

DETEKSI LANDMARK CITRA WAJAH DENGAN EXTRAKSI FITUR GABOR & ANALISA FUZZY

Resmana Lim

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra Surabaya
e-mail: resmana@petra.ac.id

ABSTRAK: Paper ini mengusulkan sebuah metode deteksi wajah beserta dengan titik landmarknya pada citra berwarna menggunakan analisa fuzzy. Proses awal menggunakan informasi warna kulit untuk menseleksi calon-calon obyek lantas dilanjutkan dengan analisa fuzzy terhadap warna, bentuk, simetri dan fitur/landmark wajah. Proses lokalisasi landmark wajah menggunakan *Gabor wavelet graph matching* dengan memaksimalkan kemiripan antara landmark wajah model dengan obyek inputan. Proses maksimalisasi kemiripan ini menggunakan algoritma genetika. Hasil-hasil percobaan ditampilkan untuk memberikan gambaran keberhasilan dari metode yang diusulkan.

Kata kunci: lokalisasi landmark wajah, analisa fuzzy, *graph matching*, algoritma genetika, *Gabor wavelet*.

ABSTRACT: *This paper proposes a method that automatically finds human faces as well as its landmark points in color images based on a fuzzy analysis. The proposed approach first uses color information to detect face candidate regions and then uses a fuzzy analysis of the color, shape, symmetry and interior facial features. A deformable Gabor wavelet graph matching is used to locate the facial landmark points describing the face. The latter allows for size and orientation variation since the search for landmark points allows for affine transformations as well as local deformations of the Gabor wavelet graph. The search is performed using a genetic algorithm that is essential because it effectively searches the solution space. Results based on the proposed method are included to verify the effectiveness of the proposed approach.*

Keywords: *face landmark localization, fuzzy analyzing, graph matching, genetic algorithm, Gabor wavelet.*

1. PENDAHULUAN

Deteksi wajah beserta dengan titik-titik landmarknya seperti mata, hidung, mulut, dan lain-lain adalah merupakan proses penting dalam sistem pengenalan wajah. Pada prakteknya subsistem ini sangat menentukan kualitas dari sistem pengenalan wajah. Sejumlah pendekatan fuzzy [1] [2] telah diusulkan untuk mendeteksi wajah pada citra berwarna. Model fuzzy dari warna, bentuk wajah dan pola rambut telah digunakan untuk mendeteksi wajah [1], namun dalam proses deteksinya ia mengabaikan informasi detil landmark wajah yang pada akhirnya dapat meningkatkan kesalahan deteksi. Analisa fuzzy yang diusulkan oleh [2] juga menggunakan informasi warna, bentuk, simetri serta posisi wajah untuk mendeteksi wajah. Wajah dapat dideteksi dengan hasil yang cukup memuaskan

namun ia tidak menyertakan proses lokalisasi landmark wajah. Paper ini ingin mengembangkan metode [2] dengan menambahkan proses lokalisasi landmark wajah. Kontribusi dari paper ini terletak pada kombinasi metode fuzzy dengan proses *graph matching* untuk melokalisasi landmark wajah.

Pendekatan yang digunakan di awal memanfaatkan informasi warna kulit untuk mendapatkan kandidat obyek yang selanjutnya diteruskan melakukan analisa fuzzy untuk mendeteksi dan melokalisasi landmark wajah. Metode *graph matching* dengan optimasi algoritma genetika digunakan untuk melokalisasi landmark wajah. Citra wajah direpresentasikan kedalam graph yang memiliki node yang merupakan respon dari filter Gabor. Penggunaan filter Gabor dimotivasi oleh proses biologi pada sistem visual makhluk hidup [3]. Filter Gabor

cukup handal untuk mengatasi variasi iluminasi, kontras dan sedikit pergeseran serta deformasi citra. Dengan graph matching dan algoritma genetika diupayakan proses maksimalisasi kemiripan antara graph obyek dan graph model. Proses pencarian dengan GA ini sangat efektif membantu mempercepat proses lokalisasi landmark.

Metode deteksi dan lokalisasi landmark wajah ini telah dicoba pada berbagai citra berwarna dan menunjukkan hasil yang menjanjikan.

Paper ini diorganisasi sebagai berikut: pada seksi 2 akan dijelaskan pendekatan deteksi wajah memanfaatkan informasi warna kulit. Berikutnya pada seksi 3 membahas analisa fuzzy dan graph matching. Proses graph matching dengan GA dibahas pada seksi 4 dan pada akhirnya paper ini ditutup dengan hasil-hasil percobaan dan diskusi.

