

# Sistem Deteksi Wajah dengan Menggunakan Metode *Viola-Jones*

M. Dwisnanto Putro  
Mahasiswa Magister Instrumentasi  
Elektro FT UGM  
Jln. Grafika 2 Yogyakarta  
adp037@yahoo.co.id

Teguh Bharata Adji  
Staf Pengajar Jurusan Teknik  
Elektro FT UGM  
Jln. Grafika 2 Yogyakarta  
adji.tba@gmail.com

Bondhan Winduratna  
Staf Pengajar Jurusan Teknik  
Elektro FT UGM  
Jln. Grafika 2 Yogyakarta  
bondhan1510@yahoo.com

**Abstrak**—*Penelitian ini berisikan tentang suatu sistem deteksi wajah pada manusia dengan menggunakan metode Viola-Jones. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa sampel gambar yang diambil dari internet secara acak sebanyak 30 citra yang terdiri atas 22 citra manusia dan 8 citra hewan. Dimensi sampel citra berukuran paling kecil adalah 219x285 pixel dan dimensi yang paling besar adalah 1536x2048 pixel. Metode Viola-Jones relatif mendapatkan hasil yang cepat, akurat, dan efisien dalam melakukan deteksi wajah pada gambar. Metode Viola-Jones merupakan algoritma yang paling banyak digunakan untuk mendeteksi wajah. Metode ini terdiri atas tiga komponen penting yaitu integral image digunakan untuk menentukan ada atau tidaknya fitur Haar tertentu pada sebuah gambar, metode AdaBoost machine learning yang digunakan untuk memilih fitur Haar yang spesifik yang akan digunakan serta untuk mengatur nilai ambangnya (threshold), dan cascade classifier sebagai pengklasifikasi akhir untuk menentukan daerah wajah pada gambar dari metode ini. Urutan filter pada cascade ditentukan oleh bobot yang diberikan AdaBoost. Filter dengan bobot paling besar diletakkan pada proses pertama kali dengan tujuan untuk menghapus daerah gambar bukan wajah secepat mungkin. Dalam penelitian ini ditampilkan gambar-gambar yang terdeteksi sebagai wajah dan tidak terdeteksi sebagai wajah. Hasil penelitian ini mendapatkan nilai akurasi sistem deteksi wajah sebesar 90,9%. Hasil lain yang didapatkan adalah posisi wajah yang tegak/tidak tegak menentukan keberhasilan deteksi wajah tersebut.*

**Keywords**— *Gambar, Wajah, Deteksi wajah, Viola-Jones.*

## I. PENDAHULUAN

Gambar (*image, picture*) adalah kombinasi antara titik, garis, bidang, dan warna untuk menciptakan suatu imitasi atau tiruan dari suatu obyek fisik atau barang (manusia, binatang, tumbuhan, dsb). Seiring dengan berkembangnya teknologi grafis maka gambar dimanfaatkan sepenuhnya untuk memajukan kesejahteraan umat manusia. Seiring perkembangan kreatifitas gambar tidak lepas dari pengolahan citra digital. Penelitian di bidang pengolahan citra mengenai wajah semakin banyak dilakukan. Beberapa peneliti sebelumnya melakukan penelitian tentang pengenalan wajah, tidak peduli dari suku apa, seberapa sehat, seberapa tua dan juga mengembangkan penelitian tentang ekspresi wajah, apakah sedih, normal atau tertawa. Beberapa peneliti sebelumnya juga membangun sistem tentang deteksi wajah dengan memperhatikan kondisi lingkungan sekitar,

memperhatikan faktor intensitas cahaya, faktor kualitas kamera dimana gambar *capture* diharuskan mempunyai kualitas dan ukuran yang proporsional.

