

Faktor Penentu Tingkat Keberhasilan Sistem Deteksi Wajah pada Citra Digital

Muhammad Zunaidi^{#1}, Mukhlis Ramadhan^{#2}, Hendryan Winata^{#3}

^{#1,2,3}Program Studi Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma

Jl. A.H. Nasution No. 73 F-Medan

Email : mhdzunaidi@gmail.com

Abstark

Sistem deteksi wajah bertujuan untuk mengetahui keberadaan area wajah pada sebuah citra. Keberhasilan kinerja sistem ini dapat membuka jalan terciptanya suatu sistem keamanan berbasis biometrika yang handal, dengan harapan komputer dapat mengenali wajah manusia sebaik manusia mengenal wajah seseorang. Untuk itu dibutuhkan analisa yang tepat terhadap metode-metode dan teknik-teknik yang akan digunakan untuk membantu mengembangkan sistem deteksi wajah ini agar memberikan hasil yang akurat. Untuk menghasilkan sistem deteksi wajah yang akurat tidak hanya ditentukan oleh metodologi yang digunakan tetapi juga didukung oleh unsur-unsur lain, diantaranya citra objek yang dideteksi, alat input yang digunakan dan sebagainya. Untuk itu diperlukan suatu analisa tentang faktor-faktor penentu yang dapat menentukan tingkat keberhasilan sistem deteksi wajah berbasis objek citra digital.

Kata Kunci: Pengolahan Citra, Deteksi Wajah, Citra Digital.

Abstract

Face detection system aims to determine the presence of a face in an image area. The success of the performance of these systems can open the way creation of a biometrics-based security system that is reliable, with the hope the computer can recognize human faces as well as humans recognize a person's face. That requires a proper analysis of the methods and techniques that will be used to help develop a face detection system is to provide accurate results. To produce an accurate face detection system is not only determined by the methods used but also supported by other elements, including the image of the object is detected, the input device used and so on. It required an analysis of the determinants that can determine the success rate of face detection system based on a digital image of the object.

Keywords: Image Processing, Face Detection, Digital Image.

A. PENDAHULUAN

Wajah merupakan salah satu elemen biometrika yang memiliki karakteristik khusus yang berbeda dengan elemen biometrika yang lain. Misalnya wajah dapat berubah-ubah dalam hal mimik muka (pose), sudut pandang, intensitas penerangan penyamaran dan sebagainya. Sehingga agak sulit melakukan deteksi wajah hanya dengan menggunakan satu contoh input saja dalam proses pendeteksian.

Sistem deteksi wajah muncul seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem keamanan yang handal, dimana dengan adanya kemampuan komputer dalam mengenali area wajah pada citra digital dapat dijadikan landasan untuk menciptakan suatu sistem Autentikasi dalam melakukan izin access pada sebuah sistem keamanan.

Metode autentikasi wajah ini diharapkan juga dapat diimplementasikan dalam berbagai bidang, misalnya untuk sistem absensi perusahaan, autentikasi pengguna laptop dan komputer serta autentikasi untuk berbagai macam sistem keamanan lainnya.

Banyak metode yang digunakan dalam melakukan pendeteksian wajah pada sebuah citra di antaranya adalah dengan menggunakan pengolahan citra.

Peran pengolahan citra dalam melakukan deteksi wajah sangatlah penting, diantaranya adalah mengolah citra untuk menciptakan pola yang dapat dikenali melalui sistem Kecerdasan buatan (Artificial Intelligence).

Salah satu pola yang dapat dikenali oleh sistem kecerdasan buatan adalah dalam bentuk pendeteksian tepi (Edge Detection) pada sebuah citra.

B. DETEKSI WAJAH

Pendeteksian wajah pada citra digital adalah sebuah proses untuk menentukan ada tidaknya wajah manusia pada media digital tanpa dipengaruhi oleh faktor-faktor posisi, ukuran, pose (*out-of-plane rotation*) dan orientasi (*in-plane rotation*). Apabila ditemukan wajah maka proses selanjutnya adalah mengekstraksi informasi setiap citra wajah yang mencakup informasi tentang lokasi dan ukuran citra wajah tersebut (Yang, Kriegman dan Ahuja: 2002).

