

Pengenalan Wajah Menggunakan Metode *Viola-Jones* dan *Eigenface* Dengan Variasi Posisi Wajah Berbasis *Webcam*

Aries Suharso

Universitas Singaperbangsa Karawang, Fasilkom, Teknik Informatika
aries.suharso@unsika.ac.id
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

ABSTRAK

Pengenalan citra wajah manusia merupakan salah satu teknologi penting yang terus berkembang pada bidang computer vision dengan penerapannya dalam sistem keamanan, sistem kontrol, dan lain sebagainya. Pengenalan wajah yang diusulkan menggunakan objek wajah yang bervariasi posisinya dari hasil capture pada sebuah webcam yang terkoneksi pada sebuah komputer. Metode Viola-Jones digunakan untuk mendeteksi wajah dan metode eigenface digunakan untuk mengenali wajah, aplikasi yang dibangun menggunakan Microsoft visual studio dan fungsi capture pada webcam menggunakan OpenCV. Uji coba dilakukan pada intensitas cahaya normal dengan jarak dan posisi wajah yang telah ditentukan, pengolahan data uji dilakukan menggunakan Matlab. Hasil dari penelitian ini menunjukkan tingkat akurasi deteksi citra wajah sebesar 88.89% dengan sudut rotasi variasi posisi citra wajah menghadap ke depan (frontal) -15° , kesamping kiri 30° dan kanan 30° dan terbukti pada nilai threshold 75 memiliki akurasi tertinggi dan jumlah dikenali tertinggi yaitu sebesar 90.90%.

Kata Kunci : deteksi wajah, pengenalan wajah, variasi posisi, *Viola-Jones*, *eigenface*.

1. PENDAHULUAN

Saat ini telah banyak berkembang sistem yang memanfaatkan fitur deteksi wajah diantaranya yaitu sistem akses keamanan maupun sistem kontrol. Deteksi wajah sendiri dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya menggunakan metode *Viola-Jones*, yaitu metode yang menggabungkan *support vector machines*, algoritma *boosting*, dan *cascade classifier*. Metode ini kemudian diterapkan pada suatu sembarang citra digital, untuk mendapatkan citra wajah manusia dengan beberapa posisi wajah yang berbeda. Metode ini relative mendapatkan hasil yang cepat, akurat, dan efisien. Metode *Viola-Jones* merupakan algoritma yang paling banyak digunakan untuk mendeteksi wajah, dimana proses pendeteksian wajah dilakukan dengan mengklasifikasikan sebuah gambar setelah sebelumnya melalui sebuah pengklasifikasi yang dibentuk dari data latih.

Walaupun telah banyak dilakukan pengembangan pada deteksi dan pengenalan citra wajah namun hasilnya masih jauh dari kesempurnaan, terlebih sedikit yang membahas tentang deteksi citra wajah manusia berdasarkan variasi posisi wajah. variasi posisi wajah yang dimaksud pada penelitian ini adalah sudut kemiringan wajah dan jarak wajah manusia terhadap camera yang digunakan sebagai alat input capture image untuk diproses selanjutnya.

Penelitian ini berbentuk eksperimen rekayasa perangkat lunak yang luarannya berupa aplikasi dengan data dari penelitian ini berupa sampel citra yang dicapture dari sebuah webcam yang terhubung dengan komputer. Citra wajah manusia yang diambil berbeda-beda dengan masing-masing mendapatkan perlakuan variasi yang sama yaitu : kemiringan sudut posisi citra wajah, jarak wajah terhadap camera webcam dan intensitas cahaya.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Peubah yang diamati

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa sampel gambar yang diambil dari hasil *capture* sebuah *camera webcam*, dengan beberapa batasan aspek, yaitu : variasi posisi citra wajah, jarak wajah terhadap *camera webcam* dan intensitas cahaya.

Untuk variasi posisi wajah dilakukan beberapa posisi sebagai berikut :

- menghadap ke depan (frontal),
- rotasi sejajar 30° , 45° , 60° , dan 75° ke kanan,
- rotasi sejajar 30° , 45° , 60° , dan 75° ke kiri,

- mengangkat dagu -15° , 15° dan 30° ke atas,
 - menunduk kepala -15° , 15° dan 30° ke bawah,
- wajah yang dicapture webcam tidak terhalangi sebagian oleh objek lain, tidak banyak terpotong dan tidak bergerak.

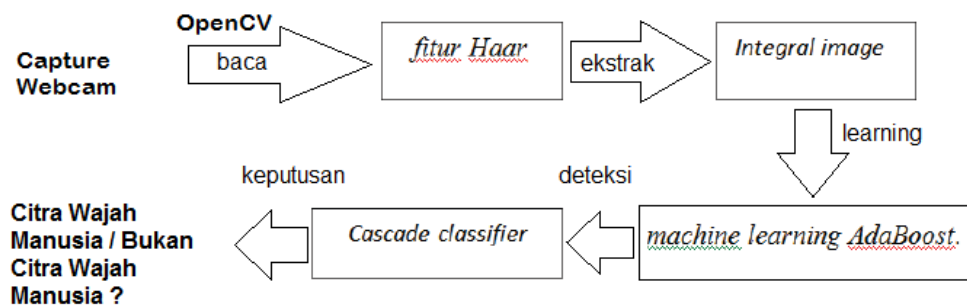
Untuk aspek jarak wajah terhadap camera webcam akan dicari jarak ideal antara 50cm hingga 200cm. Sedangkan untuk aspek intensitas cahaya ditetapkan pada kondisi normal dengan cahaya cukup yaitu pagi hari sekitar jam 10:00 wib.