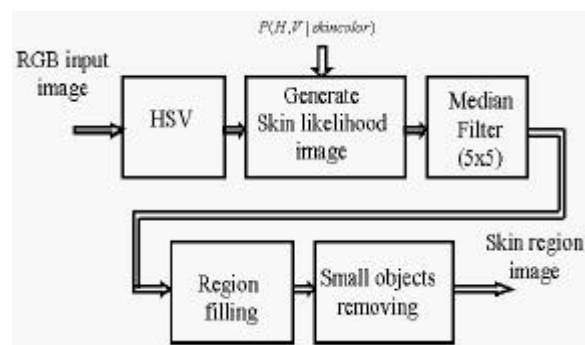
2. EKSTRAKSI WARNA KULIT

Informasi warna kulit digunakan pada tahap awal untuk mengekstraksi obyek yang berwarna kulit manusia. Tujuan utama pemrosesan awal ini adalah untuk mereduksi daerah pencarian secara signifikan. Telah ditemukan bahwa berbagai tipe warna kulit manusia ternyata terkluster dalam daerah warna tertentu baik pada space chroma [4] maupun space HSV [2] [5]. Sistem warna dengan space HSV telah lama digunakan secara efektif untuk segmentasi warna kulit pada berbagai aplikasi. Ternyata distribusi warna kulit manusia terletak pada area kecil dari Hue-Saturated (HS) yang mana nilai Hue merupakan fitur terpenting.

Proses ekstraksi obyek berwarna kulit memanfaatkan pengetahuan awal tentang distribusi warna kulit pada space HS. Sejumlah citra sampel kulit yang diambil dari 20 citra berwarna digunakan untuk menentukan distribusi warna kulit. Sampel-sampel tersebut diambil dari berbagai tipe etnis. Sebelum menentukan nilai HSV, sample kulit tersebut difilter menggunakan mean-filter untuk mereduksi efek noise. Distribusi nilai HS dari sampel kulit tersebut direpresentasikan dalam model Gaussian 2-

D, yaitu $N(\mathbf{m}, \Sigma)$, dimana \mathbf{m} adalah nilai rata-rata dan Σ adalah covariance matrix. Kedua parameter ini dapat diestimasi menggunakan citra sampel seperti disebut diatas.

Dengan distribusi posterior tersebut, maka citra *skin-likelihood* dapat diperoleh dari citra asal menggunakan aturan Bayes. Nilai tinggi pada citra *skin-likelihood* mengindikasikan adanya daerah kulit sementara nilai yang rendah menandakan ketidak hadiran area kulit disana. Dengan demikian area kulit bisa diekstraksi dari sini menggunakan proses thresholding yang memadai. Setelah calon obyek wajah didapat, pemrosesan lanjutan diperlukan untuk memperhalus obyek dan mengeliminasi piksel yang salah diklasifikasi yang muncul sebagai noise impulsif. Selanjutnya lubang-lubang yang mungkin ada pada wajah diisi dan akhirnya obyek yang lebih kecil dari besaran tertentu dibuang karena kecil kemungkinan bahwa ia adalah wajah. Diagram flow proses ekstraksi wajah digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Flow Ekstraksi Warna Kulit

Gambar 2a-d mengilustrasikan proses ekstraksi calon wajah yang dijelaskan diatas. Dari gambar ini dapat dicatat bahwa tidak semua obyek yang berwarna kulit adalah wajah. Beberapa area menunjukkan tangan dan bagian-bagian tubuh lainnya. Oleh sebab itu pada seksi berikutnya digunakan analisa fuzzy untuk mendeteksi apakah obyek tersebut merupakan wajah atau tidak.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. a) Citra Asal. b) Citra Skin Likelihood. c) Hasil Median Filter. d) Calon Wajah yang Dihasilkan

3. ANALISA FUZZY: BENTUK, WARNA DAN FITUR WAJAH

Setelah kandidat obyek wajah didapat, berikutnya perlu dilakukan proses identifikasi pada tiap-tiap obyek apakah ia merupakan citra wajah atau bukan. Selanjutnya bila ia adalah citra wajah, perlu juga dilakukan lokalisasi letak dari landmark wajah. Disini akan digunakan analisa fuzzy untuk mendeteksi wajah, yang mana informasi warna, bentuk, simetri dan fitur landmark digunakan sebagai input. Untuk mengkuantisasi inputan ini, dibangun fungsi keanggotaan fuzzy untuk tiap-tiap fitur tersebut. Nilai keanggotaan fuzzy memberikan indikasi 'kecocokan' obyek terhadap fitur yang sedang dievaluasi. Akhirnya proses agregasi fuzzy dilakukan untuk mendapatkan nilai fuzzy total.

