

Penjejak Pose Wajah Otomatis pada Sistem Pengenalan Wajah

Kartika Firdausy

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan,
Kampus III UAD, Jl. Prof. Dr. Soepomo, Janturan, Yogyakarta 55164
kartika@ee.uad.ac.id

Abstract

Face recognition systems have been widely used in various security applications, for example in attendance system. The success of face recognition system relies on the trained face images as well as the face image captured that being recognized. Among the variables that determine the success of face recognition is face pose. Previous works showed that frontal face pose produced the best face recognition success rate. This paper proposes a face pose tracking sub system that can be used as a filter so that only the frontal face pose that will be processed in the face recognition sub system. The criteria for various face poses, i.e. frontal, tilted and turned, either left or right, have been formulated. Experimental results showed that the success rate of face pose recognition were between 64% up to 96%, with average of 84,7%.

Keywords: face recognition, face pose, pose tracking.

1. Pendahuluan

Pada saat ini, sistein keamanan merupakan bagian yang penting di berbagai institusi, misalnya di industri, instansi pemerintah dan militer, serta pusat riset. Tempat-tempat tertentu mensyaratkan hanya orang yang benvenang yang diperkenankan memasuki untuk alasan keamanan dan kerahasiaan. Sistem otorisasi yang digunakan dapat berupa sistem yang sederhana, misalnya dengan memasukkan nomor PIN pada sebuah papan nomor atau menggesekkan kartu magnetik. Namun, sistem tersebut dapat pula sangat kompleks yang melibatkan sistem biometrika. Masalah yang sering timbul pada sistem yang sederhana tadi adalah pengguna mungkin hams mengingat banyak PIN dan kata sandi yang berbeda, atau membawa kartu yang diperlukan. Hal ini dirasakan agak menyusahkan dan kurang aman (Chin, dkk. 2006).

Sistem biometrika dirasa lebih cocok untuk aplikasi yang mensyaratkan aksesibilitas dengan tingkat keamanan yang tinggi, karena informasi yang diperlukan sebagai masukan sistem otorisasi merupakan bagian dari orang itu sendiri. Dengan kata lain, sistem biometrika menyediakan bukan semata otorisasi, tetapi juga otentifikasi, karena orang yang mencoba untuk membuka akses dapat

diidentifikasi.

Sistem biometrika dapat dikelompokkan menjadi biometrika biologis dan biometrika fisis. Contoh biomedika biologis adalah tanda tangan DNA, yang merupakan metode intrusif dengan mengambil sampel DNA dari orang yang akan diotentifikasi. Teknik ini memiliki kelemahan karena memerlukan waktu yang panjang untuk memproses informasi DNA tersebut (Yanushevich, 2005). Biometrika fisis terdiri atas teknik yang memanfaatkan sidik jari, iris, pola ucapan, tanda tangan, dan wajah.

Pengenalan wajah merupakan salah satu mode biometrika fisis yang banyak digunakan dalam otentikasi sistem keamanan. Pengenalan wajah meliputi ekstraksi ciri dari citra 2 dimensi wajah pengguna kemudian mencocokkannya dengan data yang tersimpan dalam basis data. Keberhasilan pengenalan wajah bergantung citra wajah yang dijadikan masukan dalam basis data yang diperoleh dari suatu proses pendeteksian wajah selama proses pencitraan. Ini merupakan hal yang sulit karena proses tersebut dapat menghasilkan citra wajah dengan tingkat variasi yang tinggi yang berkaitan dengan wajah manusia, antara lain warna dan tekstur kulit, serta ekspresi dan pose wajah. Hal ini masih diperburuk dengan variasi yang ditimbulkan oleh

latar dan pencahayaan lingkungan (Ross dan Jain, 2003).