2.2 Model yang digunakan

Pada penelitian ini akan digunakan gabungan dua buah metode, yaitu metode untuk mendeteksi citra wajah manusia menggunakan metode *Viola-Jones* dan metode untuk pengenalan wajah seseorang menggunakan metode *eigenface*. Adapun lokasi penelitian berpusat di Laboratorium Komputer Fasilkom Universitas Singaperbangsa Karawang.

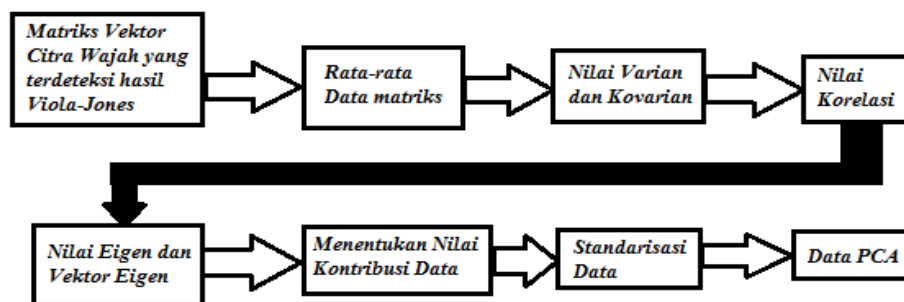
2.3 Rancangan Penelitian

Berikut ini merupakan skema proses deteksi wajah menggunakan metode Viola-Jones.



Gambar 2.1 Alur Proses Deteksi Citra Wajah Manusia menggunakan Metode *Viola-Jones*.

Hasil deteksi wajah dari metode *viola jones* selanjutnya dijadikan bahan untuk pengenalan wajah pada metode *Eigenface*.



Gambar 2.2 Alur Proses Pengenalan Citra Wajah Manusia menggunakan Metode *Eigenface*

2.4 Teknik pengumpulan dan Analisis Data

Data yang dikumpulkan merupakan data yang berupa citra kondisi fisik wajah seseorang yang diekstrak menjadi matriks vektor hasil komputasi dan analisis menggunakan Matlab. Analisis data dilakukan melalui serangkaian uji klasifikasi untuk pendeteksian wajah pada metode *viola-jone* dan uji korelasi citra wajah data latih untuk pengenalan wajah pada metode *eigenface*.

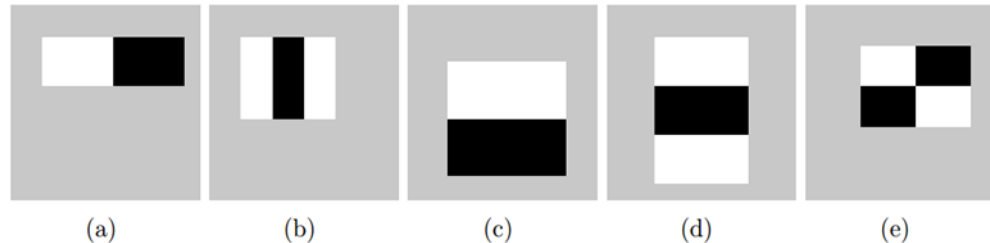
2.5 Penafsiran dan penarikan kesimpulan

Evaluasi hasil kinerja dari model pengenalan wajah metode *Viola-Jones* dan *Eigenface* dilakukan dengan berdasarkan pertimbangan nilai *precision* dan *false positive rate* yang membuktikan tingkat akurasi dari model pengenalan wajah yang diusulkan.

3. PEMBAHASAN

Membaca fitur Haar.

Langkah awal yang dilakukan pada metode deteksi wajah *Viola-Jones* adalah membaca sampel gambar oleh *MATLAB R2010a*. Fitur Haar adalah fitur yang digunakan dalam metode *Viola-Jones* yang dapat juga disebut fitur gelombang tunggal bujur sangkar (satu interval tinggi dan satu interval rendah), sedangkan untuk dua dimensi disebut sebagai satu terang dan satu gelap. Adanya fitur Haar ditentukan dengan cara mengurangi rata-rata piksel pada daerah gelap dari rata-rata piksel pada daerah terang.

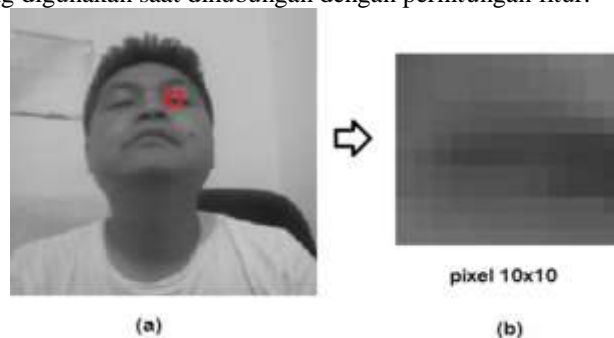


Gambar 3.1 Fitur Haar

Jika nilai perbedaannya itu di atas nilai ambang atau *threshold*, maka dapat dikatakan bahwa fitur tersebut ada. Selanjutnya untuk menentukan ada atau tidaknya dari ratusan fitur *Haar* pada sebuah gambar dan pada skala yang berbeda secara efisien digunakan *Integral Image*.