Saat ini telah banyak berkembang aplikasi-aplikasi yang menggunakan fitur deteksi wajah. 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*. Kemudian metode ini diterapkan pada suatu sembarang citra digital, untuk mendapatkan posisi-posisi wajah pada citra tersebut. Metode ini relative mendapatkan hasil yang cepat, akurat, dan efisien. Metode *Viola-Jones* merupakan algoritma yang paling banyak digunakan untuk mendeteksi wajah. Proses pendeteksian wajah dilakukan dengan mengklasifikasikan sebuah gambar setelah sebelumnya sebuah pengklasifikasi dibentuk dari data latih.

Pada penelitian ini dirancang suatu sistem deteksi wajah dengan menggunakan metode *Viola-Jones*. Data dari penelitian ini berupa sampel gambar manusia dan hewan yang diambil dari internet dengan format gambar JPEG sebanyak 30 citra/gambar. Sampel gambar dibatasi dengan posisi wajah gambar menghadap ke depan (*frontal*), tidak terhalangi sebagian oleh objek lain, tidak banyak terpotong dan tidak bergerak.

## II. TINJAUAN PUSTKA DAN LANDASAN TEORI

### A. Tinjauan Pustaka

Terdapat beberapa penelitian tentang deteksi wajah seperti yang dilakukan oleh viola dkk [1] menjelaskan kerangka deteksi wajah yang mampu memproses gambar yang sangat cepat saat mencapai tingkat deteksi tinggi. Penelitian ini menelurkan tiga kontribusi utama. Pertama adalah representasi gambar baru yang disebut "Gambar Integral" yang memungkinkan fitur yang digunakan sebagai detektor untuk dikomputasi dengan sangat cepat. Yang kedua adalah *classifier* sederhana dan efisien yang dibangun menggunakan algoritma pembelajaran AdaBoost untuk memilih sejumlah fitur visual kritis yang kecil dari satu set fitur potensial yang besar. Kontribusi ketiga adalah sebuah metode untuk menggabungkan pengklasifikasi dalam "*cascade*" yang memungkinkan daerah latar belakang gambar dengan cepat dibuang saat mengeluarkan beberapa komputasi dalam menentukan daerah wajah. Sistem deteksi wajah ini menghasilkan

kinerja sebanding dengan sistem-sistem sebelumnya dan diimplementasikan pada desktop konvensional dengan hasil deteksi wajah yaitu 15 frame per detik.

Nugroho dkk [3] merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi posisi wajah dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Sistem ini dilatih dengan menggunakan contoh-contoh wajah yang diberikan. Algoritma quickprop dan metode *active learning* digunakan untuk mempercepat proses pelatihan sistem. Dari hasil eksperimen dengan menggunakan 23 file citra berisi 149 wajah, sistem pendeteksi wajah ini memberikan hasil *detection rate* 71,14% dan *false positive* 62.

Penelitian Prayogi dkk [4] membahas bagaimana sistem deteksi wajah memproses gambar dari obyek bergerak. Pemrosesan gambar ini bertujuan untuk mencari wajah dari gambar obyek bergerak yang telah ditangkap, kemudian gambar tersebut diolah dengan memisahkan gambar dengan latar belakangnya, sehingga hanya bagian yang dianggap kulit yang ditampilkan sedangkan bagian yang bukan kulit akan dihitamkan. Untuk metode pencocokkan dengan template wajah yang disimpan kedalam lima kelas dengan menggunakan metode *euclidean distance*.

Yusron [5] melakukan penelitian deteksi wajah berdasarkan segmentasi model warna menggunakan *template matching* pada objek bergerak. Pengujian sistem secara keseluruhan menghasilkan prosentase akurasi dari sistem pendeteksian wajah ini sebesar 65% dengan kecepatan rata-rata proses sebesar 4 detik. Proses segmentasi sangat bergantung pada kondisi pencahayaan. Akibatnya, nilai ambang pada suatu kondisi pencahayaan dengan kondisi pencahayaan yang lain bisa jadi berbeda.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Viola dkk [1] yang memiliki kelebihan melakukan proses gambar yang sangat cepat saat mencapai tingkat deteksi tinggi di bandingkan metode lainnya. maka penelitian ini melanjutkan dari penelitian sebelum yang dilakukukannya yaitu merancang suatu sistem deteksi wajah pada suatu gambar dengan metode *Viola-Jones*.

