regresi berganda.

PCA merupakan analisis antara dari suatu proses penelitian yang besar atau suatu awalan dari analisis berikutnya, bukan merupakan suatu analisis yang langsung berakhir.[butuh rujukan] Misalnya komponen utama bisa merupakan masukan untuk regresi berganda atau analisis faktor atau analisis gerombol.

PCA juga dikenal dengan Transformasi Karhunen-Loève (dinamakan untuk menghormati Kari Karhunen dan Michel Loève) atau Transformasi Hotelling (dinamakan untuk menghormati Harold Hotelling). (Suhery & Ruslianto, 2017)

PCA juga merupakan salah satu teknik statistika multivariat yang dapat menemukan karakteristik data yang tersembunyi. Dalam penerapannya, Analisis komponen utama, justru dibatasi oleh asumsi-asumsinya, yaitu asumsi kelinearan model regresi, asumsi keorthogonalan komponen utama, dan asumsi varians yang besar memiliki struktur yang penting.

Secara keseluruhan, metode PCA tampaknya hanya mempunyai penerapan yang sempit dalam ilmu-ilmu fisis, kerekayasaan, dan biologis. Kadang-kadang, dalam ilmu-ilmu pengetahuan sosial, metode analisis komponen utama bermanfaat untuk mencari peubah kombinasi yang efektif.

E. Gabor Wavelet

Metode pengenalan obyek dapat didefinisikan sebagai proses penentuan identifikasi obyek berdasarkan *database* citra yang ada. Tujuan digunakannya *Gabor Wavelet* adalah untuk memunculkan ciri-ciri khusus dari citra yang telah dikonvolusi terhadap kernel sebagai filter digunakan *Gabor Wavelet kernel* 2D yang diperoleh dengan memodulasi gelombang sinus 2D pada frekuensi dan orientasi tertentu dengan *Gaussian envelope* (Setyawan, Timotius, & Febrianto, 2011).

Atom Gabor (atau fungsi) diusulkan oleh insinyur listrik kelahiran Hongaria, Dennis Gabor pada tahun 1946. Saat ini, fungsi Gabor sering digunakan untuk ekstraksi fitur, terutama pada gambar berbasis tekstur analisis (antara lain, klasifikasi, segmentasi atau deteksi tepi) dan lebih praktis dalam pengenalan wajah. Banyak tugas pemrosesan gambar dapat dilihat dari segi transformasi wavelet. Berbicara secara informal, gambar bisa terlihat di bawah lensa dengan pembesaran yang diberikan oleh skala *wavelet*. Dengan itu, kita hanya bisa melihat informasi yang ditentukan oleh bentuk wavelet yang digunakan. Atom Gabor juga bisa terlihat dalam kata-kata transformasi wavelet . Secara khusus, *Gabor wavelet* dibuat dari satu tertentu atom dengan dilasi (dan rotasi dalam kasus dua dimensi). Wavelet Gabor ini memberikan gambar lengkap representative.

Proses awal pengenalan ekspresi wajah dimulai dari tahap akuisisi citra yang diperoleh melalui capture kamera digital dengan ukuran 256x256 piksel. Tahap selanjutnya adalah pengolahan citra meliputi perubahan ukuran citra dan thresholding. Pada tahap ekstraksi ciri, vektor bobot citra diperoleh dengan menggunakan wavelet Gabor yang kemudian dinormalisasikan untuk memperoleh data dengan kisaran nilai antara 0 dan 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses deteksi citra, dilakukan pencocokan dengan pola wajah yang sudah disepakati. Selanjutnya citra yang masuk dilakukan klasifikasi antara citra yang memenuhi unsur wajah, dengan citra yang tidak memenuhi. Citra yang memenuhi unsur wajah, dicari kesamaannya dengan *database*.