Lingkungan sebagai faktor eksternal dapat dikurangi tingkat variasinya dengan mengatur latar dan pencahayaan secara konstan. Sedangkan faktor internal pengguna yang meliputi warna dan tekstur kulit wajah dapat dianggap sebagai bagian dari ciri wajah pengguna yang akan dikenali. Apabila ekspresi wajah dapat diabaikan, misalnya dengan meminta pengguna untuk berekspresi wajar ketika dilakukan pengambilan gambar wajah, maka tinggal pose wajah yang harus dibuat standar yang optimum agar hasil pengenalan wajah menjadi lebih akurat.

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan perangkat lunak yang akan mengambil gambar/citra wajah pengguna, melakukan penjejakan pose wajah (*face pose tracking*), dan menentukan pose wajah hasil penjejakan. Untuk memudahkan pengguna dalam berpose, maka pengguna akan dapat melihat citra wajahnya secara *realtime*. Penentuan pose wajah hanya berdasarkan posisi *landmark* wajah, yaitu mata, hidung, dan mulut.

2. Fundamental

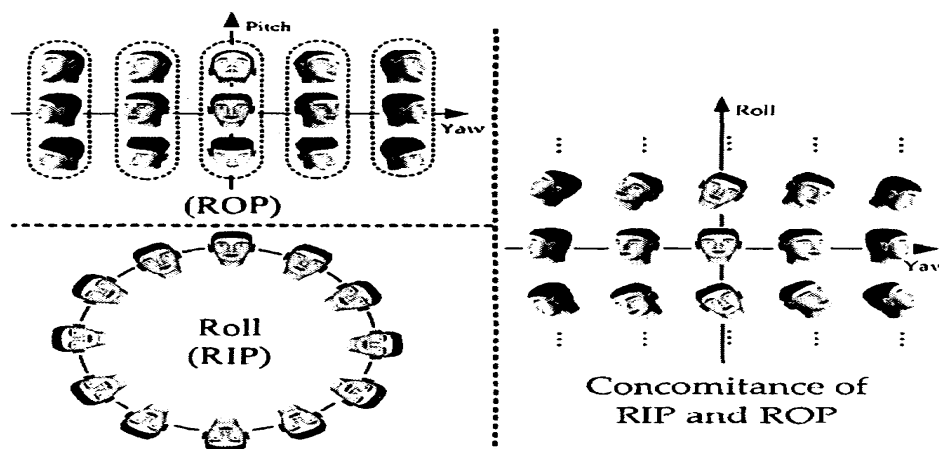
Pengenalan wajah dilakukan dalam beberapa tahapan (Nazeer dan Khalid, 2009). Mula-mula citra wajah yang akan dikenali diakuisisi dengan menggunakan kamera digital. Karena posisi dan jarak pengguna terhadap kamera mungkin bervariasi, maka citra yang diperoleh harus dilakukan

segmentasi untuk memperoleh citra yang utamanya berisi wajah pengguna. Di sini algoritma pendeteksian wajah diterapkan.

Karena citra wajah merupakan data 2 dimensi dengan ukuran yang relatif besar dan memiliki kedalaman skala keabuan tertentu, maka data mentah yang terkandung dalam sebuah citra wajah memiliki variasi yang sangat banyak sekali (Yang, 2004). Oleh sebab itu perlu dilakukan ekstraksi ciri untuk mengambil hanya informasi yang diperlukan untuk membedakan sebuah wajah dengan wajah yang lain. Langkah terakhir ialah melakukan identifikasi atau pencocokan ciri hasil ekstraksi tersebut dengan data yang telah tersimpan dalam basis data wajah.

Secara umum, pose wajah ditentukan oleh beberapa sudut terhadap arah frontal dan tegak (Gambar 1). Sudut horisontal terhadap arah frontal disebut sebagai sudut *yaw*. Sudut vertikal terhadap arah tegak ke depan dinamai sudut *pitch*. Sedangkan sudut yang membentuk bidang yang normal dengan arah frontal disebut sudut *roll* (Huang et. al., 2007).