## B. Landasan Teori

### 1. Deteksi Wajah

Deteksi wajah dapat dipandang sebagai masalah klasifikasi pola dimana inputnya adalah citra masukan dan akan ditentukan output yang berupa label kelas dari citra tersebut. Dalam hal ini terdapat dua label kelas, yaitu wajah dan non-wajah. Teknik-teknik pengenalan wajah 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 dengan berbagai ukuran dan posisi di dalam citra dan dengan latar belakang yang bervariasi. Pendeteksian wajah (*face detection*) adalah salah satu tahap awal yang sangat penting sebelum dilakukan proses pengenalan wajah (*face recognition*). Bidang-bidang penelitian yang berkaitan dengan pemrosesan wajah (*face processing*) adalah [3]:

- Pengenalan wajah (*face recognition*) yaitu membandingkan citra wajah masukan dengan suatu database wajah dan menemukan wajah yang paling cocok dengan citra masukan tersebut.
- Autentikasi wajah (*face authentication*) yaitu menguji keaslian/kesamaan suatu wajah dengan data wajah yang telah diinputkan sebelumnya.
- Lokalisasi wajah (*face localization*) yaitu pendeteksian wajah namun dengan asumsi hanya ada satu wajah di dalam citra
- Penjejak wajah (*face tracking*) yaitu memperkirakan lokasi suatu wajah di dalam video secara real time.
- Pengenalan ekspresi wajah (*facial expression recognition*) untuk mengenali kondisi emosi manusia.

Tantangan yang dihadapi pada masalah deteksi wajah disebabkan oleh adanya faktor-faktor berikut:

- Posisi wajah. Posisi wajah di dalam citra dapat bervariasi karena posisinya bisa tegak, miring, menoleh, atau dilihat dari samping.
- Komponen-komponen pada wajah yang bisa ada atau tidak ada, misalnya kumis, jenggot, dan kacamata.
- Ekspresi wajah. Penampilan wajah sangat dipengaruhi oleh ekspresi wajah seseorang, misalnya tersenyum, tertawa, sedih, berbicara, dan sebagainya
- Terhalang objek lain. Citra wajah dapat terhalangi sebagian oleh objek atau wajah lain, misalnya pada citra berisi sekelompok orang.
- Kondisi pengambilan citra. Citra yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti intensitas cahaya ruangan, arah sumber cahaya, dan karakteristik sensor dan lensa kamera.

Penelitian dari Nugroho dkk [3] mengelompokkan metode deteksi wajah menjadi empat kategori, yaitu:

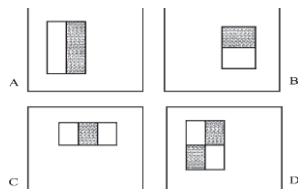
1. *Knowledge-based method*. Metode ini kebanyakan digunakan untuk lokalisasi wajah.
2. *Feature invariant approach*. Metode ini kebanyakan digunakan untuk lokalisasi wajah.
3. *Template matching method*. Metode ini digunakan untuk lokalisasi wajah maupun deteksi wajah.
4. *Appearance-based method*. Metode ini kebanyakan digunakan untuk deteksi wajah.

### 2. Deteksi Wajah Viola-Jones

Prosedur deteksi wajah *Viola-Jones* mengklasifikasikan gambar berdasarkan pada nilai fitur sederhana. Terdapat banyak alasan untuk menggunakan fitur daripada piksel secara langsung. Alasan yang paling umum adalah bahwa fitur dapat digunakan untuk mengkodekan pengetahuan *domain ad-hoc* yang sulit dalam pembelajaran terhadap data latih yang terbatas jumlahnya. Alasan penting kedua untuk menggunakan

fitur adalah sistem fitur berbasis operasi jauh lebih cepat daripada sistem berbasis pixel [1].