Pada proyek ini digunakan 3 input primitive seperti yang disarankan [2] sebagai berikut:

- Deviasi terhadap nilai rata-rata Hue dari citra obyek.
- Rasio tinggi-lebar wajah. Adalah masuk akal bila rasio antara tinggi dan lebar citra wajah terletak pada daerah harga tertentu.
- Orientasi vertikal. Dianggap bahwa rotasi wajah yang mungkin terjadi hanya diijinkan berada pada daerah sudut tertentu.

Sebagai tambahan, dalam paper ini diusulkan untuk menyertakan primitive baru yaitu ukuran kemiripan antara fitur landmark citra model dengan obyek yang sedang diteliti. Disini akan dievaluasi setiap kandidat wajah dengan mencocokkan antara graph citra model tertransformasi dengan graph obyek yang sedang diteliti. Digunakan metode pencarian GA untuk memaksimalkan kemiripan antara graph citra model tertransformasi dengan graph obyek. Dengan GA dievaluasi sekumpulan transformasi affine yang diterapkan pada model graph. Kumpulan transformasi affine yang diterapkan pada graph model dimaksudkan untuk mengarahkan proses pencocokan graph untuk berbagai variasi skala, rotasi dan translasi graph model. Dalam proses pencocokan graph, kemiripan antara graph obyek dan graph model yang sudah

tertransformasi ini dimaksimalkan dengan GA. Hasil kemiripan (fitness) yang diperoleh dari proses GA ini pada akhirnya digunakan sebagai inputan baru bagi sistem analisa fuzzy untuk mendeteksi dan melokalisasi fitur landmark wajah.

3.1 Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan fuzzy yang dibangun disini menggunakan bentuk fungsi trapezoida. Nilai fungsi keanggotaan fuzzy berada pada kisaran [0,1]. Fungsi keanggotaan disini dibangun berdasarkan pengukuran terhadap basis data citra wajah [2].

Primitive pertama yang digunakan disini adalah nilai karakteristik Hue dari area obyek. Telah dilaporkan pada [2], fungsi keanggotaan ini menggunakan kisaran semesta nilai Hue pada $[-20^\circ, 50^\circ]$ (dalam hal ini, $-20^\circ = 340^\circ$). Batas bawah dari nilai rata-rata Hue berkisar pada 8° (distribusi etnis African-American). Sedangkan batas atas berada pada nilai sekitar 30° (distribusi etnis Asia). Dengan demikian fungsi keanggotaannya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{(x + 20)}{28}, & \text{if } -20^\circ \leq x \leq 8^\circ \\ 1, & \text{if } 8^\circ \leq x \leq 30^\circ \\ \frac{(50 - x)}{20}, & \text{if } 30^\circ \leq x \leq 50^\circ \end{cases} \quad (1)$$

Primitive ke 2 ialah rasio (perbandingan) antara tinggi-lebar wajah. Disini digunakan fungsi keanggotaan yang digunakan pada [2] yang mana nilai nominal dari rasio ini berkisar pada nilai 1.5:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{(x - 0.75)}{0.5}, & \text{if } -0.75 \leq x \leq 1.25 \\ 1, & \text{if } 1.25 \leq x \leq 1.75 \\ \frac{(2.25 - x)}{0.5}, & \text{if } 1.75 \leq x \leq 2.25 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Berikutnya digunakan pula primitive orientasi vertikal dari obyek yang sedang diteliti. Orientasi wajah umumnya berada pada kisaran sumbu vertikal. Orientasi disini merupakan sudut deviasi antara garis simetri wajah dengan sumbu vertikal. Nilai orientasi yang masuk akal adalah pada 30° yang dapat digunakan sebagai orientasi yang valid seperti yang diusulkan pada [2]. Dengan

demikian fungsi keanggotaan fuzzy dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } 0^\circ \leq x \leq 30^\circ \\ \frac{(90 - x)}{60}, & \text{if } 30^\circ \leq x \leq 90^\circ \end{cases} \quad (3)$$