Dalam langkah pendeteksian wajah, banyak peneliti telah mengembangkan algoritma deteksi wajah yang dapat bekerja baik untuk mendeteksi wajah untuk berbagai variasi sudut *yaw*, *pitch*, dan *roll*. Meskipun demikian, dalam tahap pengenalan wajah, pengaruh ketiga sudut tersebut dan mengurangi tingkat keberhasilan dalam Pengenalan wajah.



Gambar 1. Pose wajah dengan berbagai sudut. (Huang, et.al, 2007)

Chai et.al (2003) mengembangkan algoritma untuk memperbaiki citra wajah yang memiliki posisi bersudut terhadap arah frontal. Dengan menggunakan citra berbagai pose sebagai input dalam algoritma pengenalan wajah, yang sebelumnya telah dilatih dengan data citra wajah frontal, dapat disimpulkan bahwa pose bersudut terhadap arah frontal menurunkan tingkat keberhasilan dalam pengenalan wajah dibandingkan dengan arah frontal.

Pendeteksian wajah merupakan bagian dari pengenalan pola (*pattern recognition*). Viola dan Jones (2001) mengembangkan metode untuk mengenali sembarang pola dengan menggunakan fitur mirip Haar (*Haar-like feature*). Tiga kunci penting dalam metode pengenalan pola yang dikembangkan tersebut meliputi penggunaan citra integral untuk menghitung fitur secara cepat, algoritma pembelajaran yang efisien berbasis AdaBoost, serta teknik klasifikasi bertingkat (*cascaded classifier*).

Fitur yang digunakan oleh Viola dan Jones merupakan pola-pola sederhana berbasis fungsi Haar yang terdiri atas fitur yang tersusun atas dua, tiga, atau empat persegi panjang. Contoh sebagian fitur ini diberikan dalam Gambar 2.

Citra integral dihitung menggunakan persamaan (1)

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \tag{1}$$

dengan $ii(x,y)$ adalah citra integral pada koordinat (x,y) dan $i(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat (x,y) . Citra integral ini dapat dihitung secara rekursif menggunakan persamaan (2) dan (3).

$$s(x, y) = s(x, y - 1) + i(x, y) \tag{2}$$

$$ii(x, y) = ii(x - 1, y) + s(x, y) \tag{3}$$

dengan $s(x,y)$ adalah jumlah kumulatif dalam baris pada koordinat (x,y) , $s(x,-1) = 0$, dan $ii(-1, y) = 0$.

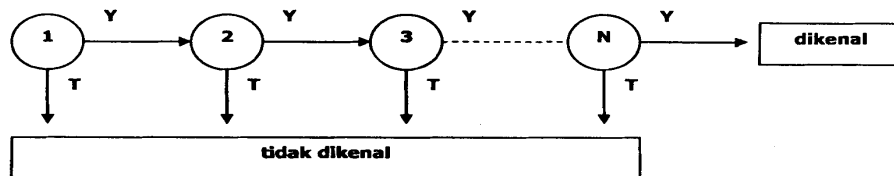
Untuk pengenalan pola secara bertingkat dapat diilustrasikan sebagaimana Gambar 3. Proses pengenalan dilakukan secara bertahap. Apabila sebuah obyek cocok dengan pola dasar 1, maka pengenalan dilanjutkan untuk pola dasar berikutnya, sampai semua pola dasar cocok dan obyek dinyatakan sebagai dikenali. Apabila terdapat sebuah pola dasar yang tidak cocok, maka obyek tersebut tidak dikenali.

