

LAPORAN TUGAS AKHIR EC 7010

Mata Kuliah : Keamanan Sistem Lanjut

3D FACE RECOGNITION USING LONGITUDINAL SECTION AND TRANSECTION

Disusun Oleh

NAMA : SUTARNO
NIM : 23203136



**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
BIDANG KHUSUS TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2004**

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan kekuatannya pada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir mata kuliah EC 7010 yaitu Keamanan Sistem Lanjut.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat dan disusun sebagai tugas untuk menyelesaikan mata kuliah EC 7010 (Keamanan Sistem Lanjut) pada program Magister Teknik Elektro Bidang Khusus Teknologi Informasi Institut Teknologi Bandung.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini banyak mengalami kendala-kendala, namun berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Dr. Ir. Budi Rahardjo, sebagai dosen pengampu mata kuliah EC 7010 yang telah banyak membantu penulis dalam hal materi teknik maupun non teknik.
2. Semua dosen yang telah memberikan segala ilmu dan pengalamannya sehingga memperkaya khasanah ilmu penulis.
3. Semua teman-teman yang telah membantu didalam penulisan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa pembuatan Tugas Akhir yang dilakukan masih dari sempurna oleh karena itu penulis dengan besar hati akan menerima segala saran dan kritik.

Bandung, Desember 2004

SUTARNO
e-mail : sutarno_solo@yahoo.com

ABSTRAK

Pelacakan dan pengenalan wajah manusia dapat dibuat sistem yang dapat digunakan secara sekaligus untuk melacak posisi wajah seseorang (*tracking*) dan mengenali wajah tersebut (*recognition*) berdasarkan *database* wajah yang telah dibuat dan di-*training* sebelumnya.

Algoritma yang digunakan untuk melakukan *tracking* posisi wajah adalah algoritma *CamShift* yang menggunakan faktor warna sebagai dasar pelacakannya. Setelah objek wajah dapat di-*track* dan dideteksi dengan jelas, baru kemudian dilakukan proses pengenalan wajah dengan menggunakan algoritma *Embedded Hidden Markov Models*.

Kemudian implementasi praktis dari *3D face recognition* untuk sistem verifikasi manusia menggunakan *feature longitudinal section* dan *transection* serta wajah, rotasi citra wajah *3D* yang dikompensasikan. Pendekatannya melalui penentuan tipe hidung yang merupakan tonjolan pada wajah. Ciri-ciri pengenalan citra wajah 3 dimensi, pertama harus mengambil pertimbangan bentuk dengan bentuk *frontal* (dari garis depan) untuk dinormalisasi. Selanjutnya titik-titik khusus pada wajah seperti hidung, mata, dan mulut dideteksi. Kedalaman hidung, luas hidung dan volume hidung dihitung berdasarkan *longitudinal section* dan *transection*. *Interval* mata dan kedalaman mulut juga dihitung. Akhirnya wajah dibagi-bagi menjadi 12 bagian. L1 ditentukan untuk membandingkan 2 *feature* vektor yang digunakan, karena sederhana dan konsisten. Hasil dari *eksperimen*, metoda yang diajukan dapat mengenali sampai 95,5 % untuk *longitudinal section* dan *transection*.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	1
ABSTRAK	2
DAFTAR ISI	3
DAFTAR GAMBAR	4
DAFTAR TABEL	5
BAB I PENDAHULUAN	6
1.1 Pengertian Biometrik	6
1.2 Jenis-jenis Sistem Biometrik	6
BAB II <i>3D FACE RECOGNITION USING LONGITUDINAL SECTION AND TRANSECTION</i>	10
2.1 Pengenalan <i>3D Face Recognition</i>	10
2.2 Pengenalan Wajah menggunakan <i>Embedded Hidden Markov Models</i>	11
2.2.1 Algoritma <i>Camshif</i>	11
2.2.2 Algoritma <i>Embedded Hidden Markov Models</i>	12
2.3 <i>Face Normalization</i>	16
2.4 Pengambilan <i>Scalar</i> Ciri Wajah pada Citra <i>3D</i>	19
2.4.1 Kedalaman, luas, dan sudut <i>longitudinal</i>	20
2.4.2 Kedalaman, luas, dan sudut <i>transection</i>	21
2.4.3 Volume hidung	22
2.5 <i>Feature Scalar</i> yang lain	22
2.6 Hasil Percobaan	23
2.6.1 Percobaan dari kompensasi dan Orientasi	23
2.6.2 <i>Recognition Rate</i>	24
2.7 Kesimpulan Hasil Percobaan	26
BAB III KESIMPULAN	27
DAFTAR PUSTAKA	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Embedded HMM</i> dengan 3 <i>super state</i>	13
Gambar 2.2	Struktur EHMM citra wajah	15
Gambar 2.3	Urutan observasi pada citra wajah	15
Gambar 2.4	Proses dari <i>panning</i>	18
Gambar 2.5	Proses rotasi	19
Gambar 2.6	Proses <i>titling</i>	19
Gambar 2.7	Titik-titik ciri dan hasil dari pengembalian titik ciri	20
Gambar 2.8	<i>Feature point</i> untuk <i>longitudinal section</i> dan <i>transection</i> dan <i>scalar feature</i> lainnya	20
Gambar 2.9	Pengekstrakan dari mulut dan mata yang menggunakan lekukan, pembesaran, dan <i>erotions</i>	23
Gambar 2.10	Hasil dan perbandingan <i>scalar feature</i>	25
Gambar 2.11	Perbandingan dari perhitungan <i>ranking</i> antara <i>recognition rate</i> dan <i>feature vectors</i>	26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan dari tiap-tiap <i>recognition rate</i>	24
Tabel 2.2	Perbandingan sebelum dan sesudah dikompensasi	24
Tabel 2.3	Perbandingan <i>ranking</i> dari <i>feature vectors</i>	25

BAB I **PENDAHULUAN**

1.1 Pengertian Biometrik

Teknologi Biometrik adalah sistem yang menggunakan bagian tubuh manusia untuk kepastian pengenalan. Teknologi ini menggunakan bagian tubuh manusia yang unik dan tetap seperti sidik jari, mata dan wajah seseorang.

Sampai saat ini, teknologi yang sering digunakan adalah sidik jari, sementara pengenalan iris mata atau titik khusus wajah belum banyak diaplikasikan karena alasan faktor ekonomis. Penggunaan sidik jari adalah yang paling sering digunakan untuk umum, karena lebih komersial, dan mudah untuk digunakan semua orang dari sistem kepastian pengenalan menggunakan wajah ataupun mata seseorang. Pada saat menggunakan fasilitas pengenalan sidik jari, harus dipastikan terlebih dahulu jari-jarinya tidak kotor, karena karena alat pencocokan sidik jari tidak akan mengenalinya.