Untuk memperoleh perbedaan kondisi tingkat kecerahan, maka seluruh citra harus dalam bentuk nilai rata-rata yang telah dinormalisasikan dari variasi sebelumnya. Seluruh citra tersebut memiliki nilai variasi yang lebih rendah dibandingkan yang lainnya memiliki sedikit informasi maka akan dibuang dari penilaian.

Seperti yang terlihat pada gambar 3.1 fitur haar, latar belakang pada *template* (b) yang berwarna keabuan ke arah bagian warna yang lebih terang. Selanjutnya hanya *pixel* pada bagian yang diberi tanda saja yang digunakan saat dihubungkan dengan perhitungan fitur.



Gambar 3.2 Potongan *pixel* pada fitur haar

Contoh penghitungan nilai *pixel* suatu image dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.2 dipilih daerah yang bertanda kotak merah dengan ukuran *pixel* 10x10, selanjutnya dihitung dengan *Matlab* sehingga menghasilkan bentuk matrik sebagai berikut ;

93	97	101	100	98	101	101	104	108	112
93	96	100	100	97	100	101	102	105	109
95	98	94	91	89	88	89	90	92	99
95	97	92	88	85	83	82	81	80	82
99	94	85	75	72	69	69	68	64	62
95	86	75	65	63	64	66	67	64	60
97	91	84	79	78	78	78	75	69	63
96	93	88	84	83	82	80	75	67	62
106	101	96	92	91	91	91	90	87	86
112	106	101	102	99	97	96	94	91	90

Gambar 3.3 Nilai *Pixel*

Berkat batasan ini, sejumlah fitur dapat dimunculkan dari sebuah citra untuk selanjutnya dikelola. Sebagai contoh pada gambar 3.3 di atas dengan ukuran 10x 10 *pixel* memiliki 43200, 27600,

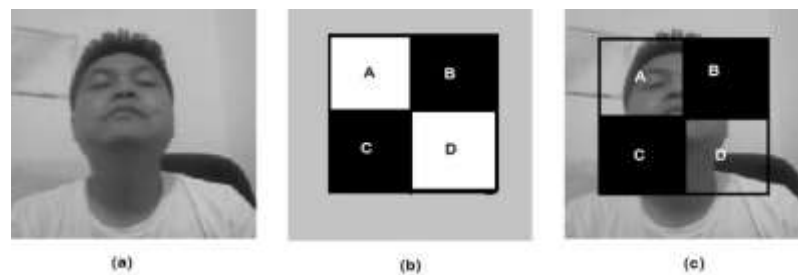
43200, 27600 dan 20736 fitur dengan kategori (a), (b), (c), (d), dan (e) secara berurutan, sehingga diperoleh 162336 fitur seluruhnya.

Diharapkan dari fitur yang diambil terdapat informasi yang diperlukan sebagai karakter wajah dan citra wajah mampu dideteksi oleh fitur haar secara alamiah. Oleh karena itu walau bagaimanapun beberapa hal yang krusial menyebabkan kumpulan fitur haar ini menjadi berurutan.

Integral Image.

Integral Image adalah sebuah citra yang nilai tiap pikselnya merupakan penjumlahan dari nilai *pixel* kiri atas hingga kanan bawah. *Integral image* memungkinkan penghitungan *pixel* secara mudah dengan biaya yang murah, hitungan berdasarkan jumlah seluruh *pixel* yang terkandung dalam batasan jendela fitur *haar*, teknik pencerminan digunakan untuk distribusi fungsi kumulatif.

Contoh *integral image* dapat dilihat pada Gambar 3.4 :



Gambar 3.4 Perhitungan Integral image

Dengan menggunakan *integral image* dapat mengetahui nilai *pixel* untuk beberapa segiempat yang lain misalkan, seperti segiempat D pada Gambar 3.4 di atas dapat dilakukan dengan cara menggabungkan jumlah piksel pada area segiempat $A+B+C+D$, dikurangi jumlah dalam segiempat $A+B$ dan $A+C$, ditambah jumlah piksel di dalam A. Dengan $A+B+C+D$ adalah nilai dari *integral image* pada lokasi 4, $A+B$ adalah nilai pada lokasi 2, $A+C$ adalah nilai pada lokasi 3, dan A pada lokasi 1. Sehingga hasil dari D dapat dikomputasikan $D = (A+B+C+D)-(A+B)-(A+C)+A$. Untuk memilih fitur yang spesifik yang akan digunakan dan untuk mengatur nilai ambangnya (*threshold*), *Viola* dan *Jones* menggunakan sebuah metode *machine learning* yang disebut *AdaBoost*. *AdaBoost* menggabungkan banyak *classifier* lemah untuk membuat sebuah *classifier* kuat. Lemah disini berarti urutan *filter* pada *classifier* hanya mendapatkan jawaban benar lebih sedikit.

Pada umumnya, pengintegrasian tersebut menambahkan unit-unit kecil secara bersamaan. Dalam hal ini unit-unit kecil tersebut adalah nilai-nilai piksel. Nilai *integral* untuk masing-masing piksel adalah jumlah dari semua piksel – piksel dari atas sampai bawah. Dimulai dari kiri atas sampai kanan bawah, keseluruhan gambar itu dapat dijumlahkan dengan beberapa operasi bilangan bulat per-piksel. Kemudian untuk memilih fitur Haar yang spesifik yang akan digunakan dan untuk mengatur nilai ambangnya (*threshold*) digunakan sebuah metode *machine learning* yang disebut *AdaBoost*.