3. Metodologi

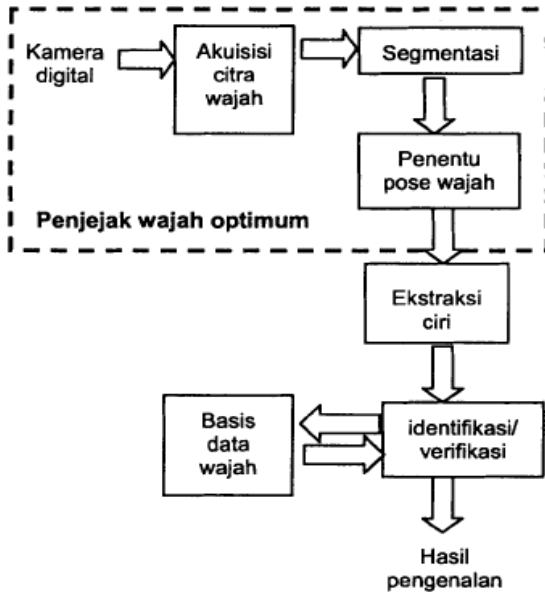
Subsistem Penjejak pose wajah optimum ini memiliki langkah tambahan yang berada di antara langkah segmentasi dan ekstraksi ciri pada sistem pengenalan wajah (Gambar 4), yaitu dengan menyisipkan langkah penentu pose wajah. Masukan dari subsistem penentu pose wajah ini berupa citra wajah yang sudah ternormalisir dari hasil segmentasi. Sedangkan keluarannya berupa citra wajah dengan pose standar yang akan diolah untuk diekstraksi cirinya



Gambar 2. Contoh fitur yang digunakan



Gambar 3. Pengenalan pola secara bertingkat

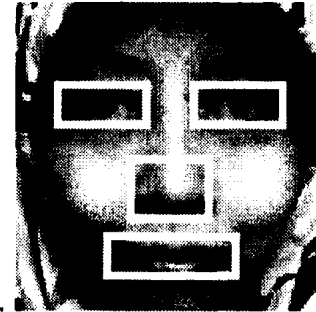


Gambar 4. Posisi subsistem penjejak pose wajah optimum dalam sistem pengenalan wajah

Dalam penelitian ini, pose wajah yang dianggap sebagai pose yang optimum atau standar adalah wajah yang menghadap secara frontal, dengan sudut *yaw*, *pitch*, dan *roll* bernilai 0. Untuk menentukan posisi tersebut, digunakan posisi landmark wajah, yaitu mata, hidung, dan mulut (Gambar 5). Dengan mengetahui posisi mata, hidung, dan mulut dapat ditentukan apakah pose wajah yang sedang dianalisis telah berada pada posisi yang standar atau tidak. Sebagai contoh, apabila koordinat vertikal mata kiri dan kanan tidak sama, maka wajah berada dalam posisi miring dengan sudut *roll* tidak sama dengan 0. Demikian juga koordinat horisontal tengah hidung dan mulut tidak sama, maka wajah juga berada dalam posisi miring dengan sudut *roll* tidak sama dengan 0. Ukuran mata juga dapat digunakan untuk menentukan apakah wajah membentuk sudut *yaw* terhadap frontal atau tidak. Sementara posisi vertikal mata dan mulut dapat digunakan untuk menentukan apakah wajah membentuk sudut *pitch* atau tidak.

Dengan demikian, pendeteksian *landmark* wajah merupakan salah satu langkah dari subsistem penjejak pose wajah ini. Pada penelitian ini, pendeteksian wajah dan landmark wajah dilakukan menggunakan teknik pengenalan pola