Keamanan biometrik telah sangat meningkat, dengan adanya pengetatan sistem keamanan negara-negara, terutama setelah peristiwa 11 September di Amerika. Industri keamanan biometrik, yang pada tahun 2000 mendapatkan pemasukan lebih dari US\$100 juta, diperkirakan akan mendapatkan peningkatan pendapatan menjadi US\$5 milyar pada tahun 2010. Salah satu bidang yang mengalami peningkatan, adalah sistem pengenalan, seperti misalnya teknologi pencitraan wajah 3 dimensi. Dengan menggunakan sistem komputer untuk memetakan titik-titik unik wajah, teknologi ini satu generasi lebih maju dibandingkan teknologi pengenalan yang sudah kita kenal saat ini, yaitu yang menggunakan sidik jari dan pengenalan pola selaput pelangi mata atau iris.

1.2 Jenis-jenis Sistem Biometrik

Jenis-jenis sistem biometrik yang sudah tersedia sekarang, antara lain:

- (1) **Pengenalan sidik jari.** Sistem ini meliputi sebuah perangkat keras *scanner* dan perangkat lunak. Merekam karakteristik sidik jari yang spesifik, menyimpan data tiap-tiap *user* ke dalam sebuah *template*, ketika *user* mencoba lagi menguatkan

akses maka perangkat lunak akan membandingkan data yang tersimpan pada *template* dengan pembacaan sidik jari dari *scanner*.

Sistem sidik jari sangat akurat tetapi dapat dipengaruhi oleh perubahan-perubahan di dalam sidik jari (terbakar, bekas luka dan sebagainya), kotoran dan faktor-faktor lain yang menimbulkan gangguan pada gambar. Beberapa jenis aplikasi yang dapat diterapkan pada teknologi sidik jari adalah: *Police Investment System*, *Door Access System*, *Card Access System*, *Software Access System*, *Banking System*, *Time and Attendance System*, *ID Card System* dan sistem keamanan yang lain.

- (2) **Pengenalan wajah.** Pengenalan bentuk-bentuk dan posisi dari ciri-ciri wajah seseorang adalah tugas yang kompleks. Pertama sebuah kamera menangkap gambar dari sebuah wajah dan kemudian *software* memilah-milah pola informasi yang selanjutnya dibandingkan dengan *template user*.
- (3) **Pengenalan bagian mata.** Pola bagian mata adalah rumit, dengan keanekaragaman dari karakteristik yang unik dari tiap-tiap orang. Sebuah sistem pengenalan iris menggunakan sebuah kamera *video* untuk menangkap contoh dan perangkat lunak membandingkan data hasil dengan *template-template* yang disimpan.
- (4) **Pengenalan retina.** Mungkin dari semua itu yang paling aman dari bekerjanya sistem biometrik adalah retina, dan lapisan-lapisan pembuluh yang dilokasikan di belakang mata. Gambar retina sulit untuk ditangkap dan selama pendataan *user* harus memusatkan sebuah titik serta mempertahankannya sehingga kamera dapat melaksanakan penangkapan gambar dengan baik. Hal yang sebenarnya ditentukan adalah pola dari pembuluh-pembuluh darah. Tetapi ketika pola-pola ini unik pada tiap-tiap orang, identifikasi dapat menjadi lebih presisi. Sistem yang didasarkan pada dua bagian mata, iris, dan retina adalah dipertimbangkan untuk menawarkan tingkat keamanan terbaik.

- (5) **Geometri lengan.** Dengan sistem ini, pengguna meluruskan lengan menurut petunjuk tanda pada perangkat keras pembaca lengan (*reader*), menangkap gambar tiga dimensi dari jari-jari dan tulang kemudian menyimpan data dalam sebuah *template*. Geometri lengan telah digunakan selama beberapa tahun dan dimanfaatkan untuk sistem keamanan pada perlombaan Olympiade 1996.
- (6) **Geometri jari.** Peralatan ini sama untuk sistem-sistem geometri. Pengguna menempatkan satu atau dua jari di bawah sebuah kamera yang menangkap bentuk dan panjang wilayah jari serta tulang-tulangnyanya. Sistem menangkap gambar tiga dimensi dan mencocokkan data dengan *template-template* yang disimpan untuk menentukan identitas.
- (7) **Pengenalan telapak tangan.** Sama dengan pengenalan sidik jari, biometrik telapak tangan memusatkan pada susunan-susunan yang beragam, misalnya bagian-bagian tepinya dan bagian-bagian yang tidak berharga yang ditemukan pada telapak tangan.
- (8) **Pengenalan suara.** Metode ini menangkap suara dari *speaker* menurut sifat-sifat bahasa. Penggunaan utamanya adalah aplikasi keamanan berbasis telepon. Keakurasiannya dapat dipengaruhi oleh hal-hal berikut seperti suara gaduh dan pengaruh-pengaruh dari penyakit atau kelelahan pada suara.

Satu masalah nyata dengan pengenalan suara adalah sistem dapat dikelabui oleh suara *tape* dari suara seseorang. Untuk alasan ini sistem suara lanjutan harus mampu memperluas atau memperpanjang proses verifikasi dengan memberikan perkataan-perkataan yang lebih sulit dan panjang, membacanya dengan keras atau meminta sebuah perkataan yang berbeda yang dibaca setiap waktu.

- (9) **Pengenalan tanda tangan.** Sistem verifikasi tanda tangan memerlukan satu hal utama yaitu penerimaan masyarakat umum (publik). Di segala hal dari deklarasi kemerdekaan sampai slip sebuah kartu kredit. Masyarakat cenderung untuk menerima tanda tangan seseorang sebagai bukti dari identitasnya.

Sebenarnya sistem pengenalan tanda tangan atau sering disebut dengan sistem verifikasi tanda tangan dinamis (*dynamic signature verification system*). Betapa pun terlihat sederhana sebuah tanda tangan, peralatan mengukur baik ciri-ciri yang membedakan tanda tangan dan ciri-ciri yang membedakan dari proses penulisan tanda tangan. Ciri-ciri ini mencakup tekanan pena, kecepatan dan titik-titik ketika pena diangkat dari kertas.

Pola-pola ini ditangkap melalui sebuah pena yang dirancang khusus atau tablet (bisa juga kedua-duanya) dan dibandingkan dengan pola-pola *template*. Permasalahannya adalah tanda tangan kita berbeda secara berarti dan dari satu contoh ke contoh yang lain, sehingga keakurasian yang sangat kuat membutuhkan banyak contoh dan sebuah proses verifikasi lanjutan. Terdapat sistem biometrik utama yang sedang dalam pengembangan, ilmuwan-ilmuwan sedang mengembangkan dan menguji kemungkinan-kemungkinan terjadinya sistem yang didasarkan pada analisa DNA, pola-pola pembuluh darah dan bahkan bau tubuh manusia.