Pendeteksian wajah ini sangat penting, karena merupakan langkah awal untuk pengembangan proses-proses pengenalan wajah untuk kepentingan autentikasi, pengawasan dan lainnya.

C. PENGOLAHAN CITRA

Pengolahan Citra adalah suatu kegiatan yang bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia/mesin (komputer). Inputnya adalah citra dan keluarannya juga adalah citra, akan tetapi dengan kualitas yang berbeda atau lebih baik dari citra masukan (Usman Ahmad: 2005).

Misalnya sebuah citra masukan memiliki kualitas warna yang kurang tajam, kabur (*bluring*), mengandung noise (*bintik-bintik putih*) dan lain-lain, sehingga perlu ada pemrosesan untuk memperbaiki citra karena citra tersebut menjadi sulit diinterpretasikan karena informasi yang disampaikan menjadi kurang.

Pengolahan citra dalam sistem deteksi wajah merupakan tahapan *preprocessing* yang berupa proses penyesuaian citra input dan bertujuan

untuk menghilangkan masalah yang akan timbul pada proses pengenalan wajah.

Rinaldi Munir (2004) menjelaskan bahwa operasi pengolahan citra diklasifikasikan dalam beberapa jenis, yaitu:

1. Perbaikan Kualitas Citra (*Image Enhancement*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara memanipulasi parameter-parameter citra. Dengan operasi ini, ciri-ciri khusus yang terdapat dalam citra lebih ditonjolkan.

2. Pemugaran Citra (*Image Restoration*)

Operasi ini bertujuan menghilangkan/meminimumkan cacat pada citra, dimana penyebab degradasi gambar diketahui. Contohnya adalah penghilangan kesamaran (*debluring*), penghilangan derau (*noise*).

3. Pemampatan Citra (*Image Compression*)

Jenis operasi ini dilakukan agar citra dapat direpresentasikan dalam bentuk yang lebih kompak sehingga memerlukan memori yang lebih sedikit.

4. Segmentasi Citra (*Image Segmentation*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk memecah suatu citra ke dalam beberapa segmen dengan suatu kriteria tertentu. Jenis operasi ini berkaitan dengan pengenalan pola.

5. Pengorakan Citra (*Image Analysis*)

Jenis operasi ini bertujuan menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsinya. Teknik pengorakan citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam mengidentifikasi objek. Contoh operasi pengorakan citra:

- a. Pendeteksian tepi objek
- b. Ekstraksi batas (*boundary*)
- c. Representasi daerah (*region*)

6. Rekonstruksi Citra (*Image Reconstruction*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi.

D. ANALISA SISTEM DETEKSI WAJAH

Sebuah Sistem deteksi wajah terdiri dari beberapa elemen, yaitu:

1. Objek Citra
2. Teknik Pengolahan Citra
3. Alat Input

1. Objek Citra

Citra (image) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). (Munir, 2004).

Citra yang terlihat merupakan cahaya yang direfleksikan dari sebuah objek. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut dan pantulan cahaya ditangkap oleh alat-alat optik, misal mata manusia, kamera, scanner, sensor, satelit dan sebagainya kemudian direkam.

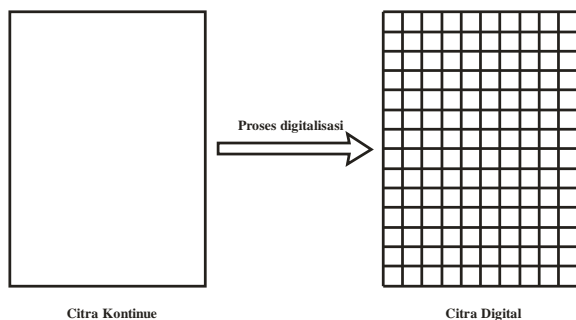
Citra yang akan dibahas disini adalah khusus untuk citra digital, karena hanya citra digital yang dapat diolah menggunakan komputer dan citra ini nantinya disimpan dalam format digital.

Usman Ahmad (2005), menyatakan bahwa "citra adalah kumpulan pixel-pixel yang disusun dalam larik dua-dimensi".