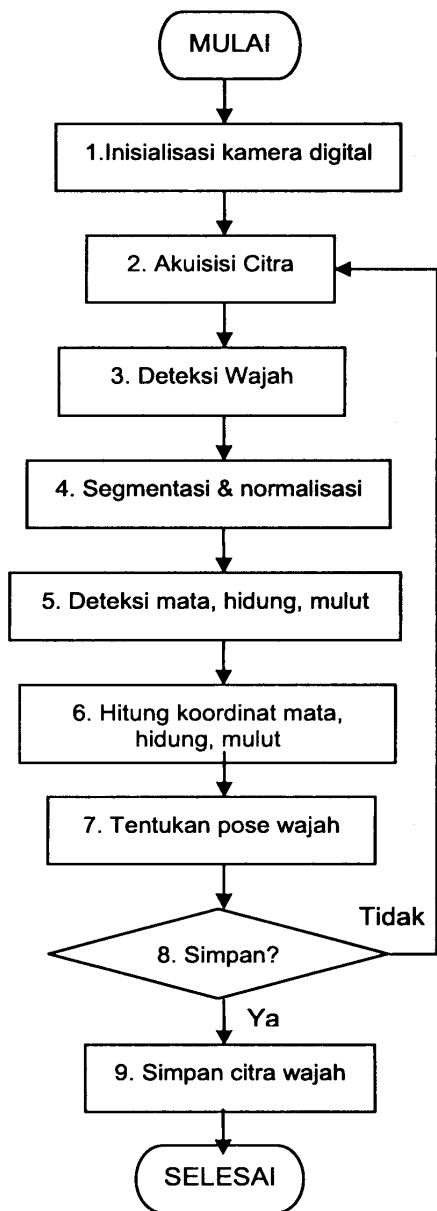
bertingkat yang dikembangkan oleh Viola dan Jones (2001).



Gambar 5. Deteksi landmark wajah yang meliputi mata, hidung, dan mulut

Diagram alir subsistem penjejak pose wajah dapat dilihat pada Gambar 6, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Kamera digital diinisialisasi untuk menentukan ukuran citra yang akan diambil serta menyiapkan memori untuk menyimpan citra yang diambil.
2. Citra diakuisisi setiap selang waktu tertentu yaitu 15 fps (frame per detik).
3. Diterapkan algoritma pendeteksian wajah dalam citra yang telah diakuisisi untuk menentukan ada tidaknya gambar wajah dalam citra tersebut. Pendeteksian wajah menggunakan algoritma pengenalan berbasis fitur mirip Haar (*Haar-like features*)
4. Bagian wajah dalam citra di-crop dan kemudian ukurannya dinominalkan untuk mendapatkan ukuran citra wajah yang standar. Ukuran yang digunakan adalah 100 x 100 piksel. Normalisasi ukuran citra dilakukan dengan menerapkan operasi penskalaan dengan menggunakan interpolasi bikubik.
5. Dari citra wajah yang ternormalisir, dideteksi bagian mata, hidung dan mulut dan ditentukan koordinat masing-masing landmark wajah tersebut. Pendeteksian juga menggunakan algoritma berbasis fitur mirip Naar (*Haar-like features*).
6. Setelah *landmark* wajah terdeteksi, hitung koordinat dari masing-masing *landmark* tersebut.
7. Dari koordinat *landmark* wajah ditentukan posewajah.



Gambar 6. Diagram alir subsistem penjejak pose wajah optimum.

8. Ditentukan apakah akan menyimpan citra wajah yang tertangkap atau tidak. Jika tidak maka ulangi langkah 2 (akuisisi citra).
9. Simpan citra wajah tersebut untuk keperluan pengenalan wajah.

Spesifikasi alat yang digunakan adalah:

1. Komputer dengan spesifikasi: Intel Core 2 Duo 2,2 GHz, RAM 2 GB DDR2, I-ID 160 GB.

2. Kamera digital yang mampu menangkap citra berukuran 1280 x 960 pixel dengan kecepatan maksimal 30 fps.
3. Perangkat lunak pernrograman *Visual C++ Studio 2005 Express* dan paket *library OpenCV*

Klasifikasi Pose Wajah

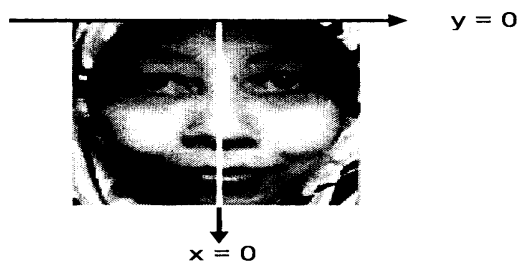
Pose wajah dibagi menjadi enam kemungkinan, yaitu:

1. frontal optimum
2. frontal
3. menoleh ke kiri
4. menoleh ke kanan
5. miring ke kiri
6. miring ke kanan

Pembagian pose wajah dilakukan secara manual dengan kriteria untuk masing-masing pose berdasarkan koordinat *landmark* wajah yang telah dihitung pada proses sebelumnya. Penentuan kriteria pose wajah dilakukan dengan mengambil sampel pose yang bersesuaian dengan pembagian di atas dan kemudian dihitung koordinat posisi *landmark* wajah pada saat itu.