BAB II

3D FACE RECOGNITION

USING LONGITUDINAL SECTION AND TRANSECTION

2.1 Pengertian 3D Face Recognition

Teknologi *authentication biometric* untuk wajah, jari, tangan, iris, dan *speaker recognition* sudah dapat digunakan. Karena *face recognition* adalah *non-touch style*, pada sistem identifikasi *biometric* inti merupakan sebuah tantangan untuk penelitian setelah sidik jari. 30 tahun belakang ini terdapat banyak laporan studi mengenai citra *visible spektrum*. Tetapi metoda yang ditemukan terbatas pada pengaplikasiannya. Pengaplikasian ini dipengaruhi oleh gangguan cahaya dan kesulitan-kesulitan yang ditemukan saat wajah membentuk sudut tertentu dari kamera. Faktor-faktor ini menyebabkan rendahnya kemampuan pengenalan (kegagalan pengenalan). Untuk memecahkan masalah tersebut perusahaan komputer membangun *3D face acquisition systems*. Secara umum berbicara mengenai dua cara untuk menentukan pengenalan, didasari oleh *feature* wajah dan pendekatan area wajah.

Pendekatan *feature* dapat mengenali wajah walaupun detail yang dimiliki oleh individu (seperti hidung dan mulut) tidak dapat ditetapkan. Metode ini mengekstrak posisi relatif dan parameter-parameter lainnya, seperti mata, hidung, mulut, dan dagu. Hasil ini dibandingkan dengan *templet* yang sudah ada untuk ditinjau kesesuaiannya, pola *visual array 2D*, nilai intensitas dengan menggunakan *metric* yang sesuai. Tetapi proses ini membutuhkan memori yang besar, kecepatan proses juga rendah untuk menghitung konstruksi *datasenya* sangat sulit.

Face recognition menggunakan *feature geometri* untuk menormalisasi citra wajah *3D*. Pendekatan pertama dengan menentukan tipe hidung dan tonjolan di wajah., *nose bridge*, dasar hidung, mulut dan sebagainya. Selanjutnya mengekstrak *feature scalar* untuk membedakan wajah tiap individu melalui titik-titik yang sudah sebelumnya. Selanjutnya akan membahas normalisasi untuk orientasi wajah, tinjauan *ekstraksi feature*, hasil percobaan citra *3D*, dan kesimpulan.

2.2 Pengenalan Wajah Menggunakan *Embedded Hidden Markov Model*

Pelacakan dan pengenalan wajah manusia merupakan salah satu bidang yang cukup berkembang dewasa ini, dimana aplikasi dapat diterapkan dalam bidang keamanan (*security system*) seperti ijin akses masuk ruangan, pengawasan lokasi (*surveillance*), maupun pencarian identitas individu pada *database* kepolisian. Karena diterapkan dalam kasus keamanan, dibutuhkan sistem yang handal terhadap beberapa kondisi, seperti pengaruh latar belakang, *pose* wajah *non-frontal* terhadap pria maupun wanita dalam perbedaan usia dan ras.

Pelacakan dan pengenalan wajah dapat dibuat sistem yang dapat digunakan secara sekaligus untuk melacak posisi wajah seseorang (*tracking*) dan mengenali wajah tersebut (*recognition*) berdasarkan *database* wajah yang telah dibuat dan di-*training* sebelumnya. Algoritma yang digunakan untuk melakukan *tracking* posisi wajah adalah algoritma *CamShift* yang menggunakan faktor warna sebagai dasar pelacakannya.

Input data wajah diperoleh dari:

- (1) Kamera (*webcam*), untuk input bersifat *real-time*.
- (2) *File video* (dengan format: *AVI*), untuk input bersifat dinamis.
- (3) *File citra* (dengan format: *BMP, JPEG, PNG, TIFF*), untuk input bersifat statis.

Output dari sistem berupa wajah dalam *database* yang telah dikenali dengan nilai kemiripan (*likelihood*) yang paling tinggi.

2.2.1 Algoritma *Camshif*

CamShift adalah singkatan dari *Continuously Adaptive Mean Shift*, yang merupakan pengembangan dari algoritma *Mean Shift* yang dilakukan secara terus menerus (berulang) untuk melakukan adaptasi atau penyesuaian terhadap distribusi probabilitas warna yang selalu berubah tiap pergantian *frame* dari *video sequence*.

Langkah-langkah dari algoritma *Mean Shift* adalah sebagai berikut:

- (1) Ukuran *search window* yang sudah ditentukan.
- (2) Lokasi awal *search window* yang sudah ditentukan.

- (3) Hitung daerah *mean* dalam *search window*.
- (4) Posisikan *search window* ke tengah daerah *mean* seperti dihitung pada *step* (3).
Ulangi *step* (3) dan (4) hingga *konvergen* (atau hingga pergeseran daerah *mean* kurang dari *threshold* / batas yang ditentukan).

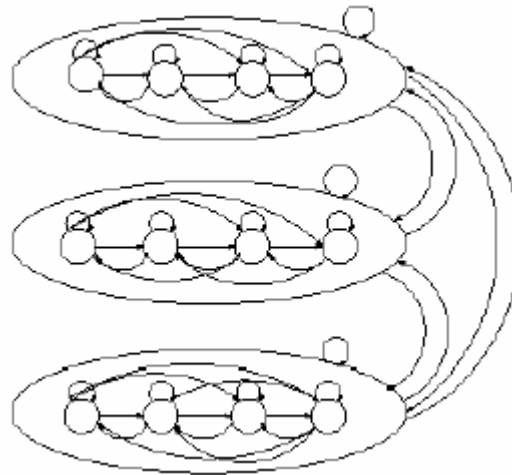
Sedangkan langkah-langkah dari algoritma **CamShift** adalah sebagai berikut:

- (1) Tentukan ukuran awal *search window*.
- (2) Tentukan lokasi awal dari *search window*.
- (3) Tentukan daerah kalkulasi (*calculation region*) pada bagian tengah *search window* dengan ukuran lebih besar dari *search window*.
- (4) *Frame* citra *video* dikonversi ke dalam sistem warna *HSV* (*Hue*, *Saturation*, *Value*), dan dilakukan *color histogram lookup* dalam *calculation region* yang akan menghasilkan citra distribusi probabilitas warna kulit.
- (5) Lakukan algoritma *Mean Shift* seperti di atas (satu atau banyak *iterasi*) dengan input berupa ukuran dan lokasi *search window* serta citra distribusi probabilitas warna, simpan *zeroth moment*.
- (6) Set nilai *x*, *y*, *z*, dan *head roll* yang diperoleh dari *step* (5).
- (7) Nilai *x*, *y* dipakai untuk set titik tengah *search window*, ($2 * \text{area}^{1/2}$) untuk set ukuran *search window*. Ulangi *step* (3) untuk setiap pergantian *frame* citra *video*.

2.2.2 Algoritma *Embedded Hidden Markov Model*

Sebuah *embedded HMM* (seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1) adalah pengembangan dari *HMM* (*Hidden Markov Model*), dimana suatu *state* pada 1-D *HMM* adalah juga sebuah *HMM*.