Citra, dari sudut pandang matematis merupakan fungsi menerus (continue) dari intensitas cahaya pada bidang 2 dimensi. Secara matematis fungsi intensitas cahaya pada bidang dwimatra disimbolkan dengan $f(x, y)$ dimana (x, y) adalah koordinat pada

bidang dwimatra dan f adalah intensitas cahaya (*brightness*) pada titik (x, y) .

Agar dapat diolah dengan komputer secara digital maka suatu citra (kontinue) harus direpresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Representasi citra dari fungsi malar (kontinue) menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi dan hasilnya disebut citra digital. Secara umum citra digital berbentuk empat persegi panjang dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi \times lebar (atau lebar \times panjang).



Gambar 1. Proses Digitalisasi Citra Kontinue Menjadi Citra Digital

2. Teknik Pengolahan Citra

Dari hasil analisa literatur dan kesimpulan para peneliti dibidang deteksi wajah proses pengolahan citra yang sangat membantu dan menentukan keberhasilan dan tingginya tingkat akurasi pada sistem deteksi wajah diantaranya adalah proses thresholding dan deteksi tepi (*edge detection*).

Untuk itu analisa perbandingan pengolahan citra untuk sistem deteksi wajah akan difokuskan pada proses-proses tersebut.

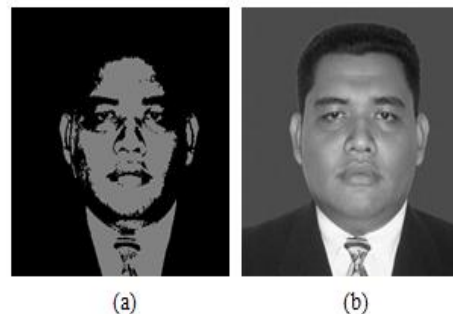
a. Thresholding

Thresholding digunakan untuk mengatur derajat keabuan yang ada pada citra dan pada dasarnya merupakan proses

pengubahan kuantitasi pada citra. Proses ini berfungsi untuk membantu memisahkan objek berdasarkan perbedaan nilai kuantitasi warna yang diinginkan. Untuk itu diperlukan nilai yang tepat pada proses thresholding.

Pada aplikasi deteksi wajah yang ada nilai pada proses thresholding telah ditentukan secara baku oleh pengembang aplikasinya, sehingga hasil yang diperoleh untuk mendukung proses deteksi wajah masih belum optimal.

Hal ini dapat dibuktikan dari simulasi pada aplikasi yang diterapkan, dimana tiap nilai yang ditentukan dalam proses thresholding memiliki perbedaan kuantitasi yang sangat signifikan sehingga dapat mempengaruhi proses pada sistem deteksi wajah. Hasil thresholding dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil Thresholding (a) Menggunakan 2 Nilai Derajat Keabuan, (b) Menggunakan 130 Nilai Derajat Keabuan

Dari perbandingan hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa proses thresholding sering digunakan untuk melakukan proses binerisasi pada citra. Citra biner yang dihasilkan oleh proses thresholding ini biasanya digunakan untuk keperluan pengenalan pola (*pattern recognition*) pada sistem deteksi wajah. Selain itu juga digunakan untuk membantu menentukan pembagian arah warna derajat

keabuan untuk menghasilkan citra binner (hitam putih).

b. Deteksi Tepi

Proses deteksi tepi dalam sistem deteksi wajah adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas antara satu objek dengan objek lainnya dalam sebuah citra, sehingga mempermudah proses segmentasi dan identifikasi objek wajah.

Dalam proses deteksi tepi ada beberapa metode yang digunakan dalam sistem deteksi wajah, yaitu metode *Robert*, *Sobel*, *Prewit* dan *Lapalacian*. Untuk itu telah dilakukan analisa melalui pengujian setiap metode dengan menggunakan aplikasi simulasi sehingga dapat diketahui perbedaan yang terdapat pada setiap metode sehingga dapat dibandingkan dan disimpulkan mana metode yang terbaik untuk diterapkan dalam sistem deteksi wajah.