Sistem koordinat *landmark* wajah yang digunakan adalah sumbu x (garis $y = 0$) batas atas citra wajah serta sumbu y (garis $x = 0$; selanjutnya disebut sumbu vertikal wajah), seperti pada Gambar 7.

Sebagai contoh, penentuan pose frontal dan frontal optimum didefinisikan sebagai pose wajah menghadap ke kamera dengan posisi tegak dengan semua sudut *pitch*, *yaw*, dan *roll* adalah 0 (merujuk ke Gambar 1). Kriteria yang digunakan berdasarkan koordinat *landmark* wajah untuk pose frontal optimum adalah:



Gambar 7. Sistem koordinat lmdmark wajah

1. Posisi horisontal hidung dan mulut ada di sekitar sumbu vertikal wajah
2. Posisi vertikal mata kanan dan kiri hampir sama.
3. Jarak posisi horisontal mata kanan dan kiri ke sumbu vertikal wajah hampir sama

Kadang diperoleh secara visual pose tampak menghadap ke depan tetapi dari pengukuran *landmark* wajah, posisi mata kanan dan kiri tidak simetri, dalam hal ini pose wajah tersebut dikate-

gorikan sebagai frontal. Jadi apabila salah satu kriteria b dan c di atas tidak terpenuhi sedangkan kriteria a terpenuhi, maka pose wajah dikategorikan sebagai frontal.

Ringkasan kriteria keenam pose wajah disajikan dalam Tabel 1. Digunakan nilai *threshold* untuk mendefinisikan batas arti kriteria "hampir" (misalnya kriteria.: "Posisi vertikal mata kanan dan kiri hampir sama"). Dalam penelitian ini digunakan nilai *threshold* = 3.

Tabel 1.(a). Kriteria pose wajah (frontal dan menoleh) berdasarkan koordinat *landmark* wajah

<i>Pose wajah</i>	<i>Kriteria</i>
Frontal optimum	$Abs(x_{hidung}) \leq threshold$ $Abs(x_{mulut}) \leq threshold$ $Abs(y_{matanakan} - y_{matakiri}) \leq threshold$ $Abs(x_{matanakan} + x_{matakiri}) \leq threshold$
Frontal	$Abs(x_{hidung}) \leq threshold$ $Abs(x_{mulut}) \leq threshold$ $Abs(y_{matanakan} - y_{matakiri}) \leq threshold$ <p>or</p> $Abs(x_{matanakan} + x_{matakiri}) \leq threshold$
Menoleh ke kiri	$x_{hidung} > threshold$ $x_{mulut} > threshold$ $Abs(y_{matanakan} - y_{matakiri}) \leq threshold$ $Abs(x_{matanakan} - x_{hidung}) - Abs(x_{matakiri} - x_{hidung}) > threshold$
Menoleh ke kanan	$x_{hidung} < -threshold$ $x_{mulut} < -threshold$ $Abs(y_{matanakan} - y_{matakiri}) \leq threshold$ $Abs(x_{matanakan} - x_{hidung}) - Abs(x_{matakiri} - x_{hidung}) > threshold$

Tabel 1.(b). Kriteria pose wajah (miring) berdasarkan koordinat *landmark* wajah

<i>Pose wajah</i>	<i>Kriteria</i>
Miring ke kiri	$x_{hidung} - x_{mulut} > 2 \cdot threshold$ $y_{matakiri} - y_{matanakan} > 2 \cdot threshold$
Miring ke kanan	$x_{mulut} - x_{hidung} > 2 \cdot threshold$ $y_{matanakan} - y_{matakiri} > 2 \cdot threshold$

4. Hasil dan Pembahasan

Perangkat lunak penjejak pose wajah yang dikembangkan memiliki tiga fungsi utama, yaitu untuk

1. menangkap citra wajah dari webcam,
2. menentukan pose wajah, serta
3. menyimpan citra wajah.