Embedded HMM terdiri dari himpunan *super state* dimana masing-masing berisi himpunan *state* pula yang disebut dengan *embedded state*. *Super state* memodelkan data citra dua dimensi pada arah vertikal, sedangkan *embedded state* memodelkan pada arah *horizontal*.



Gambar 2.1. *Embedded HMM dengan 3 super state*

Berikut adalah elemen dari *embedded HMM*:

- (1) Himpunan *super state* sebanyak $N_0, S_0 = \{S_{0,i} \mid 1 \leq i \leq N_0\}$
- (2) *Initial super state probability distribution*, $\pi_0 = \{\pi_{0,i}\}$, dimana $\pi_{0,i}$ adalah nilai probabilitas berada pada *super state* i pada waktu $t=0$.
- (3) Himpunan transisi *state* antar *super state* yang berupa *matriks* dua dimensi, $A_0 = \{a_{0,ij}\}$, $a_{0,ij}$ dimana adalah nilai probabilitas untuk melakukan transisi dari *super state* i ke *super state* j .
- (4) Pada metode ini, tiap *super state* adalah juga merupakan *HMM* (disebut *embedded HMM*), dan struktur dari *embedded HMM* ini sama dengan *1-D HMM*. Namun tidak seperti *1-D HMM*, jumlah *state*, *initial state probability*, dan *state transition matriks*, sangat bergantung pada *super state* dimana *embedded HMM* tersebut berada. Karena itu masing-masing *embedded HMM* juga memiliki elemen sebagai berikut:
 - (a) Jumlah *embedded state* pada *super state* yang ke k , N_1^k , dan himpunan *embedded state*, $S_1^k = \{S_{1,j}^k, j=1, 2, \dots, N_1^k\}$
 - (b) *Initial state probability distribution* pada *embedded state*, $\pi_1^k = \{\pi_{1,i}^k\}$, dimana $\pi_{1,i}^k$, adalah nilai probabilitas berada pada *state* i dari *super state* k pada waktu $t=0$.

- (c) *State Transition* Matriks untuk *embedded state*, $A_1^k = \{a_{1,ij}^k\}$, dimana $a_{1,ij}^k$ adalah nilai probabilitas untuk melakukan transisi dari *state* i ke *state* j pada *super state* k .
- (d) *Probability Distribution* Matriks, $B^k = \{b_j^k(o_{t_0,t_1})\}$, dimana $b_j^k(o_{t_0,t_1})$ adalah nilai probabilitas dari observasi o_{t_0,t_1} yang dihasilkan pada *embedded state* j dan *super state* k . Untuk *observation vector* o_{t_0,t_1} terdapat dua *subscript*, yaitu t_0 dan t_1 , dimana t_0 menyatakan waktu dari *super state* dan t_1 menyatakan waktu dari *embedded state*, bisa juga dikatakan pada baris t_0 dan kolom t_1 .

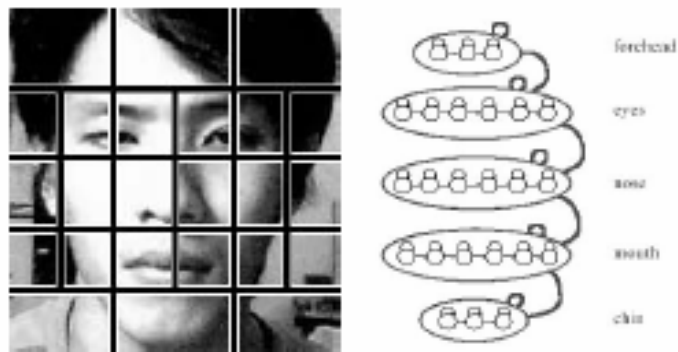
Untuk *continuous density embedded HMM*, observasi diperoleh dari *continuous probability density function* (seperti pada *1-D HMM*), yang berupa *finite Gaussian mixtures*, dengan bentuk:

$$b_i^k(o_{t_0,t_1}) = \sum_{m=1}^{M_i^k} c_{im}^k N(o_{t_0,t_1}, \mu_{im}^k, U_{im}^k)$$

untuk $1 \leq i \leq N_1^k$, dimana c_{im}^k adalah *mixture coefficient* untuk *mixture* ke m pada *state* i *super state* k , dan $N(o_{t_0,t_1}, \mu_{im}^k, U_{im}^k)$ adalah *Gaussian density* dengan *mean* vektor μ_{im}^k dan kovarian matriks U_{im}^k .

Gambar 2.2 berikut menunjukkan pembagian citra wajah sesuai dengan *topologi HMM* (5-3-6-6-6-3) dimana wajah dibagi menjadi 5 bagian (*Super State*), yaitu:

- Dahi, dibagi lagi menjadi 3.
- Mata, dibagi lagi menjadi 6.
- Hidung, dibagi lagi menjadi 6.
- Mulut, dibagi lagi menjadi 6.
- Daggu, dibagi lagi menjadi 3.

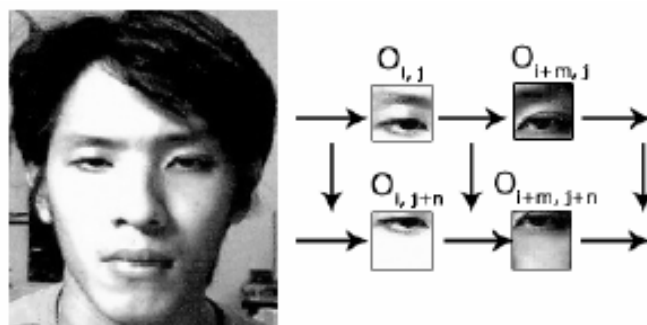


Topologi EHMM Default : 5-3-6-6-6-3

Gambar 2.2 Struktur *EHMM* citra wajah

Urutan observasi untuk citra wajah dibentuk dari blok *image* berukuran $L_x \times L_y$ (*Sampling Window*) yang diperoleh dengan melakukan *scanning* citra dari kiri ke kanan dan atas ke bawah, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. Blok *image* yang bersebelahan *overlap* dengan jarak P_y baris pada arah vertikal, dan P_x kolom pada arah *horizontal*.

Observation vector diperoleh dari enam *2-D DCT coefficient* (3×2 *low-frequency array*). Jika sebagai *observation vector* digunakan nilai piksel pada tiap blok *image* maka ukuran dari *observation vector* adalah $L_x \times L_y$.



Gambar 2.3 Urutan observasi pada citra wajah

Misal $L_x=8$ dan $L_y=10$, maka terdapat 80 nilai observasi, yaitu sekitar 15 kali lipat dibandingkan penggunaan enam *2-D DCT coefficient*, sehingga bisa mengurangi

kompleksitas perhitungan. Disamping itu pemakaian *DCT coefficient* juga bisa mengurangi masalah *noise*, *rotasi* dan pergeseran citra, serta faktor pencahayaan.