Machine Learning Adaboost.

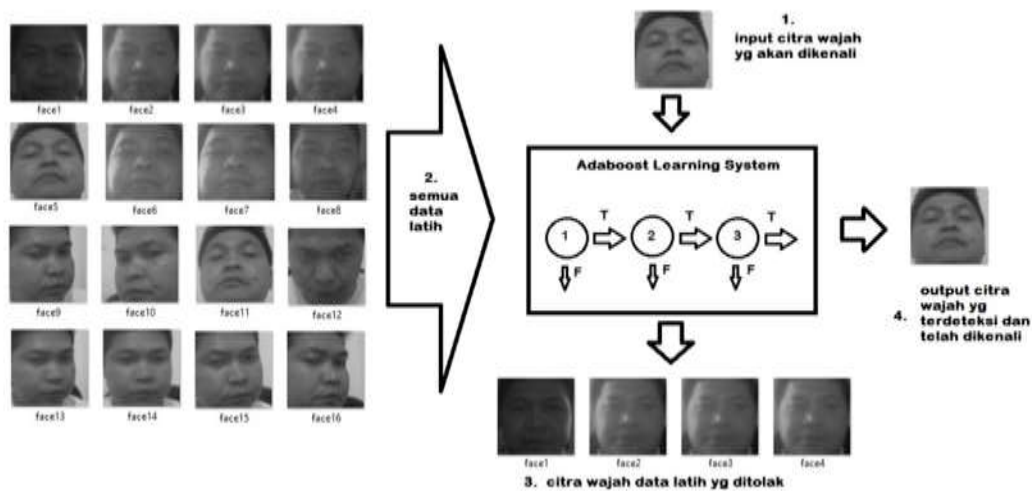
AdaBoost menggabungkan banyak *classifier* lemah untuk membuat sebuah *classifier* kuat. dengan menggabungkan beberapa *AdaBoost classifier* sebagai rangkaian *filter* yang cukup efisien untuk menggolongkan daerah *image*. Masing - masing filter adalah satu *AdaBoost classifier* terpisah yang terdiri *classifier* lemah atau satu filter *Haar*. Selama proses pemfilteran, bila ada salah satu filter gagal untuk melewati sebuah daerah gambar, maka daerah itu langsung digolongkan sebagai bukan wajah. Namun ketika filter melewati sebuah daerah gambar dan sampai melewati semua proses *filter* yang ada dalam rangkaian *filter*, maka daerah gambar tersebut digolongkan sebagai wajah.

Pada proses selanjutnya *Machine Learning Adaboost* juga digunakan untuk mengenali identitas wajah seseorang setelah data wajah orang tersebut disimpan dalam suatu kumpulan (galeri) data latih.



Gambar 3.5 Galeri Data Latih

Kemudian melalui mekanis klasifikasi pada *Machine Learning Adaboost* dilakukan proses pencocokan data dari input wajah seseorang, seperti ditunjukkan pada gambar 4.7 berikut.



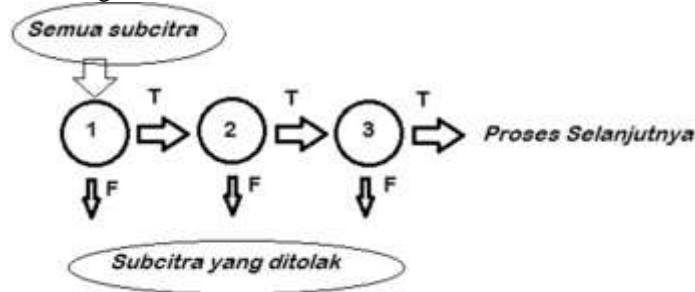
Gambar 3.6 Klasifikasi pencocokan data wajah pada *Machine Learning Adaboost*

Pada tahap ini *Machine Learning Adaboost* mencocokkan data input citra wajah dengan kumpulan data latih yang telah disimpan dalam galeri, secara berurutan setiap sample data latih dicocokkan hingga akhirnya menemukan data wajah yang sesuai, data *sample* wajah yang tidak cocok langsung ditolak dan proses akan dilanjutkan pada data latih citra berikutnya.

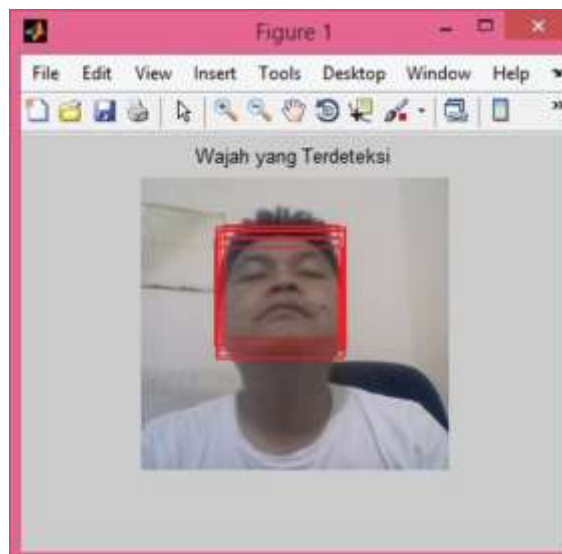
Cascade Classifier

Tahap selanjutnya yaitu cascade. Urutan *filter* pada *cascade* ditentukan oleh bobot yang diberikan *AdaBoost*. Filter dengan bobot paling besar diletakkan pada proses pertama kali, bertujuan untuk menghapus daerah gambar bukan wajah secepat mungkin.