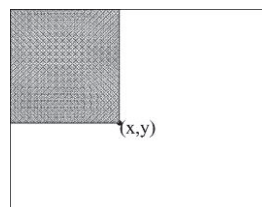
Klasifikasi gambar dilakukan berdasarkan nilai dari sebuah fitur. Penggunaan fitur dilakukan karena pemrosesan fitur berlangsung lebih cepat dibandingkan pemrosesan citra perpixel. Terdapat tiga jenis fitur berdasarkan jumlah persegi panjang yang terdapat di dalamnya, seperti yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini [1] :



Gambar 1. Jenis fitur gambar

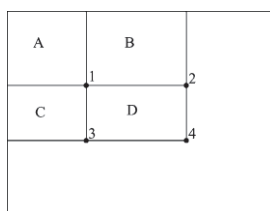
Pada Gambar 1 menggambarkan bahwa fitur (a) dan (b) terdiri dari dua persegi panjang, sedangkan fitur (c) terdiri dari tiga persegi panjang dan fitur (d) empat persegi panjang. Cara menghitung nilai dari fitur ini adalah mengurangi nilai piksel pada area putih dengan piksel pada area hitam. Untuk mempermudah proses penghitungan nilai fitur, algoritma *Viola-Jones* menggunakan sebuah media berupa *Integral Image* [1].

*Integral Image* adalah sebuah citra yang nilai tiap pikselnya merupakan penjumlahan dari nilai piksel kiri atas hingga kanan bawah. Contoh *integral image* dapat dilihat pada Gambar 2 [1]:



Gambar 2. Perhitungan *integral image*

Untuk menentukan nilai rata-rata piksel pada area segiempat (daerah yang diarsir) dapat dilakukan hanya dengan membagi nilai pada (x,y) oleh area segiempat. Gambar 3 menggambarkan perhitungan *integral image* salah satu area segiempat [1].



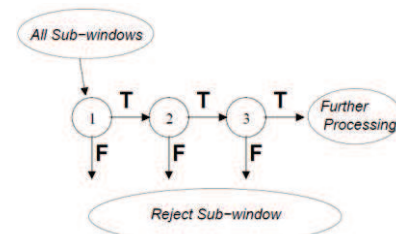
Gambar 3. *Integral image*

Dengan menggunakan *integral image* dapat mengetahui nilai piksel untuk beberapa segiempat yang lain misalkan, seperti segiempat D pada Gambar 3 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. Jika keseluruhan *classifier* lemah digabungkan maka akan menjadi *classifier* yang lebih kuat. *AdaBoost* memilih sejumlah *classifier* lemah untuk disatukan dan menambahkan bobot pada setiap *classifier*, sehingga akan menjadi *classifier* yang kuat. *Viola-Jones* 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 fitur.

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 4 menggambarkan bentuk alur kerja dari klasifikasi bertingkat [1].



Gambar 4. Alur klasifikasi bertingkat

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% [1]. Hasil dari klasifikasi terakhir berupa T (*True*) untuk gambar yang memenuhi proses *AdaBoost* dan F (*False*) bila tidak.



### C. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan maka dibuat pertanyaan penelitian sebagai berikut.

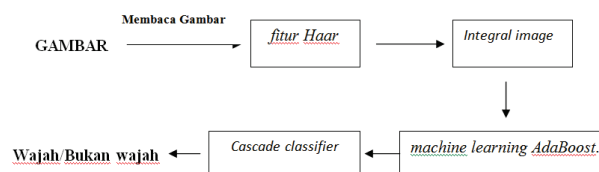
1. Bagaimana merancang suatu metode citra yang digunakan untuk mendeteksi wajah pada suatu gambar dengan menggunakan metode *Viola-Jones*?
2. Bagaimana mengukur ketelitian model yang dirancang?