Berikut adalah persamaan *2D DCT Transform* yang dilakukan pada tiap *sampling window*:

$$X[k_1, k_2] = \alpha[k_1] \alpha[k_2] \sum_{y=0}^{N_2-1} \sum_{x=0}^{N_1-1} X[x, y] \cos \left[\frac{(2x+1)k_1 \alpha}{2N_1} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)k_2 \alpha}{2N_2} \right]$$

untuk $k_1 = 0, 1, \dots, N_1-1$

dan $k_2 = 0, 1, \dots, N_2-1$

$$\alpha[k] = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{untuk } k = 0 \\ \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{untuk } k = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

dimana:

k_1 = posisi kolom piksel dari *image*

k_2 = posisi baris piksel dari *image*

N_1 = lebar *image* dalam piksel

N_2 = tinggi *image* dalam piksel

2.3 Face Normalization

Ujung hidung mudah untuk ditentukan dengan menggunakan metode rata-rata *thershold*, karena ujung hidung merupakan tonjolan pada wajah. Dari ujung hidung ini di orientasi wajah dikompensasikan ke dalam axis x, y, dan z.

Dalam *feature* pengenalan wajah *3D*, satu yang harus dipertimbangkan adalah bentuk dari garis depan. Sistem pengenalan wajah akan mengalami penurunan kinerja yang sangat signifikan bila orientasi wajah tidak tepat. Untuk mengatasi hal ini maka

diperlukan proses normalisasi guna memposisikan citra pada orientasi yang benar. Urutan prosesnya adalah *panning*, *rotation*, dan *tilting*.

Pertama, *panning* adalah proses memposisikan wajah sesuai sudut yang didefinisikan dengan nilai tengah dan jarak dari nilai kedalaman area lokal yang dibagi menjadi kanan dan kiri, seperti didefinisikan pada persamaan (1), (2), (3), dan (4). Dengan menggunakan ukuran window 30 x 30, dan ujung hidung digunakan sebagai acuan referensi. Sebagai contoh diberikan citra *binary* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4, dimana BC adalah sebelum kompensasi dan AC adalah setelah kompensasi.

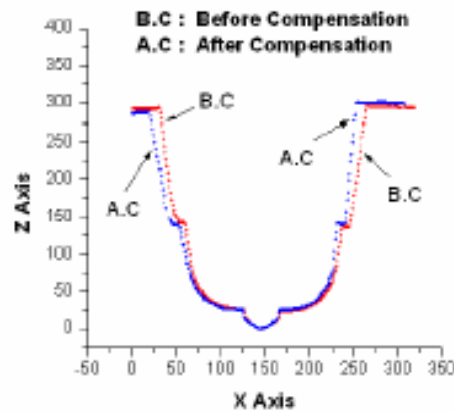
$$X_L = \frac{1}{n} \sum_{i=s1}^{s1-30} x_i \text{ dan } X_R = \frac{1}{n} \sum_{i=s2}^{s2+30} x_i \quad (1)$$

$$M_L = \frac{1}{n} \sum_{i=s1}^{s1-30} \sum_{j=\max_y}^{\max_y-30} D_{img}, \text{ if } D_{img} > 0 \quad M_R = \frac{1}{n} \sum_{i=s2}^{s2-30} \sum_{j=\max_y}^{\max_y+30} D_{img}, \text{ if } D_{img} > 0 \quad (2)$$

$$L = X_L - X_R \text{ dan } M = M_L - M_R \quad (3)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{M}{L} \right) \quad (4)$$

X_L = centroid of left area
 M_L = mean value of left local area
 L = difference of two centroid value
 θ = rotated angle
 X_R = centroid of right area
 M_R = mean value of right local area
 M = difference of two mean value
 $s1$ = $\max_x - 15$



Gambar 2.4 Proses dari *panning*.
BC sebelum kompensasi dan AC setelah kompensasi

Kedua, untuk rotasi, citra wajah dirotasikan dengan sudut yang didefinisikan dengan memodifikasi *centroid* dan *moments* yang digunakan pada beberapa area. Secara umum *sentroid* dan *moments* dapat dikatakan ekuivalen dan keduanya adalah *continuous counterparts*. Diberikan B berupa citra *binary*, terdiri dari n pixel $p_i = (x_i, y_i)$ ($i=1,2,\dots,n$), koordinat (x_q, y_q) dari *centroid* q dan B dihitung melalui:

$$x_q^p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^p \quad \text{dan} \quad y_q^p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^p \quad (5)$$

dimana p adalah nilai *threshol*d garis kontur, $p = 15,16,17,18,19,20$

Moment mempertimbangkan karakter yang unik dari potongan. Diberikan B terdiri dari n pixel $p_i = (x_i, y_i)$ ($i = 1,2,\dots,n$), dan $q = (x_q, y_q)$ sebagai *sentroidnya*. Definisi dari terpisah (k,l)- *order moment pusat* $\prod_{k,j}^p$ dari B diberikan oleh:

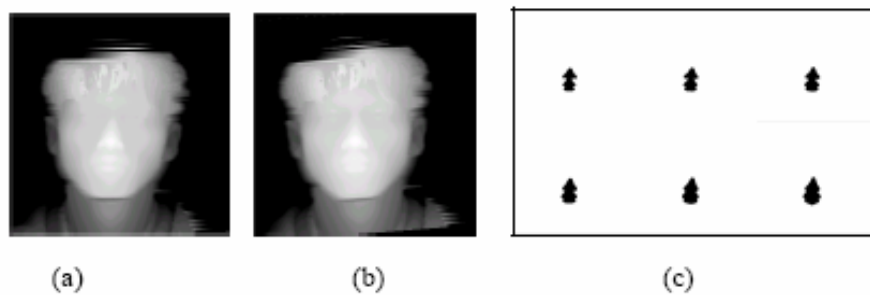
$$\prod_{k,j}^p = \sum_{i=1}^n (x_i^p - x_q^p)^k (y_i^p - y_q^p)^l \quad (6)$$

Potongan wajah adalah untuk direpresentasikan dengan kumpulan seluruhnya (k,l) *order moment pusat* ($k,l \in \mathbf{N}$). Jelasnya potongan wajah adalah simetris dengan sumbu diagonal atau *nose bridge*, $\prod_{k,j}^p = \prod_{k,j}^p$ untuk semua $k \in \mathbf{N}$ dan $l \in \mathbf{N}$. Orientasi didefinisikan sebagai sudut θ yang merepresentasikan sudut antara sumbu dan sumbu *moment inersia* yang paling kecil. Nilai dari sudut diperoleh melalui persamaan (7).

$$\theta = \frac{1}{6} \sum_{p=15}^{20} \left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2\Pi_{1,1}^p}{\Pi_{2,0}^p - \Pi_{0,2}^p} \right) \right) \quad (7)$$

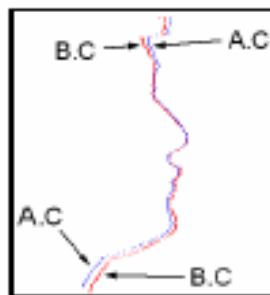
Pada Gambar 2.5 citra asli, citra yang sudah di *rotasi*, dan citra *binary* dengan *threshold* garis kontinyu diperkenalkan.