Karakteristik dari algoritma *Viola-Jones* adalah adanya klasifikasi bertingkat. Klasifikasi pada algoritma ini terdiri dari tiga tingkatan dimana tiap tingkatan mengeluarkan subcitra yang diyakini bukan wajah. Hal ini dilakukan karena lebih mudah untuk menilai subcitra tersebut bukan wajah ketimbang menilai apakah subcitra tersebut berisi wajah. Gambar 3.7 menggambarkan bentuk alur kerja dari klasifikasi bertingkat.



Gambar 3.7 Alur klasifikasi bertingkat (*cascade*)



Gambar 3.8 Contoh *Haar-Cascade* klasifikasi

Pada klasifikasi tingkat pertama, tiap subcitra akan diklasifikasi menggunakan satu fitur. Hasil dari klasifikasi pertama ini berupa T (*True*) untuk gambar yang memenuhi fitur Haar tertentu dan F (*False*) bila tidak. Klasifikasi ini kira-kira akan menyisakan 50% subcitra untuk diklasifikasi di tahap kedua. Hasil dari klasifikasi kedua berupa T (*True*) untuk gambar yang memenuhi proses integral image dan F (*False*) bila tidak. Seiring dengan bertambahnya tingkatan klasifikasi, maka diperlukan syarat yang lebih spesifik sehingga fitur yang digunakan menjadi lebih banyak. Jumlah subcitra yang lolos klasifikasi pun akan berkurang hingga mencapai jumlah sekitar 2%. Hasil dari klasifikasi terakhir berupa T (*True*) untuk gambar yang memenuhi proses *AdaBoost* dan F (*False*) bila tidak.

Tahapan yang terakhir adalah menampilkan objek sampel gambar yang telah terdeteksi wajah ataupun bukan wajah, dengan memberi tanda bujur sangkar jika objek tersebut dianggap sebagai daerah (*region*) wajah manusia.

Sebuah perangkat deteksi wajah harus mampu memberi informasi apakah pada suatu gambar yang sembarang ukuran terdapat wajah manusia? Jika terdapat maka dimanakah letaknya? Salah satu kerangka kerja alami yang konsen pada bidang ini adalah klasifikasi biner, dengan konstruksi klasifikasi (*classifier*) mampu meminimalisasikan resiko kesalahan pendeteksian wajah. Dikarenakan tidak ada distribusi yang tepat untuk menggambarkan tingkat kemungkinan yang pasti yang menunjukkan bahwa terdapat wajah dalam sebuah gambar, maka dibutuhkan algoritma yang mampu

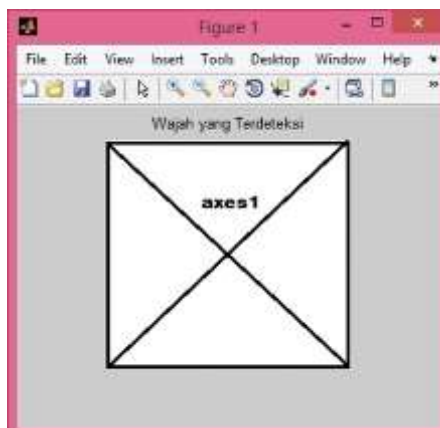
meminimalis kedua tingkat kesalahan positif (*false positive*) dan tingkat kesalahan negatif (*false negative*) yang bertujuan untuk menampilkan hasil yang dapat diterima.

Tugas ini memerlukan sebuah perhitungan numerik yang akurat untuk mendeskripsikan dari kumpulan wajah yang manakah bagian wajah telah dipisahkan dari objek yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik yang dapat diekstrak melalui suatu ketentuan dalam algoritma latih yang disebut sebagai *Adaboost*, yang tergantung pada ketentuan klasifikasi lemah hingga kuat melalui suatu mekanisme *voting*. Sebuah klasifikasi yang lemah sejatinya tidak akan mampu menunjukkan deteksi yang baik.

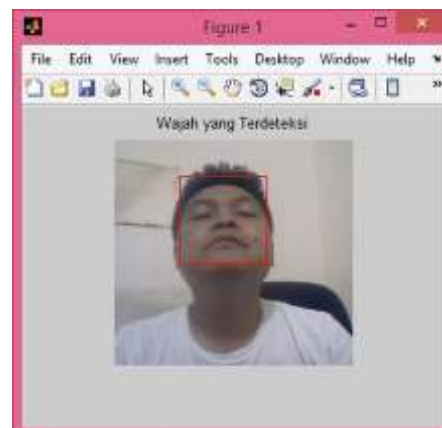
Sebuah operasional algoritma juga harus mampu bekerja dengan perhitungan anggaran yang wajar. Teknik-teknik seperti *integral image* dan *cascade* menjadi perhatian pada algoritma *viola-jones* sungguh sangat efisien dengan menghasilkan *realtime image* yang berurutan dibangkitkan dari sebuah *webcam* standar, tampilannya cukup baik pada sebuah *PC* standar.