1) Metode Robert

Metode Robert merupakan pengembangan dari teknik differensial pendeteksian tepi, yaitu pendeteksian differensial arah horizontal dan differensial arah vertikal dengan penambahan konversi binner setelah differensial dilakukan. Kernel Filter yang digunakan dalam metode Robert ini adalah:

$$H = [-1 \ 1] \text{ dan } H = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Metode Robert merupakan operator deteksi tepi yang menggunakan jendela dengan ukuran 2x2 pixel dengan menentukan arah perhitungan nilai gradiennya secara diagonal. Pendekatan yang digunakan terhadap besaran gradien dalam operatornya adalah sebagai berikut:

$$G[f(x,y)] = |f(x,y) - f(x+1,y+1)| + |f(x,y+1) - (x+1,y)|$$

Jika persamaan tersebut ditulis ulang dengan memisahkan komponen gradien pada kedua arahnya maka, akan menjadi:

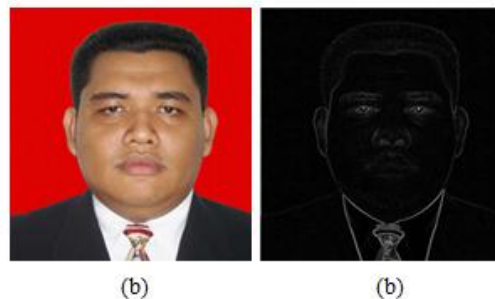
$$G|f(x,y)| = |Gx| + |Gy|$$

dengan Gx dan Gy dihitung dengan menggunakan tutup sebagai berikut:

$$Gx = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad Gy = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Operator ini menghitung nilai diferensialnya pada titik interpolasi $(x + 1/2, x + 1/2)$ dan memeriksa sebuah pixel dalam arah diagonal sehingga pixel tersebut membentuk jendela pixel 2x2. Hasil dari deteksi tepi menggunakan metode Robert ini menunjukkan bahwa setiap segment atau bagian objek wajah dari citra digital yang diuji terlihat lebih jelas bentuknya, namun banyak bagian objek yang tereduksi, sehingga bagian-bagian yang dianggap tidak terlalu penting menjadi hilang. Hal ini dapat mempengaruhi akurasi pengenalan pola pada sistem deteksi wajah. Hasil deteksi robert dapat dilihat pada gambar 3.

Pendeteksian tepi dengan metode Robert dilakukan pada gambar yang diambil dari kamera dengan resolusi yang agak tinggi yaitu sekitar 5 mega pixel.



Gambar 3. Hasil Deteksi Tepi Pada Citra

Berwarna

(a) Citra Asli dan (b) Citra Hasil Deteksi

2) Metode Sobel

Metode sobel merupakan pengembangan metode robert. Metode sobel menggunakan jendela operator 3x3 untuk perhitungan gradiennya tujuannya adalah untuk menghindari gradien yang dihitung pada titik interpolasi dari pixel-pixel yang terlihat, sehingga perkiraan gradiennya tepat berada ditengah jendela. Susunan pixel-pixel tetangga dan pixel gradiennya pada operator Sobel pada bidang 3x3 dapat dilihat pada gambar 4.2.

P ₁	P ₂	P ₃
P ₈	(x,y)	P ₄
P ₇	P ₆	P ₅

Metode Sobel ini lebih menekankan pembobotan pada pixel-pixel yang lebih dekat dengan pusat jendela, sehingga pengaruh pixel-pixel tetangga akan berbeda sesuai dengan letaknya terhadap titik dimana gradien dihitung.

Perhitungan besaran gradien berdasarkan susunan pixel-pixel tetangga pada metode Sobel ini dirumuskan dengan:

$$M = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

dimana M adalah besaran gradien yang dihitung pada titik tengah jendela dan turunan parsial dihitung dengan:

$$S_x = (p_3 + cp_4 + p_5) - (p_1 + cp_8 + p_7)$$

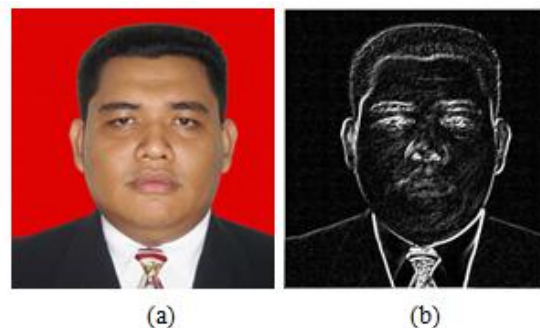
$$S_y = (p_1 + cp_2 + p_3) - (p_7 + cp_6 + p_5)$$

dimana c merupakan suatu konstanta bernilai 2, sehingga di implementasikan

dalam jendela matriks:

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Hasil pendeteksian tepi pada citra wajah dengan metode Sobel ini dapat dilihat pada gambar 4. Hasil deteksi terlihat cukup baik dibandingkan metode Robet dimana bagian-bagian yang samar pada citra wajah asli dapat terdeteksi. Selain itu tepi yang dihasilkan juga terlihat lebih jelas, hal ini disebabkan penggunaan operator pixel gradien berukuran 3x3 yang lebih besar dari operator sobel yang hanya berukuran 2x2.



Gambar 4. Hasil Deteksi Tepi Menggunakan Metode Sobel
(a) Citra Asli dan (b) Citra Hasil Deteksi

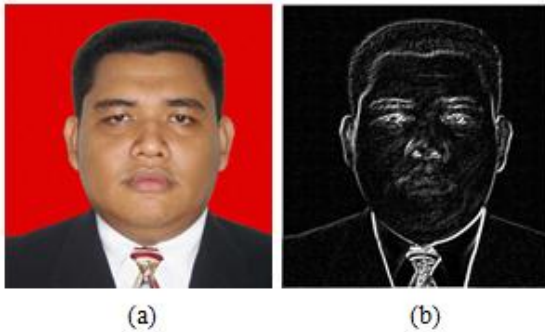
3) Metode Prewit

Metode Prewit ini menggunakan persamaan yang sama dengan operator Sobel, kecuali pada konstanta c, dimana nilai c sama dengan 1. Selain itu metode ini tidak melakukan penekanan atau pembobotan pada pixel-pixel yang lebih dekat pada titik pusat jendela.

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad S_y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Jadi dapat dilihat perbedaan bahwa pada metode Sobel beberapa posisi pembacaan dari pixel diberi bobot dua, sedangkan pada metode Prewit ini semuanya bernilai satu. Hal ini membuktikan bahwa metode Sobel memberikan penekanan pada pixel-pixel yang lebih dekat dengan titik pusat jendela sedangkan metode Prewit tidak.

Hasil deteksi tepi yang dilakukan menggunakan metode Prewit ini dapat dilihat pada gambar 5, dimana hasil deteksi yang ditampilkan sama seperti pada metode sobel hanya berbeda pada nilai derajat keabuannya saja karna nilai konstanta yang digunakan berbeda.



Gambar 5. Hasil Deteksi Tepi Menggunakan Metode Prewit
(a) Citra Asli dan (b) Citra Hasil Deteksi

4) Metode Laplacian

Cara penentuan titik tepi pada metode Laplacian adalah dengan menemukan titik-titik tepi dengan status maksimum lokal (titik puncak) dalam gradien kemudian menjadikannya sebagai titik tepi setelah ditentukan titik perpotongannya dengan sumbu x terlebih dahulu.

Sehingga rumus yang digunakan untuk fungsi $f(x,y)$ pada metode Laplacian adalah:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

dan persamaan differensial untuk turunan kedua sepanjang arah x dan y adalah:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} &= \frac{\partial G_x}{\partial x} \\ &= \frac{\partial(f(x+1,y) - f(x,y))}{\partial x} \\ &= \frac{\partial f(x+1,y)}{\partial x} - \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ &= (f(x+2,y) - f(x+1,y)) - (f(x+1,y) - f(x,y)) \\ &= f(x+2,y) - 2f(x+1,y) + f(x,y) \end{aligned}$$

Akan tetapi persamaan ini menyebabkan titik pusat bergeser pada titik $(x+1,y)$ sehingga nilai x harus diganti dengan $x-1$ agar titiknya berpusat pada sumbu (x,y) sesuai harapan, maka didapat:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1,y) - 2f(x,y) + f(x-1,y)$$