Penjabaran penjelasan awal sistem dari uji coba empat kasus :

1. Perubahan pose tersenyum, membuka mulut, mengembungkan pipi, menyipitkan mata, menggunakan atribut tambahan seperti kacamata dan kerudung serta

Transformasi W menjadi Z

$$\begin{aligned} \ln Y &= 8,94 - 0,261 W1 + 0,267 W2 \\ \ln Y &= 8,94 - 0,261 (-0,434 Z1 - 0,429 Z2 - 0,425 Z3 - 0,410 Z4 - 0,406 Z5 - 0,338 Z6) + 0,267 (-0,090 Z1 + \\ & 0,180 Z2 + 0,341 Z3 + 0,424 Z4 - 0,231 Z5 - 0,791 Z6) \\ \ln Y &= 8,94 + 0,089 Z1 + 0,160 Z2 + 0,202 Z3 + 0,220 Z4 + 0,044 Z5 - 0,123 Z6 \end{aligned}$$

Transformasi dari Z ke X.

$$\begin{aligned} \ln Y &= 8,94 + 0,089 Z1 + 0,160 Z2 + 0,202 Z3 + 0,220 Z4 + 0,044 Z5 - 0,123 Z6 \\ \ln Y &= 8,94 + 0,089 \left(\frac{X1 - \bar{X}1}{S1} \right) + 0,160 \left(\frac{X2 - \bar{X}2}{S2} \right) + 0,202 \left(\frac{X3 - \bar{X}3}{S3} \right) + 0,220 \left(\frac{X4 - \bar{X}4}{S4} \right) + 0,044 \\ & \left(\frac{X5 - \bar{X}5}{S5} \right) - 0,123 \left(\frac{X6 - \bar{X}6}{S6} \right) \\ \ln Y &= 8,94 + 0,089 \left(\frac{X1 - 3,040}{1,818} \right) + 0,160 \left(\frac{\ln X2 - 10,909}{0,523} \right) + 0,202 \left(\frac{\ln X3 - 8,3974}{0,6309} \right) + 0,220 \left(\frac{\ln X4 - 15,061}{0,635} \right) \\ & + 0,044 \left(\frac{X5 - 5,940}{4,635} \right) - 0,123 \left(\frac{X6 - 5,9940}{0,2068} \right) \\ \ln Y &= 1,055881 + 0,048955 \ln X1 - 0,305927 \ln X2 + 0,320178 \ln X3 + 0,346457 \ln X4 + \\ & 0,009493 \ln X5 - 0,59478 \ln X6 \end{aligned}$$

Sumber: Ahmad dan Nazam (2012)
Gambar2. Proses transformasi PCA

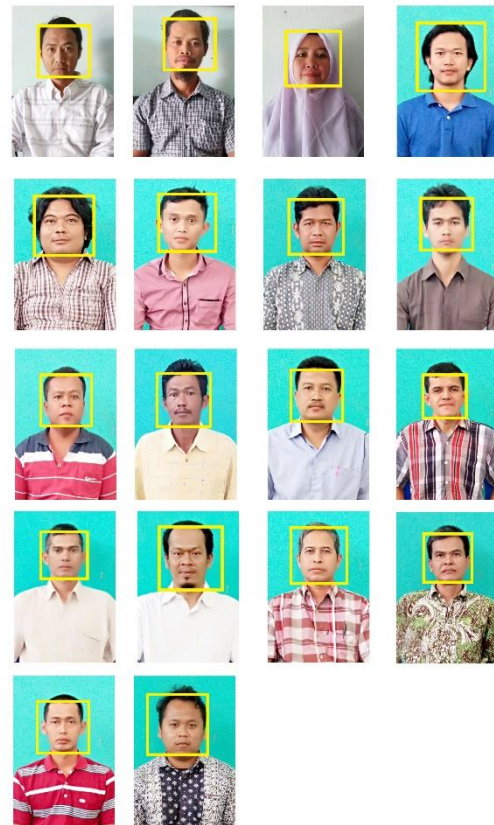
mengatur jarak pengambilan citra wajah dengan kamera tidak terlalu mempengaruhi akurasi pengenalan, yang terlihat pada persentase pengenalan wajah.

2. Pada pencahayaan yang normal proses pengenalan ternyata memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan pencahayaan yang tidak konstan, ini disebabkan detail wajah yang lebih jelas, sehingga kompleksitas warna wajah lebih tinggi pada pencahayaan yang tinggi.