Ketiga, *tilting*, setelah menemukan *nose bridge*, dan *nose base*, wajah disesuaikan sampai dua nilai perbedaan kedalaman menjadi 10, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 Pada gambar ini garis (B.C) sebelum *tilting* dan (A.C) setelah *tilting*.



Gambar 2.5 Proses rotasi

(a) sebelum rotasi (b) sesudah rotasi (c) citra *binary* dengan nilai *threshold* garis kontur p=15,16,17,18,19,20 dari citra.



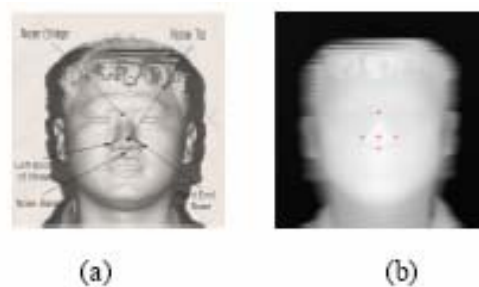
Gambar 2.6 Proses *tilting* BC sebelum *tilting* dan AC sesudah *tilting*

2.4 Pengambilan *Scalar* Ciri Wajah pada Citra 3D

Scalar features di ambil dari cekungan pada kurva, kecuali ujung hidung. Dengan mudah kita dapat mengetahui nilai terkecil adalah titik ciri. Cekungan di dapat dengan melihat titik puncak hidung dan dasar hidung dengan menggunakan *windows* berukuran

5 x 1 dan akhir hidung sebelah kanan dan kiri menggunakan *windows* 1x5. Gambar 2.7 (a) menunjukkan tiap titik yang digunakan sebagai titik ciri. Gambar 2.7 (b) menunjukkan hasil dari pengambilan titik-titik ciri. Pada percobaan ini kita menggunakan 12 buah nilai untuk menentukan ciri-ciri pada wajah. Termasuk pandangan sisi dan nilai kedalaman, dengan referensi *longitudinal section*, pandangan lurus dan nilai kedalaman menggunakan referensi *transection*, serta volume hidung.

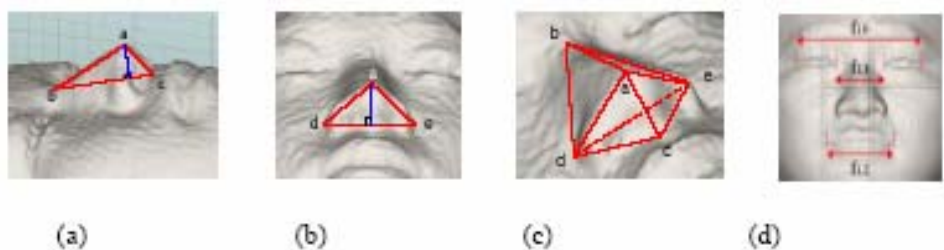
Kita difinisikan a sebagai ujung hidung, b sebagai puncak hidung, c adalah dasar hidung, sedangkan d dan e sebagai tepi kanan dan kiri dari hidung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Titik-titik ciri dan hasil dari pengambilan titik ciri.
(a) definisi titik-titik ciri (b) hasil titik-titik ciri

2.4.1 Kedalaman, luas, dan sudut dari *longitudinal*

Kedalaman (f_1) garis normal adalah jarak titik a dari garis b-c seperti digambarkan pada gambar 2.8 (a). Persamaan (8) dan (9) menunjukkan hubungan antara titik a dan garis b-c, (f_1) dihitung dengan:



Gambar 2.8 Feature point untuk *longitudinal section* dan *transection* dan *scalar feature* lainnya. (a) kedalaman *longitudinal section* (b) kedalaman *transection* (c) volume hidung (d) *scalar feature* lainnya.

$$ky + ly + m = 0$$

$$(y_2 - y_1)z_0 + (z_1 - z_2)y_0 + \{y_1(z_2 - z_1) - z_1(y_2 - y_1)\} = 0 \tag{8}$$

$$f_1 = \frac{|k * z_0 + l * y_0 + m|}{\sqrt{k^2 + l^2}} \quad (9)$$

Dimana k, l, dan m adalah konstanta.

Sehingga persamaan daerah segitiga $\frac{1}{2}$ alas * tinggi, jika garis lurus b-c adalah D_3 , daerah *longitudinal section* (f_2) dihitung dengan:

$$\begin{aligned} f_2 &= \frac{1}{2} * D_3 * f_1 = \frac{1}{2} * |k * z_0 + l * y_0 + m| \\ &= \frac{1}{2} |(y_2 - y_1)z_0 + (z_1 - z_2)y_0 + \{y_1(z_2 - z_1) - z_1(y_2 - y_1)\}| \end{aligned} \quad (10)$$

sudut *longitudinal section* (f_3) $\angle bac$ dihitung dengan:

$$f_3 = \sin^{-1} \left(\frac{2 * f_2}{t_1 * t_2} \right) \quad (11)$$

dimana t_1 adalah garis a-b dan t_2 adalah garis a-c.

2.4.2 Kedalaman, luas, dan sudut dari transection

Kedalaman garis normal dari titik a ke garis d-e, yang tegak lurus dengan garis normal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8 (b) kedalaman *transection* (f_4) dihitung dengan:

$$f_4 = \frac{|k * x_0 + l * z_0 + m|}{\sqrt{k^2 + l^2}} \quad (12)$$

dimana t_1 k,l, dan m adalah kostanta

Jika garis b-c adalah D_4 , daerah (f_5) *transection* dihitung dengan:

$$\begin{aligned} f_5 &= \frac{1}{2} * D_4 * f_3 = \frac{1}{2} * |k * x_0 + l * z_0 + m| \\ &= \frac{1}{2} |(z_4 - z_3)x_0 + (x_3 - x_4)z_0 + \{z_3(x_4 - x_3) - x_3(z_3 - z_3)\}| \end{aligned} \quad (13)$$

dan sudut (f_6) *longitudinal section* $\angle bc$ dihitung dengan:

$$f_6 = \sin^{-1} \left(\frac{2 * f_5}{t_1 * t_2} \right) \quad (14)$$

dimana t_1 adalah garis a-d dan t_2 adalah garis a-e

2.4.3 Volume hidung

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8 (c), volume hidung dibentuk oleh *tetrahedral* abde dan acde. Volume tiap *tetrahedral* v_1 dan v_2 , pertama jarak antara titik b dan c serta *plane* termasuk didalamnya Δade dihitung. Volume *tetrahedral* (v_1) menggunakan persamaan (9) dan (10) dengan persamaan *plane* hidung. Persamaan *plane* termasuk tiga titik $a(x_0, y_0, z_0)$, $d(x_4, y_0, z_3)$, dan $e(x_4, y_0, z_4)$ ditentukan oleh:

$$kx + ly + mz + n = 0 \quad (15)$$

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_0 & y_0 & z_0 & 1 \\ x_3 & y_0 & z_3 & 1 \\ x_4 & y_0 & z_4 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (16)$$

dimana k, l, dan m adalah konstanta

Menggunakan persamaan (16) D_5 , jarak dari titik $b(x_0, y_1, z_1)$ ke *plane*, dan D_6 adalah jarak antara titik $c(x_0, y_2, z_2)$ dihitung dengan:

$$D_5 = \frac{|k * x_0 + l * y_1 + m * z_1 + n|}{\sqrt{k^2 + l^2 + m^2}} \quad (17)$$

$$D_6 = \frac{|k * x_0 + l * y_2 + m * z_2 + n|}{\sqrt{k^2 + l^2 + m^2}} \quad (18)$$