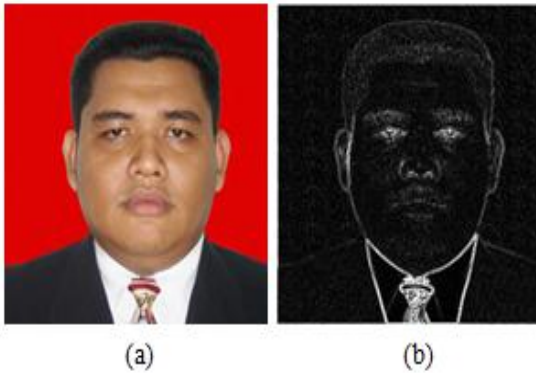
dan dengan cara yang sama untuk turunan sumbu y adalah:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x,y+1) - 2f(x,y) + f(x,y-1)$$

Bentuk matriks untuk menduga operator laplacian tersebut dengan menggabungkan kedua persamaan di atas adalah:

$$\nabla^2 \approx \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Setelah melakukan pengujian dapat dilihat bahwa bentuk tepi yang dihasilkan oleh metode Laplacian ini memiliki bentuk ketebalan tepi yang cukup tipis hanya 1 pixel, seperti pada contoh gambar 6.



Gambar 6. Hasil Deteksi Tepi Menggunakan Metode Laplacian (a) Citra Asli (b) Citra Hasil Deteksi

Hal ini di karenakan titik tepi ditentukan pada perpotongan sumbu x. Selain itu jika dilihat dari hasil yang diberikan, metode laplacian ini sangat sensitif terhadap noise karena setiap noise pun akan menghasilkan titik tepi. Hal ini akan meyebabkan pengenalan pola pada sistem deteksi wajah akan mengalami kendala.

3. Alat Input

Citra digital dapat dihasilkan dari berbagai jenis alat input seperti Kamera digital, Webcam, Kamera telepon Sellular, Scanner dan sebagainya. Dalam pengujian ini digunakan 3 jenis alat input citra digital yang dianggap mewakili berbagai jenis alat input citra yaitu:

- a. Kamera Digital:
 - Merk : Samsung
 - Type : Digital Pocket
 - Resolusi : 5 Mega pixel
- b. Webcam:
 - Merk : Acer Aspire 4520
 - Type : USB Crystal Eye (Kamera Built in)
 - Resolusi : 1 Mega Pixel

- c. Kamera Telepon Sellular:
 - Merk : HT Mobile
 - Type : G30
 - Resolusi : 2 Mega Pixel

Berikut perbandingan hasil akuisisi citra wajah dengan menggunakan kamera digital dengan resolusi tinggi dan kamera webcam pada komputer serta kamera pada telepon selular:



Gambar 7. Hasil Akuisisi Citra Dengan Jenis Kamera Yang Berbeda: (a)Kamera Digital Resolusi tinggi, (b) Webcam , (c) Kamera Telepon Sellular

E. PENGUJIAN

Pengujian dilakukan terhadap citra yang telah diakuisisi terlebih dahulu dengan menggunakan kamera digital, webcam dan kamera telepon sellular selain itu juga diberikan contoh citra dengan berbagai kondisi berupa citra dengan banyak wajah serta citra yang bukan wajah. Hal ini dilakukan untuk membuktikan keakurasian hasil deteksi citra wajah dengan sistem yang dibangun setelah melalui proses pengolahan citra dan pembelajaran. Aplikasi sistem deteksi wajah dapat dilihat pada gambar 8.



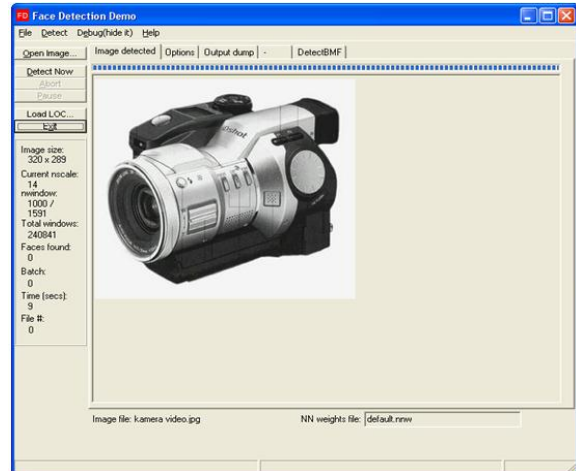
Gambar 8. Contoh Aplikasi Sistem Deteksi Wajah

Hasil pengujian sistem akan memberikan informasi ada atau tidaknya area wajah pada citra yang diberikan berupa tanda kotak persegi di area wajah yang ditemukan, lihat gambar 9.