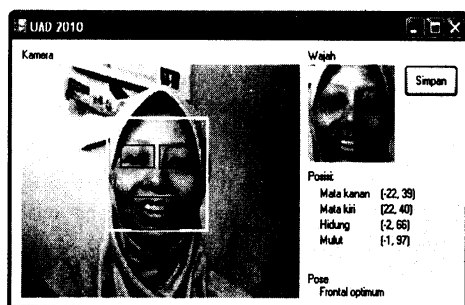
Perangkat lunak tersebut dibuat menggunakan paket pengembangan Microsoft Visual C++ Express 2005 dengan pustaka untuk pengolahan citra OpenCV. Contoh tampilan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 8, yang menampilkan:

1. frame hasil capture webcam dengan kecepatan 15 fps, kecepatan penangkapan yang sudah cukup cepat sehingga gerakan orang yang akan dideteksi wajahnya memenuhi syarat untuk aplikasi *realtime*;
2. frame hasil segmentasi;
3. koordinat posisi landmark wajah;
4. hasil penentuan pose wajah.



Gambar 8. Tampilan perangkat lunak penjejak pose wajah

Contoh tampilan 3 macam pose wajah dapat dilihat pada Gambar 9(a) sampai Gambar 9(c).



(a) frontal optimum



(b) menoleh ke kiri



(c) miring ke kiri

Gambar 9. Contoh pose wajah

Tabel 2 menunjukkan hasil penentuan pose berdasarkan kriteria yang telah diformulasikan.

Tabel 2. Hasil penentuan pose wajah

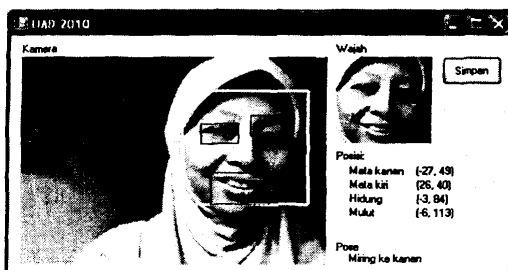
Pose	Sesuai	Tidak sesuai	Keberhasilan
Frontal Optimum	24	1	96%
Frontal	23	2	92%
Menoleh ke kiri	23	2	92%
Menoleh ke kanan	19	6	76%
Miring ke kiri	22	3	88%
Miring ke kanan	16	9	64%
Total	127	23	84,7%

Dari 25 citra wajah yang diambil untuk setiap pose, secara total diperoleh keberhasilan pengenalan sebesar 84,7%. Keberhasilan pengenalan terbesar adalah untuk pose frontal optimum (96%), sedangkan pose menoleh ke kanan mempunyai tingkat keberhasilan yang paling rendah (64%). Hal ini disebabkan oleh kesalahan pada pendeteksian *landmark* wajah, terutama untuk mata kiri.

Data pelatihan yang digunakan pada algoritma pengenalan *landmark* (*cascaded classifier*) menggunakan data yang telah disediakan oleh peneliti lain, yang kebanyakan diambil untuk pose

frontal, sehingga pada pose yang tidak frontal kadang dijumpai kesalahan deteksi *landmark* wajah dan menyebabkan kesalahan dalam penentuan koordinat *landmark* tersebut. Pada penelitian ini, untuk pendeteksian hidung dan mulut relatif lebih akurat. Sementara pada pendeteksian mata, terutama mata di sebelah kiri, seringkali terdapat kesalahan sebagaimana contoh pada Gambar 10.