Desain Tampilan aplikasi deteksi dan pengenalan citra wajah :

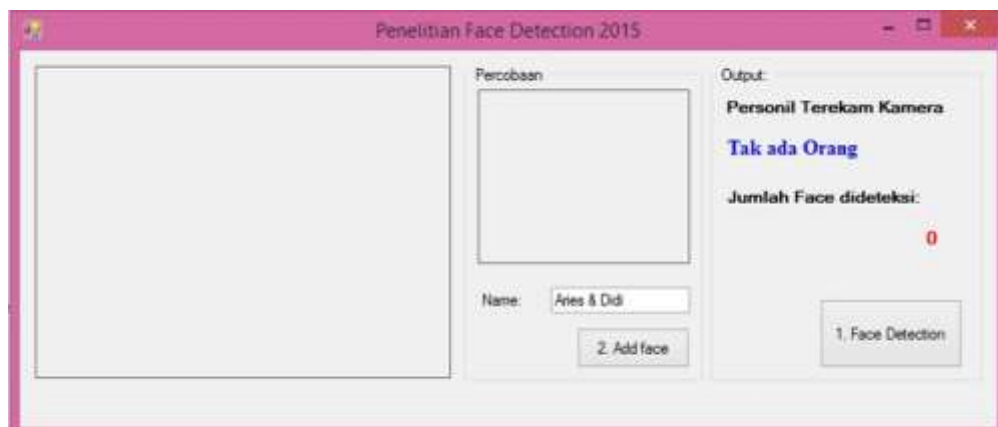
Pembuatan desain tampilan menggunakan perangkat *GUI* pada *Matlab R2012a*, untuk desain tampilan aplikasi deteksi wajah terlihat pada gambar 4.10 dan gambar 4.11, sedangkan untuk desain tampilan aplikasi pengenalan wajah dapat ditunjukkan pada gambar 3.9 dan gambar 3.10.



Gambar 3.9 Desain Tampilan *Interface* Deteksi Wajah



Gambar 3.10 *Interface* Hasil Deteksi Wajah



Gambar 3.11 Desain *Interface* Pengenalan Wajah



Gambar 3.12 Tampilan hasil Pengenalan Wajah

Uji Aplikasi

Pengujian aplikasi dilakukan melalui dua tahap, yaitu pertama pengujian aplikasi berdasarkan variasi sudut pengambilan citra wajah, kemudian yang kedua pengujian berdasarkan nilai *threshold*.

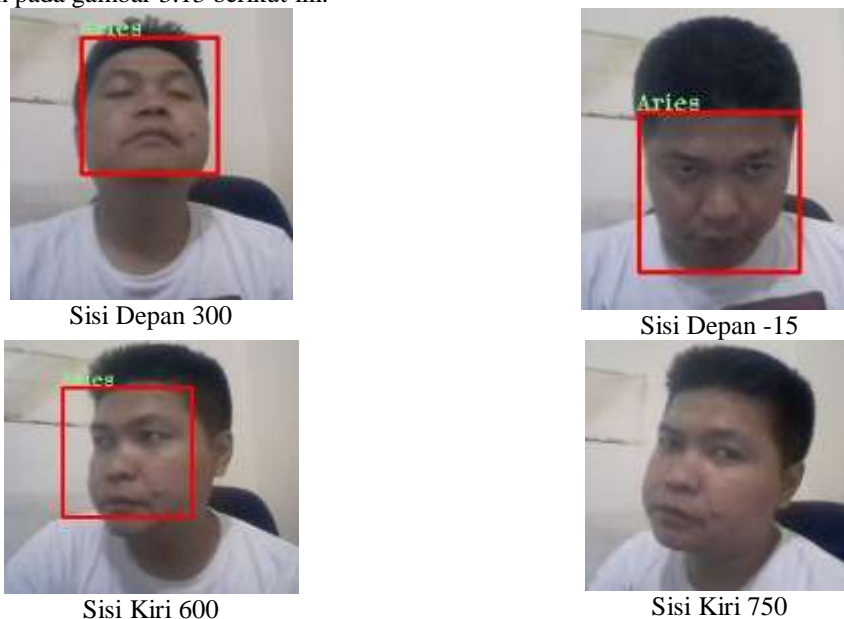
Uji Aplikasi Berdasarkan Variasi Sudut Pengambilan Citra Wajah

Dari hasil *capture camera webcam* dengan berbagai variasi sudut pengambilan citra wajah.

Tabel 3.1 Variasi sudut pengambilan citra wajah

Variasi	Sisi Kiri	Sisi Depan	Sisi Kanan
I	30 ⁰	-15 ⁰	30 ⁰
II	45 ⁰	0 ⁰	45 ⁰
III	60 ⁰	15 ⁰	60 ⁰
IV	75 ⁰	30 ⁰	75 ⁰

Beberapa contoh *sample* 30 buah data latih yang diperoleh dari hasil *capture camera webcam* dapat ditunjukkan pada gambar 3.13 berikut ini.



Gambar 3.13 Beberapa *sample* citra wajah hasil *capture camera webcam* Maka diperoleh nilai Akurasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 Hasil Uji Variasi Sudut Pengambilan Citra Wajah.