### III. METODE PENELITIAN

Bagian ini menggambarkan metode penelitian untuk mendeteksi wajah pada suatu gambar dengan menggunakan metode *Viola-Jones*. Serta pembahasan secara singkat antara sub metode dan komponen utamanya.

#### A. Gambaran Umum

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa sampel gambar yang diambil dari internet secara acak sebanyak 30 citra manusia dan hewan. Setelah diklasifikasikan maka sebanyak 22 citra manusia sedangkan sisanya sebanyak 8 adalah citra hewan. Citra yang didapatkan berukuran dimensi paling kecil adalah 219x285 pixel dan dimensi yang paling besar adalah 1536x2048 pixel. Penelitian ini menggunakan MATLAB R2010a dan library OpenCV dengan versi 2.2. untuk melakukan proses deteksi wajah pada suatu gambar. Berikut ini merupakan skema proses deteksi wajah menggunakan metode *Viola-Jones*.



Gambar 5. Skema Proses deteksi wajah dengan metode *Viola-Jones*

Langkah awal yang dilakukan pada metode deteksi wajah *Viola-Jones* adalah membaca sampel gambar oleh MATLAB R2010a. Setelah itu dilakukan pembacaan fitur Haar dengan bantuan library OpenCV 2.2 yaitu *Haarcascade\_frontalface\_alt.mat*. namun sebelum dilakukan pembacaan library OpenCV, dilakukan proses konversi file XML *Haarcascade* dari OpenCV ke MATLAB R2010a. Dalam OpenCV 2.2 terdapat suatu library untuk membantu proses deteksi wajah yaitu *Haarcascade\_frontalface\_alt* yang berfungsi sebagai proses untuk memanggil beberapa fitur Haar dalam suatu gambar. 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. 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.

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. 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. 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. 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 wajah.

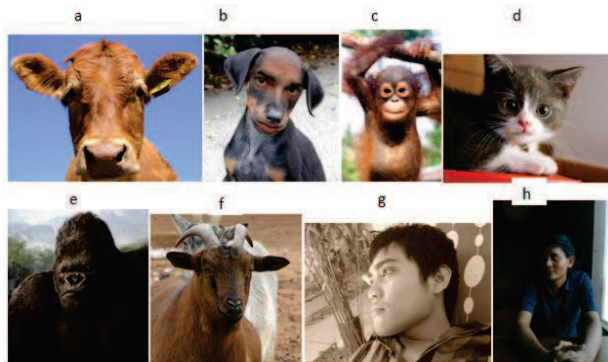
### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menampilkan hasil pengujian dari pendekatan penelitian ini, yang terdiri atas pengujian gambar yang terdeteksi wajah dan pengujian gambar yang tidak terdeteksi wajah. Kinerja dari pendekatan diuji pada 30 sampel gambar, pengujian ditampilkan berupa contoh hasil gambar terdeteksi dan tidak terdeteksi wajah. Gambar sampel berupa gambar manusia dan hewan yang di-download dari Internet secara acak. Gambar sampel pada umumnya merupakan gambar dengan tampilan frontal atau dekat-frontal wajah karena beberapa gambar dengan wajah tidak tegak lurus atau tidak frontal tidak dapat mengidentifikasi wajah pada gambar tersebut. Berikut ini merupakan hasil gambar dari deteksi wajah menggunakan metode *Viola-Jones*.



Gambar. 6. Hasil deteksi wajah menggunakan metode Viola-Jones.