Dapat diambil kesimpulan bahwa keberhasilan pengenalan dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya:

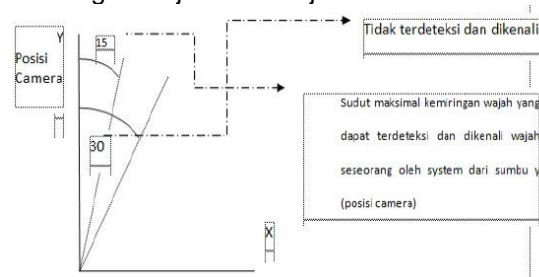
1. Jarak antara kamera dengan seseorang Untuk pengenalan yang baik, jarak antar seseorang dengan kamera saat pengambilan wajah dan proses deteksi sebaiknya jangan terlalu jauh karena menyulitkan kamera untuk melakukan proses deteksi wajah dan harus dibuat konstan jaraknya.
2. Pencahayaan lampu ataupun sinar Pengenalan menjadi lebih sensitif dan menurunkan kualitas pengenalan jika pencahayaan yang terlalu tinggi mengakibatkan matriks dari gambar menjadi lebih kompleks serta membuat detail gambar yang lebih rumit,
3. Posisi Wajah. Jika distorsi pose (miring ke kanan atau ke kiri) terlalu banyak sudut kemiringan akan menurunkan kualitas pengenalan dan untuk dapat mengenali pose wajah dari berbagai posisi tidak terlalu mempengaruhi hasil pengenalan.

Berikut antarmuka sistem, interface sistem ini berfungsi untuk mempermudah dalam pengoperasian aplikasi face Recognition yang dikembangkan. Aplikasi ini dibangun menggunakan bahasa pemrograman java pada android studio.



Gambar 3. Hasil proses identifikasi wajah

Sistem juga dapat menangkap citra wajah sampai tingkat kemiringan 15 derajat kemiringan wajah dari kamera tegak lurus dan tidak berpengaruh terhadap kurangnya pencahayaan dan ekspresi seseorang namun sistem tidak dapat mengenali citra wajah dari sebuah foto karena sistem tidak menangkap tekstur wajah yang akan dicocokkan dengan database citra wajah. Berikut gambaran sistem dapat menangkap citra wajah dengan tingkat kemiringan wajah 15 derajat.

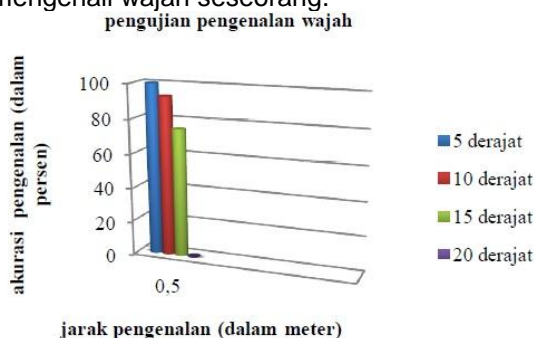


Gambar 3. Hasil proses identifikasi wajah

Fokus utama penelitian ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja sistem dalam hal ini akurasi pengenalan wajah. Oleh sebab itu parameter yang digunakan adalah parameter generalisasi. Generalisasi merupakan tingkat pengenalan yaitu kemampuan mengenali sejumlah pola yang diberikan. Dengan

bantuan library OpenCV dan Java CV memudahkan penulis membangun sistem aplikasi face recognition dan menguji algoritma fisherface dalam mendeteksi wajah.

Kasus I bertujuan menguji kemampuan sistem pengenalan dengan metode Fisherface untuk citra wajah dalam kondisi rentang jarak tertentu wajah ditangkap kamera untuk dicocokkan dengan database citra dan sudut wajah dari garis tegak lurus dengan kamera. Percobaan pertama pada kasus I ini menghasilkan vektor ciri berdimensi tiga dan didapatkan hasil generalisasi yang maksimal dari jarak 0,5 meter dan sudut wajah 5 derajat dari sudut tegak lurus wajah dengan kamera untuk hasil yang maksimal sistem dalam mengenali wajah sebesar 20/20 x 100%, ini artinya keseluruhan citra wajah pengujian dapat dikenal, sedangkan pada sudut 15 derajat dalam jarak 0,5 meter sebesar 15/20 x 100% sebanyak 75 persen tingkat akurasi, lima citra wajah tidak berhasil dikenali oleh sistem. Dapat disimpulkan semakin jauh jarak pengambilan wajah dan semakin besar sudut kemiringan wajah dari tegak lurus wajah dengan camera, sistem semakin sulit mengenali bahkan tidak dapat mendeteksi dan mengenali wajah seseorang.