Tabel 3.2 Hasil Uji Variasi Sudut Pengambilan Citra Wajah

Variasi	Jumlah Terdeteksi	Jumlah Dikenali	% Akurasi
I	27	24	88.89%
II	25	21	84.00%
III	23	18	78.26%
IV	21	14	66.67%

Dengan Tingkat akurasi dihitung melalui rumus :

$$\% \text{ akurasi} = \frac{\sum \text{dikenali}}{\sum \text{terdeteksi}} \times 100\%$$

Sumber : Mahendra Lubis A, Joson J & Zullidar M [13]

$$\% \text{ Akurasi variasi I} = \frac{24}{27} \times 100\% = 88.89\%$$

$$\% \text{ Akurasi variasi II} = \frac{21}{25} \times 100\% = 84.00\%$$

$$\% \text{ Akurasi variasi III} = \frac{18}{23} \times 100\% = 78.26\%$$

$$\% \text{ Akurasi variasi IV} = \frac{14}{21} \times 100\% = 66.67\%$$

Dari tabel 3.2 Hasil Uji Variasi Sudut Pengambilan Citra Wajah menunjukkan bahwa tingkat Akurasi Tertinggi dicapai pada saat variasi I dimana sudut pengambilan citra wajah sisi kiri 30° , sisi depan -15° dan sisi kanan 30° . Hal ini berarti aplikasi berfungsi mendeteksi wajah dengan sangat baik pada posisi wajah yang relatif bersudut rendah terhadap posisi frontal (wajah menghadap lurus ke depan).

Uji Aplikasi Berdasarkan *Threshold*

Uji Aplikasi Berdasarkan batas *Threshold* yang masih dapat terdeteksi baik oleh mata normal maupun oleh aplikasi. Adapun simulasi uji *threshold* dilakukan menggunakan *Matlab* R2012a diperoleh tampilan sebagai berikut.



Uji *Threshold* 75



Uji *Threshold* 100



Uji Threshold 125

Uji Threshold 150

Gambar 3.14 Hasil Uji Threshold menggunakan Matlab R21012a

Hasil simulasi *threshold* pada variasi citra wajah ditunjukkan pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Hasil Uji *Threshold* pada Citra Wajah yang Dikenali

Nilai Threshold	Jumlah Terdeteksi	Jumlah Dikenali	% Akurasi
75	11	10	90.90%
100	12	9	75.00%
125	14	8	57.15%
150	15	7	46.67%

$$\% \text{ Akurasi Threshold } 75 = \frac{10}{11} \times 100\% = 90.90\%$$

$$\% \text{ Akurasi Threshold } 100 = \frac{9}{12} \times 100\% = 75.00\%$$

$$\% \text{ Akurasi Threshold } 125 = \frac{8}{14} \times 100\% = 57.15\%$$

$$\% \text{ Akurasi Threshold } 150 = \frac{7}{15} \times 100\% = 46.67\%$$

Pada Tabel 3.3 di atas dapat dilihat bahwa simulasi nilai *threshold* 75 memiliki akurasi tertinggi dan jumlah dikenali tertinggi yaitu 90.90% pada aplikasi pendeteksian dan pengenalan citra wajah dengan sample 30 citra wajah sebagai data latih.

1. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya dalam penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Implementasikan metode *Viola – Jones* untuk mendeteksi citra wajah manusia dengan berbagai posisi citra wajah dapat dilakukan dengan bantuan perangkat *Matlab R2012a*.
2. Tingkat akurasi hasil citra wajah manusia yang terdeteksi oleh metode *Viola – Jones* ditunjukkan dari hasil uji simulasi terhadap sejumlah data latih sebagai berikut :
 - a. Tingkat akurasi untuk deteksi dan pengenalan wajah akan semakin baik pada saat posisi wajah variasi I yang relatif bersudut rendah terhadap posisi frontal (wajah menghadap lurus ke depan) sisi kiri 30^0 , sisi depan -15^0 dan sisi kanan 30^0 yaitu sebesar 88.89%
 - b. Semakin rendah nilai *threshold*, maka tingkat akurasi kemiripan citra wajah input dengan citra wajah dalam data training, terbukti pada nilai *threshold* 75 memiliki akurasi tertinggi dan jumlah dikenali tertinggi yaitu 90.90% .

Saran

Berikut beberapa saran yang diajukan untuk pengembangan aplikasi ini lebih lanjut :