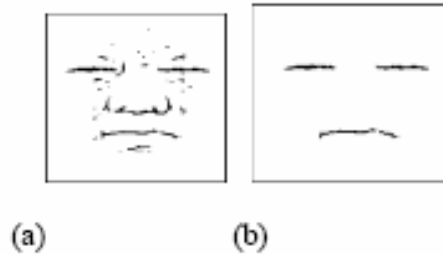
Akhirnya volume (f_7) dihitung melalui:

$$\begin{aligned} f_7 = v_1 + v_2 &= \frac{1}{3} * D_5 * f_5 + \frac{1}{3} * D_6 * f_5 \\ &= \frac{1}{3} * f_5 * (D_5 + D_6) \end{aligned} \quad (19)$$

2.5 Feature Scalar yang lain

Seperti pada Gambar 2.8 (c), sudut (f_8) dari batang hidung, $\angle dce$ dihitung dengan persamaan (12). Tambahan jarak dari rongga mulut (sudut luar) f_{10} , jarak dari rongga mata (sudut dalam) f_{11} , dan panjang mulut f_{12} dihitung. Untuk parameter ini memakai lekukan maksimal dimana direpresentasikan lekukan dari permukaan wajah, hasilnya

ditunjukkan Gambar 2.9, disini K_{max} adalah di atas 0,5. Proses dari *erosion* dan pembesaran yang dikerjakan untuk mengekstrak bentuk dari mulut dan area mata.



Gambar 2.9 Pengekstrakan dari mulut dan mata yang menggunakan lekukan, pembesaran, dan *erotions*. (a) hasil menggunakan lekukan maksimum (b) hasil dari proses *morphologi*

2.6 Hasil Percobaan

Pada percobaan ini menggunakan *3D scanner* laser untuk membuat kultur *4D* untuk memperoleh citra wajah *3D*. Pertama, garis sinar laser menggunakan potongan wajah untuk 3 menit, dengan demikian memperoleh gambaran *profil* laser sebesar 180 potongan. Ukuran citra menghasilkan ekstrak menggunakan algoritma dari garis tengah, yaitu 640x480. Kemudian kalibrasi dalam rangka memproses tinggi nilai, *resampling* dan penambahan. Akhirnya suatu *3D* citra diekstrak pada 320x320, *database* digunakan untuk membandingkan strategi yang berbeda dan 50 citra yang tenang (dua citra dari 25 orang). Dari dua citra yang ada, foto yang kedua telah di ambil pada interval waktu 30 menit.

Untuk menguji dua macam percobaan, pertama adalah verifikasi dari normalisasi untuk orientasi citra dan kedua komparatif dari kesamaan di antara *query*, citra, dan *database* dari ekstrak *feature*. Kesamaan dari *indexing system* menggunakan *L1-norm system* yang membandingkan *query* dengan *database query*.

2.6.1 Percobaan dari Kompensasi dan Orientasi

Tabel 2.1 merepresentasikan hasil dari *recognition rate feature*, f1, f2, f3, f4, f5, dan f7. Kedalaman (f4) dan area (f5) dari *longitudinal section* menghasilkan *recognition rate* dan area (f2) dari *transection* adalah merepresentasikan *recognition* yang rendah. Untuk meningkatkan *recognition rate*, nilai disesuaikan dari tiap-tiap *feature*, tetapi tiap-tiap

features mempunyai identifikasi yang rendah. Hasil w_1 dan w_2 merepresentasikan peningkatan *recognition rate* pada Tabel 2.1. w_1 menghasilkan tiap-tiap *features* aplikasi perbedaan nilai sesuai dengan tiap-tiap *recognition rate*. Dan RT adalah *ranked threshold* dalam Tabel 2.1.

$$Diff = \sum_{i=1}^5 |(w_i * f_i)_{original_img} - (w_i * f_i)_{DB_img}| \quad (20)$$

Tabel 2.1 Perbandingan dari tiap recognition rate

RT	5	10	15
F1	54%	74%	84%
F2	30%	64%	86%
F4	66%	90%	96%
F5	64%	96%	100%
F7	46%	82%	100%
W1	86%	100%	100%
W2	94%	100%	100%

Untuk menetapkan kompensasi dan orientasi, metode yang diusulkan yaitu mengeksekusi tiga macam dari tes, sebelum kompensasi, perubahan dari kompensasi untuk *order y axis* dan *z axis*. Diharapkan kompensasi citra menjadi lebih baik daripada citra tidak dikompensasi, dan *y axis* menjadi lebih baik dibandingkan *x axis*, *order* dikompensasi untuk citra yang diorientasikan, seperti ditunjukkan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbandingan sebelum dan setelah di kompensasi

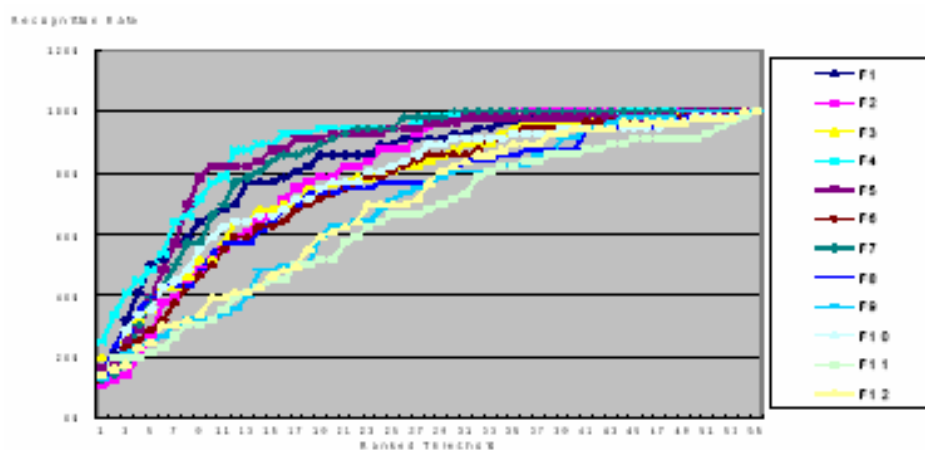
RT	Before Compensation	After Compensation	
		$\theta_z - \theta_y - \theta_x$	$\theta_y - \theta_z - \theta_x$
5	78.0%	90.0%	94.0%
10	96.0%	96.0%	100%
15	98.0%	98.0%	100%

2.6.2 Recognition Rate

Percobaan kedua, *database* ditambah dengan 6 citra mencakup *noise* yang kecil, kecuali citra yang digunakan pada 2.6.1. Gambar 2.10 menunjukkan hasil dari *recognition* untuk *feature vectors*. Kedalaman (f4) dari *longitudinal section* adalah *recognition rate* yang utama ketika *rank threshold* adalah 5, dan *ranked threshold* adalah 10, area (f5) dari *longitudinal section* jauh lebih baik *recognition rate*, yaitu 82,14 %. Tabel 2.3 menunjukkan *recognitions ranking* dari *feature vectors*.