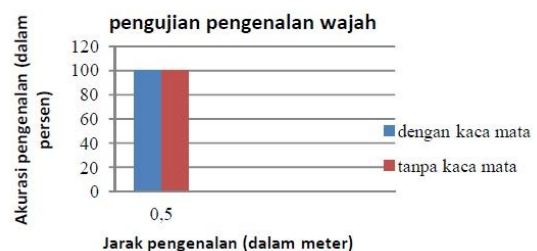


Gambar 5. Generalisasi Akurasi Pengenalan Wajah dengan Parameter Jarak dan Sudut Wajah

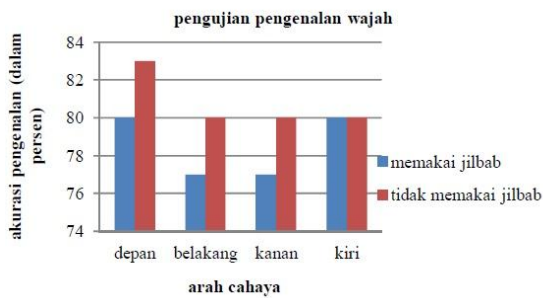
Kasus II bertujuan menguji kemampuan system pengenalan dengan metode Fisherface untuk citra wajah dalam kondisi rentang jarak tertentu wajah ditangkap kamera untuk dicocokkan dengan database citra dan penggunaan asesoris tambahan berupa kacamata. Percobaan pertama pada kasus II ini menghasilkan vektor ciri berdimensi tiga dan didapatkan hasil generalisasi yang maksimal dari jarak 0,5 meter menggunakan kacamata maupun tanpa kacamata untuk hasil yang maksimal sistem dalam mengenali wajah sebesar 20/20 x 100%, ini artinya keseluruhan citra wajah pengujian dapat dikenal sedangkan

sebaliknya sistem tidak dapat mendeteksi maupun mengenali wajah pada jarak lebih dari 0,5 meter. Dapat disimpulkan semakin jauh jarak pengambilan wajah dan penggunaan kacamata menyulitkan sistem untuk mengenali wajah seseorang.

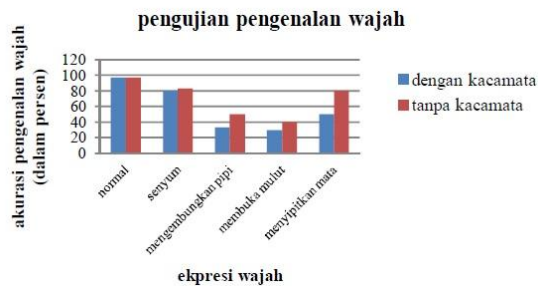
Kasus III bertujuan menguji kemampuan system pengenalan dengan metode Fisherface untuk citra wajah dalam kondisi arah pencahayaan dan penggunaan asesoris tambahan berupa jilbab untuk dicocokkan dengan database citra. Percobaan pertama pada kasus III ini menghasilkan vektor ciri berdimensi tiga dan didapatkan hasil generalisasi yang maksimal arah cahaya dari depan menggunakan jilbab maupun tanpa jilbab untuk hasil yang maksimal sistem dalam mengenali wajah sebesar 25/30 x 100% yaitu delapan puluh tiga persen, ini artinya lima citra wajah berjilbab pencahayaan dari arah depan tidak dikenali dan hasil yang tidak jauh beda tanpa menggunakan jilbab dengan arah cahaya yang sama dari depan dengan nilai generalisasi sebesar delapan puluh persen, hanya enam citra wajah uji yang tidak berhasil dikenali. Hasil generalisasi sistem kurang maksimal dengan hasil 77 persen, tujuh citra wajah tidak dikenali dari total 30 citra wajah yang diujikan pada arah cahaya dari belakang dan dari kanan dengan memakai jilbab, hanya 23 citra wajah yang berhasil dikenali. Dapat disimpulkan perbedaan arah cahaya yang berubah drastis sangat berpengaruh terhadap sistem dalam mengenali citra wajah, jadi diharapkan citra training dengan citra wajah yang diuji memiliki kontras pencahayaan yang sama untuk memaksimalkan sistem dalam mengenali seperti kondisi pencahayaan gelap total sedikit cahaya dan kondisi pencahayaan terang baik di citra training maupun di citra uji