Dapat dilihat pada Gambar 6 bahwa pada umumnya gambar yang terdeteksi sebagai wajah dengan posisi wajah tegak atau frontal ke depan. Walaupun ada beberapa gambar manusia menggunakan penutup kepala seperti topi (Gambar 6b dan Gambar 6f), namun berhasil di deteksi sebagai gambar yang memiliki wajah manusia. Terlihat juga pada semua Gambar 6 memiliki tingkat kecerahan yang cukup sehingga gambar-gambar tersebut berhasil dideteksi sebagai gambar yang memiliki wajah manusia. Sedangkan pada pengujian gambar yang tidak terdeteksi wajah, berikut ini merupakan hasil dari pengujian beberapa gambar yang tidak terdeteksi wajah menggunakan metode Viola-Jones.



Gambar. 7. Gambar yang tidak terdeteksi wajah menggunakan metode Viola-Jones.

Berdasarkan hasil deteksi wajah menggunakan metode ini, pada Gambar 7 adalah gambar-gambar yang tidak terdeteksi wajah manusia. Seperti pada Gambar 7a sampai Gambar 7f yang merupakan gambar hewan, sedangkan Gambar 7g dan Gambar 7h tidak terdeteksi wajah manusia karena posisi wajah tidak tegak ke depan. Sistem yang dibuat berhasil mendeteksi 18 citra manusia dari sampel citra manusia yaitu 22 citra dengan prosentase akurasi sebesar 90,9% dengan false positif sebesar 2 citra, dan false negatif sebesar 2 citra. Metode ini juga hanya memakan waktu yang relatif singkat untuk mendeteksi wajah yaitu rata-rata 15 detik per sampel yang diuji.

## V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dirancang suatu sistem untuk mendeteksi wajah pada suatu gambar dengan menggunakan metode Viola-Jones. Metode dalam penelitian ini memiliki kelebihan tepat dibandingkan metode deteksi wajah lainnya dengan akurasi 90,9 %. Namun memiliki kelemahan dari sistem deteksi wajah ini yaitu tidak dapat menentukan wajah pada gambar yang memiliki wajah tidak tegak atau frontal. Posisi wajah yang tegak/tidak tegak sangat menentukan keberhasilan deteksi wajah ini. Dengan menggunakan metode maka pendeteksian wajah hanya menggunakan waktu rata-rata 15 detik untuk seluruh sampel yang diuji.

## REFERENSI

- [1] Viola, P., Jones, M. J., "Rapid Object Detection Using A Boosted Cascade of Simple Features", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Maui, Hawaii, 2001.
- [2] Viola, P., Jones, M. J., "Robust Real-Time Face Detection", International Journal of Computer Vision, Kluwer Academic, Netherlands, 2004
- [3] Nugroho, S., "Sistem Pendeteksi Wajah Manusia pada Citra Digital", Tesis Program Studi Ilmu Komputer Jurusan MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 2004
- [4] Prayogi, S., Puspita, E., Susetyoko, R., "Sistem Deteksi Wajah Pada Sistem Pengaman Lingkungan Berdasarkan Deteksi Obyek Bergerak Menggunakan Kamera", Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya. 2007
- [5] Rijal, Y., Ariefianto, D., "Deteksi Wajah Berbasis Segmentasi Model Warna Menggunakan Template Matching pada Objek Bergerak", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, Yogyakarta. 2008
- [6] Fadlisya. (2009) Skripsi Sistem Pendeteksian Wajah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Scribd. <http://www.scribd.com/doc/24444352/SKRIPSI-SISTEM-PENDETEKSAN-WAJAH-MENGUNAKAN-JARINGAN-SYARAF-TIRUAN>.
- [7] Andoko., "Perancangan program simulasi deteksi wajah dengan Support vector Machines – Viola Jones", Teknik Informatika – Matematika, Universitas Bina Nusantara, Jakarta. 2010.
- [8] A Arihuto, M., "Rancang Bangun Sistem Penjelekan Objek Menggunakan Metode Viola-Jones untuk Aplikasi Eyebot", Proyek Akhir Jurusan Telekomunikasi PENS-ITS, Surabaya. 2010.
- [9] Kroon. J. (2010) Matlab Central Mathworks. [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/29437-Viola-Jones-object-detection>.