- Pengambilan citra wajah masih bersifat subjektif, perlu dilakukan standarisasi pengukur sudut wajah untuk menghasilkan presisi sudut wajah dengan *alignment* yang lebih baik lagi.
- Pada penelitian ini sampel data latih citra wajah yang digunakan masih sedikit dan bersifat subjektif, oleh karena itu perlu dikaji lagi apabila aplikasi ini digunakan pada data latih citra wajah dalam skala besar dan banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Wisnu W I, Anthony F & Andrian S (2009). Analisis dan Perancangan Sistem Identifikasi Berbasis Wajah dengan Menggunakan Pustaka Open CV. Jurusan Teknik Informatika – Universitas Binus.
- Cho Junguk, Mirzaei Shahnam, Oberg Jason, & Kastner Ryan (2009). *FPGA-Based Face Deyection System Using Haar Classifiers*. Department of Computer Science and Engineering University of California, San Diego United States, & Department of Electrical and Computer Engineering University of California, Santa Barbara, United states.
- Dwisnanto Putro M, Bharata Adji T, & Winduratna B (2012). Deteksi Wajah dengan Menggunakan Metode Viola-Jones. Magister Instrumentasi Elektro FT UGM. Seminar Nasional “*Science, Engineering and Technology (SciETec)*.”
- Eka Puspitasari D, Hidayatno A, & Ajulian Zahra A. Pengenalan Wajah Menggunakan Metode PCA untuk Aplikasi Sistem Keamanan Rumah. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Gunadi K & Pongsitanan Reinard S. Pembuatan Perangkat Lunak Pengenalan Wajah Menggunakan PCA. Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Informatika – Universitas Kristen Petra. Jurnal Informatika Vol. 2, No. 2, Nov 2001:67-81.
- Halimah & Matulatan T. Pengenalan Wajah dengan Menggunakan Metode PCA. Jurusan Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Senggarang Tanjungpinang.
- Heisele B, Poggio T & Pontil M (2000). *Face Detection in Still Gray Image*. Massachusetts Institute of Technology Artificial Intelligen Laboratory and Center for Biological and Computational Learning Department of Brain and Cognitive Sciences. Publication AIM-1687.ps.Z
- Hjelmas E, & Kee Loe B (2001). Face Detection : A Survey. Department of Informatics, University of Oslo & Department of Meteorology, University of Edinburgh, Scotland, United Kingdom. *Computer Vision and Image Understanding* 83, 236-274 (2001).
- Indra (2012). Sistem Pengenalan Wajah dengan Metode Eigenface untuk Absensi pada PT. Florindo Lestari. Fakultas Teknologi Informasi Universitas Budi Luhur, Jakarta. Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan (Semantik) 2012, ISBN 979-26-0255.
- Indrawan, P (2012). Implementasi Sistem Pengenalan Wajah sebagai Penghubung Jejaring Sosial. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Komputer, Depok : Universitas Indonesia.
- Lin Hwe-Jen, Wang Shu-Yi, Yen Shwu-Huey, & Kao Yang-Ta (2005). *Face Detection Based on Skin Color Segmentation and Neural Network*. Department of Computer Science and Information Engineering, Tamkang University, Taipe, Taiwan, China. 0-7803-942294/05/\$20.00©2005 IEEE..
- Luthfie Nur S. Implementasi Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* pada Aplikasi Pengenalan Wajah dengan Jarak yang Berbeda Menggunakan MATLAB 7.0. Jurusan Teknik Informatika, Universitas Gunadarma.
- Mahendra Lubis A, Joson J & Zullidar M. Pengembangan Aplikasi Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Local Binary Pattern dengan Variasi Posisi Wajah. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Nusantara, Jakarta.
- Prasetyo E, & Rahmatun I. Desain Sistem Pengenalan Wajah dengan Variasi Ekspresi dan Posisi Menggunakan Metode *Eigenface*. Depok: Universitas Gunadarma.
- Pratikno H. Sistem Absensi Berbasiskan Pengenalan Wajah Secara Realtime Menggunakan Webcam dengan Metode PCA. Program Studi Sistem Informasi, STIKOM Surabaya.
- Purwanto E J. Pengenalan Wajah Melalui Webcam dengan Menggunakan Algoritma PCA dan LDA. Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Jurusan Informatika, Universitas Komputer Indonesia.

- Sepridahara (2012). Sistem Pengenalan Wajah (*Face Recognition*) Menggunakan Metode Hidden Markov Model (HMM). Fakultas Teknik Universitas Indonesia Program Studi Teknik Elektro Depok. Januari 2012.
- Singh Sanjay Kr, Chauhan D.S, Vatsa Mayank, & Singh Richa (2003). *A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm*. Department of Computer Science and Engineering-Institute of Engineering and Technology Jaupur-222002, Uttar Pradesh Toratoryechanical University Lucknow-226021, Indian Institute of Technology Kanpur-208016 India. *Tamkang Journal of Science and Engineering*, Vol. 6, No. 4, pp.. 227-234 (2003).
- Syah Putra, R (2013). Perancangan Aplikasi Absensi dengan Deteksi Wajah Menggunakan Eigenface. Program Studi Teknik Informatika, STMIK Budi Darma Medan. Pelita Informatika Budi Darma, Vol: IV, Nomor:2, ISSN : 2301-9425.
- Viola P & Jones Michael J (2004). *Robust Real-Time Face Detection*. Microsoft Research, One Microsoft Way, Redmond, WA 98052, USA. Mitshubishi Electric Research Laboratory, 201 Broadway, Cambridge, MA 02139, USA. *International Journal of Computer Vision* 57(2), 137-154, 2004. Kluwer Academic Publisher. Manufactured in The Netherland.
- Wahyudi E, Kusuma H, & Wirawan (2011). Perbandingan Unjuk Kerja Pengenalan Wajah Berbasis Fitur local Binary Pattern dengan Algoritma PCA dan Chi Square. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro ITS. *Seminar on Inteligent and It's Applications*, ISSN 2088-4796.
- Wirawan Margono A, Lim R, & Gunawan I (2004). Pengenalan Wajah Menggunakan *Embedded Hidden Markov Models*. Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Informatika, Universitas Kristen Petra. IES 2004-Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS.
- Wu-Chi Hu, Ching-Yu Yang, Deng-Yuan & Chung-Hsiang Huang (2010). *Feature-based Face Detection Against Skin-color Like Background with Varying Illumination*. Department of Computer Science and Information Engineering, National Penghu University of Science and Technology, Taiwan. *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Ubiquitous International*, ISSN 2073-4212, Vol:2 Number 2, April 2011.
- Yi-Qing Wang (2014). *An Analysis of the Viola-Jones Face Detection Algorithm*. Published in *Image Processing On Line* on 2014-06-26, Submitted on 2013-08-31, accepted on 2014-05-09. ISSN 2015-1232. CMLA, ENS Cachan, France (yiqing.wang@cmla.ens-cachan.fr).