Tabel 2.3 Perbandingan *recognition ranking* dari *feature vectors*

Recognitions rank	Ranked Threshold			Recognitions rank	Ranked Threshold		
	5	10	15		5	10	15
1	F4	F5	F4	7	F3	F3	F2
2	F5	F4	F5	8	F6	F2	F8
3	F7	F7	F7	9	F2	F6	F6
4	F8	F11	F1	10	F12	F12	F9
5	F11	F8	F3	11	F9	F9	F12
6	F1	F1	F11	12	F10	F10	F10



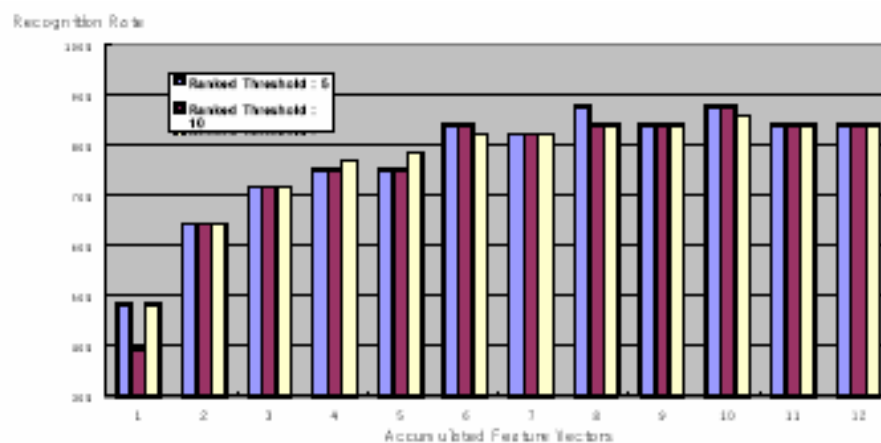
Gambar 2.10 Hasil dan perbandingan dari *scalar features*

Gambar 2.11 menampilkan *recognitions rate* melalui *feature vectors* dijumlahkan dari *ranking* 1 ke *ranking* 12 sesuai dengan *recognition rate*. Sebagai contoh, x nilainya 3, jika *rank threshold* adalah 5, jumlah *order* adalah f4, f5, dan f7, sehingga *recognition*

rate untuk tiga *feature vectors* ditambahkan *weight value*, yang mana mempunyai nilai yang sama, yaitu 71,43 %.

2.7 Kesimpulan Hasil Percobaan

Implementasi praktis dari sistem verifikasi manusia yang menggunakan *feature* dari *longitudinal section* dan *transection* dan ekspresi wajah yang lain, menggunakan perputaran kompensasi citra wajah 3D. Di dalam *recognition* dari citra wajah 3D, mengambil pertimbangan orientasi dari *postore* ke normalisasi menggunakan informasi hidung dan *longitudinal section* dan informasi *transection*. Dari citra normalisasi, daerah titik-titik khusus, seperti hidung, mata, dan mulut dideteksi. Kedalaman hidung, area dari hidung dan volume dari dasar hidung keduanya di atas, *longitudinal section* dan *transection* dihitung. Interval mata dan lebar mulut juga dihitung. *Recognition rates* untuk *feature vectors* dijumlahkan *weight value* dari *ranking* 1 ke *ranking* 12 sesuai dengan *recognition rate*, dan ketika *rank threshold* adalah 5, *recognition rate* adalah 95,5 %. Dari hasil percobaan, menetapkan kompensasi dari orientasi lebih ditingkatkan ke 12~16 %, jika Y axis telah dilakukan antar *feature vector* dengan wajah. Dapat dibuktikan bahwa *geometrical features* dari area hidung mempunyai *recognition rate* menggunakan *feature vectors* dari mata dan mulut.



Gambar 2.11 Perbandingan dari perhitungan *ranking* antara *recognition rate* dari *feature vectors*.

BAB III **KESIMPULAN**

Teknologi biometrik adalah sistem yang menggunakan bagian tubuh manusia untuk kepastian pengenalan. Teknologi ini menggunakan bagian tubuh manusia yang unik dan tetap dari seseorang atau manusia. Jenis-jenis sistem biometrik yang sudah tersedia sekarang, antara lain pengenalan sidik jari, pengenalan wajah, pengenalan bagian mata, pengenalan retina, geometri lengan, geometri jari, pengenalan telapak tangan, pengenalan suara dan pengenalan tanda tangan.

Sistem yang dapat digunakan secara sekaligus untuk melacak posisi wajah seseorang (*tracking*) dan mengenali wajah tersebut (*recognition*) berdasarkan *database* wajah yang telah dibuat dan di-*training* sebelumnya. Algoritma yang digunakan untuk melakukan *tracking* posisi wajah adalah algoritma *CamShift* yang menggunakan faktor warna sebagai dasar pelacakannya. Setelah objek wajah dapat di-*track* dan dideteksi dengan jelas, baru kemudian dilakukan proses pengenalan wajah dengan menggunakan algoritma *Embedded Hidden Markov Models*.

Sistem verifikasi manusia menggunakan *feature longitudinal section* dan *transection* serta wajah, rotasi citra wajah *3D* yang dikompensasikan, pendekatannya melalui penentuan tipe hidung yang merupakan tonjolan pada wajah. Ciri-ciri pengenalan citra wajah 3 dimensi, pertama harus mengambil pertimbangan bentuk dengan bentuk *frontal* (dari garis depan) untuk dinormalisasi. Selanjutnya titik-titik khusus pada wajah seperti hidung, mata, dan mulut dideteksi. Kedalaman hidung, luas hidung dan volume hidung dihitung berdasarkan *longitudinal section* dan *transection*. *Interval* mata dan kedalaman mulut juga dihitung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budi Rahardjo, *Keamanan Sistem Lanjut*, Insan Infonesia, Bandung, 2002.
- [2] <http://www.ies.ies.eepis-its.edu/123.pdf>
- [3] <http://www.cmis.csiro.au/Hugues.Talbot/dicta2003/cdroom/pdf/0049.pdf>
- [4] <http://www.4dculture.com>
- [5] <http://www.cyberware.com>