Gambar 6: Generalisasi Akurasi Pengenalan Wajah dengan Parameter Jarak Dan Kacamata



Gambar 7: Generalisasi Akurasi Pengenalan Wajah dengan Parameter Arah Cahaya dan Jilbab



Gambar 8: Ekspresi Wajah dan Kacamata Tanpa Kacamata Bagian hasil penelitian

Dapat disimpulkan semakin extreme ekspresi seseorang seperti mengembungkan pipi dan membuka mulut menyulitkan sistem untuk menangkap tekstur citra wajah seseorang ditambah penggunaan kacamata membuat system kurang maksimal dalam mengenali wajah seseorang.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dan ditarik berdasarkan hasil pengujian sistem yang telah dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan parameter generalisasi (dengan rumus jumlah pola dikenali dibagi seluruh pola dikali serratus persen) maka dapat disimpulkan :

1. Sistem absensi pengenalan wajah face recognition yang telah dikembangkan dengan algoritma fisherface tidak berpengaruh terhadap ekspresi wajah yang normal, pencahayaan yang normal dan penggunaan kaca mata setelah dilakukan uji coba sebanyak dua ratus tiga puluh database citra wajah. Ini sesuai dengan kelebihan dari fisherface memaksimalkan jarak antara gambar wajah yang kelas yang berbeda tetapi

disisi lain meminimalkan jarak antara gambar wajah dari kelas yang sama

2. Hasil uji coba sistem ini menunjukkan bahwa sistem tidak dapat mengenali dan mencocokkan hasil tangkap kamera yang berupa citra wajah dari sebuah foto dengan database citra wajah yang tersimpan di database wajah yang telah di training

3. Sistem absensi pengenalan wajah face recognition mobile android hanya bisa menangkap citra wajah dengan kemiringan wajah kurang lebih lima belas derajat kemiringan dari tegak lurus camera dengan wajah

REFERENSI

- Ahmad, F., Najam, A., & Ahmed, Z. (2012). Image - based Face Detection and Recognition : " State of the A rt ," 9(6), 169–172.
- Mehta, P. (2016). An Efficient Attendance Management Sytem based on Face Recognition using Matlab and Raspberry Pi 2, (May).
- Meva, D. T. (2014). Study of different Trends and Techniques in Face Recognition, 96(8), 96–99.
- Prayogi, S., Puspita, E., Kom, M., Si, R. S. S., & Si, M. (n.d.). Sistem Deteksi Wajah Pada Sistem Pengaman Lingkungan Berdasarkan Deteksi Obyek Bergerak Menggunakan Kamera, 1–6.
- Setyawan, I., Timotius, I. K., & Febrianto, A. A. (2011). Frontal Face Detection using Haar Wavelet Coefficients and Local Histogram Correlation, 5(3), 157–172. <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.2011.5.3.1>
- Suhery, C., & Ruslianto, I. (2017). Identifikasi Wajah Manusia untuk Sistem Monitoring Kehadiran Perkuliahan menggunakan Ekstraksi Fitur Principal Component Analysis (PCA), 3(1), 9–15.
- Yusuf, M., Ginardi, R. V. H., & A, A. S. (2016). Rancang Bangun Aplikasi Absensi Perkuliahan Mahasiswa dengan Pengenalan Wajah, 5(2), 2–6.