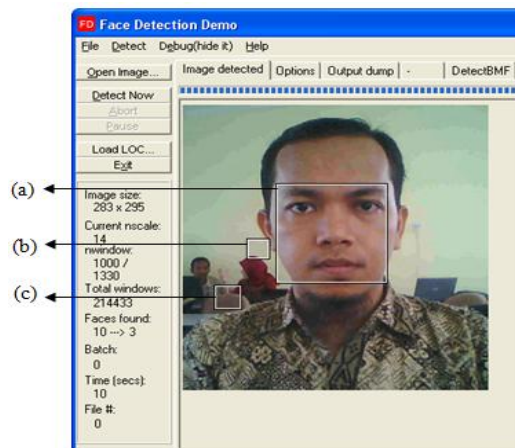
Gambar 9. Informasi Hasil Deteksi Berupa Kotak Persegi pada Area yang Dianggap Wajah

Jika citra yang diberikan bukan citra wajah maka hasil deteksi tidak memberikan tanda apapun. Hasil pengujian untuk citra bukan wajah ini dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Deteksi Tidak Menemukan Area Wajah Pada Citra Bukan Wajah

Pengujian juga dilakukan terhadap citra wajah dari hasil proses akuisisi yang menggunakan alat input yang berbeda, dimana hasil citra yang menggunakan alat input kamera digital dengan resolusi tinggi menampilkan hasil yang akurat seperti pada gambar 5.2. Sedangkan citra yang di input dengan menggunakan webcam menghasilkan deteksi yang kurang akurat dimana terdapat area yang bukan wajah terdeteksi sebagai wajah. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil Deteksi Wajah Pada Citra yang Diakuisisi dengan Webcam, (a) Area Wajah (b) dan (c) Area Bukan Wajah

H. SIMPULAN

Dari hasil analisa dan pengujian pada penelitian yang dilakukan terhadap sistem deteksi wajah maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Keempat metode yang ada, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan, tergantung pada kondisi citra hasil input.
2. Metode laplacian baik digunakan pada citra yang tidak mengandung banyak noise, sedangkan metode sobel dan prewit baik digunakan pada citra hanya memiliki satu objek wajah saja pada citra.
3. Proses deteksi wajah pada citra digital membutuhkan berbagai aspek pendukung baik dalam segi perangkat keras, perangkat lunak, maupun pengetahuan-pengetahuan dibidang komputer, matematika, pengolahan citra Jaringan syaraf tiruan dan ilmu pendukung lainnya.
4. Pengolahan citra sangat memegang peranan penting dalam pembangunan sistem deteksi wajah.
5. Metode pengolahan citra yang terbaik dalam pembangunan sistem deteksi wajah adalah dengan cara menyesuaikan penggunaannya pada berbagai jenis kualitas citra yang di input.
6. Faktor-faktor yang menentukan keberhasilan proses deteksi wajah dengan hasil deteksi yang akurat adalah dalam hal kualitas citra yang diinput, alat/perangkat yang digunakan serta metode yang dipakai.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Basuki, Jozua F. Palandi, Fatchurrochman. 2005. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Visual Basic*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ahmad Fitri Boy. 2009. *Algoritma Pengenalan Nilai Mata Uang Kertas Berbasis Webcam Dan Artificial Neural Network*. Padang: Universitas Putra Indonesia (Tesis tidak dipublikasikan).
- Putra, Darma. 2009. *Sistem Biometrika*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Jack Febrian. 2007. *Kamus Komputer & Teknologi Informasi*. Bandung: Informatika Bandung.
- Marvin Ch. Wijaya, Agus Prijono 2007. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan MatLAB*. Bandung. Informatika Bandung.
- Munir, Rinald. 2004. *Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika Bandung.
- Munir, Rinald. 2007. *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika Bandung.
- Usman, Ahmad . 2005. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Graha Ilmu.