Pada Gambar 10(a), mata kiri terdeteksi terlalu ke atas, sehingga koordinat pusat mata menjadi terlalu ke atas dibandingkan dengan yang seharusnya. Hal ini menyebabkan pose tersebut terdeteksi sebagai miring ke kanan, karena sesuai dengan kriteria pose tersebut posisi mata kiri jauh lebih tinggi daripada mata kanan. Pada Gambar 10(b), batas kiri mata kiri terdeteksi terlalu ke kanan, sehingga koordinat pusat mata juga akan bergeser ke kanan. Hal ini menyebabkan pose tersebut terdeteksi sebagai menoleh ke kanan, karena sesuai dengan kriteria pose tersebut jarak antara hidung dengan mata kiri lebih jauh daripada dengan mata kanan. Kemungkinan kesalahan lain adalah mata dan hidung terdeteksi lebih besar daripada seharusnya seperti pada Gambar 10(c). Hal ini juga menyebabkan kesalahan dalam menyimpulkan pose wajah.



(a) Mata kiri terdeteksi terlalu ke atas



(b) Batas kanan mata kiri terdeteksi terlalu ke kiri



(c) Batas deteksi mata dan hidung terlalu lebar
Gambar 10. Kesalahan dalam pendeteksian mata

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Telah dibuat subsistem penjejak pose wajah optimum pada sistem pengenalan wajah. Subsistem ini menangkap citra wajah dari kamera digital, melakukan segmentasi dan normalisasi, dan menentukan pose wajah berdasarkan kriteria tertentu. Kriteria pose wajah yang diformulasikan dalam penelitian ini adalah pose frontal optimum frontal, menoleh ke kiri, menoleh ke kanan miring ke kiri, dan miring ke kanan. Dari hasil pengujian, keberhasilan pengenalan pose wajah adalah antara 64% sampai dengan 96% dengan rerata 84,7%.

5.2. Saran

Untuk kelanjutan penelitian ini dapat dilakukan langkah-langkah berikut:

1. membuat data pelatihan yang lebih baik untuk algoritma pendeteksian landmark wajah;
2. menambah klasifikasi wajah dengan pose menengadahkan dan menunduk;
3. mengintegrasikan subsistem penjejak pose wajah ini ke sistem pengenalan wajah yang utuh.

Ucapan terima kasih

Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada Universitas Ahmad Dahlan yang telah mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Chai, X., Shan, S., Gao, W., 2003, "Pose Normalization for Robust Face Recognition Based on Statistical Affine Transformation", in *Proceedings of the ICICS-PCM 2003*, paper 3A4.1
- Chin, C.S., Jin, A.T.B., Ling, D.N.C., 2006, "High Security Iris Verification System Based on Random Secret Integration", in *Computer Vision and Image Understanding*, No. 102 (2006), p.p. 169-177.
- Huang, C., Ai, H., Li, Y., Lao, S., 2007, "High Performance Rotation Invariant Multiview Face Detection", in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 29, No. 4, April 2007, p.p. 671-686.
- Nazeer, S.A., Khalid, M., 2009, "PCA-ANN Face Recognition System based on Photometric Normalization Techniques", in *State of the Art in Face Recognition*, In-Teh, Croatia, p.p. 71- 86.
- Ross, A. dan Jain, A., 2003, "Information Fusion in Biometrics", in *Pattern Recognition Letters*, No. 24 (2003), p.p. 2115-2125.
- Viola, P., dan Jones, M., 2001, Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, CVPR 2001 Vol: 1, p.p. 1-5 11 - 1-5 18, Kauai, USA
- Yang, M.H., 2004, "Recent Advances in Face Detection", in *International Conference on Pattern Recognition - ICPR 2004*, Cambridge UK
- Yanushkevich, S.N., 2005, "Synthetic DNA" in *Biometric Inverse Problems*, CRC, Taylor and Francis Group.