Sebagai tambahan bagi ke 3 primitive diatas, disini penulis mengusulkan penambahan primitive berupa ukuran kemiripan fitur landmark wajah antara model dengan obyek yang sedang diteliti. Primitive ini memegang peranan penting untuk disertakan dalam sistem ini karena dengannya memungkinkan menambahkan kecerdasan sistem. Disamping itu pula, ia memungkinkan pencarian/lokalisasi titik-titik landmark wajah. Nilai kemiripan diperoleh dengan proses pencocokan (*matching*) antara graph obyek dengan graph model yang telah tertransformasi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, proses matching ini menggunakan GA. Nilai kemiripan maksimal (*fitness*) dari proses GA ini digunakan sebagai primitive terakhir. Dari percobaan diperoleh nilai kemiripan sekitar 0.7 yang dapat digunakan sebagai patokan untuk menentukan suatu obyek adalah merupakan citra wajah. Dengan demikian fungsi keanggotaan fuzzy dapat dituliskan:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x}{0.7}, & \text{if } 0 \leq x \leq 0.7 \\ 1, & \text{if } 0.7 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (4)$$

Fungsi keanggotaan fuzzy yang dituliskan diatas perlu diagregasi untuk menentukan desisi akhir. Pada paper ini digunakan agregasi seperti pada persamaan 5, yang digunakan pula pada [2]. Fungsi keanggotaan total adalah sebagai berikut:

$$\mu_c(x) = \left(\left(\min_{j=1}^m \mu_j \right) \left(\max_{j=1}^m \mu_j \right) \right)^{0.5} \quad (5)$$

Akhirnya, untuk menentukan apakah kandidat obyek adalah citra wajah atau bukan, maka dilakukanlah evaluasi terhadap fungsi fuzzy total ini. Batas nilai fungsi ini ditentukan secara percobaan untuk digunakan pada proses penentuan akhir.

3.2 Ekstraksi Fitur Gabor dan Representasi Citra Wajah

Setiap landmark dari wajah direpresentasikan dengan respon-respon Gabor filter lokal. Sebelum menjelaskan tentang graph model wajah, pertama akan dijelaskan bagaimana menghitung respon-respon Gabor Filter. Gabor filter 2-D diperoleh dengan memodulasi gelombang sinus 2-D (pada frekuensi dan orientasi tertentu) dengan Gaussian envelope. Berdasarkan notasi dalam [6], 2-D Gabor Filter kernel didefinisikan sebagai berikut:

$$f(x, y, \theta_k, \lambda) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(x \cos \theta_k + y \sin \theta_k)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(-x \sin \theta_k + y \cos \theta_k)^2}{\sigma_y^2} \right] \right\} \exp \left\{ \frac{2\pi(x \cos \theta_k + y \sin \theta_k)}{\lambda} \right\} \quad (6)$$

dimana σ_x dan σ_y adalah standar deviasi dari Gaussian envelope pada dimensi x and y . λ dan θ_k adalah panjang gelombang dan orientasi dari gelombang sinus 2-D. Penyebaran dari Gaussian envelope didefinisikan dalam bentuk dari gelombang sinus λ . Disini, kita set $\sigma_x = \sigma_y = \lambda/2$. Rotasi dari $x - y$ sebesar sudut θ_k menghasilkan Gabor filter pada orientasi θ_k . Pada makalah ini digunakan delapan orientasi yang berbeda dan empat panjang gelombang yang berbeda ($\lambda=3,5,7,10$). Satu respon Gabor filter diperoleh dengan mengkonvolusi satu dari filter kernel (dengan nilai λ, θ_k yang spesifik) dalam persamaan 6 dengan citra. Untuk titik x, y , respon ini ditunjukkan dengan $g(\cdot)$, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$g(x, y, \theta_k, \lambda) = \sum_{u=-(N-x)}^{N-x-1} \sum_{v=-(N-y)}^{N-y-1} I(x+u, y+v) f(u, v, \theta_k, \lambda) \quad (7)$$

dimana $I(x, y)$ menunjukkan citra berdimensi $N \times N$ dalam format grayscale. Jika semua Gabor filter dengan variasi panjang gelombang (λ) dan orientasi (θ_k) diterapkan pada satu titik tertentu (x, y) , maka didapatkan banyak respon filter untuk titik tersebut. Pada makalah ini digunakan delapan orientasi dan empat panjang gelombang sehingga menghasilkan 32 respon filter. Nilai-nilai vektor ini (32) direpresentasikan sebagai Gabor jet dari titik tersebut (x, y) . Satu jet J didefinisikan sebagai sekumpulan $\{J_j\}$ dari 32 koefisien

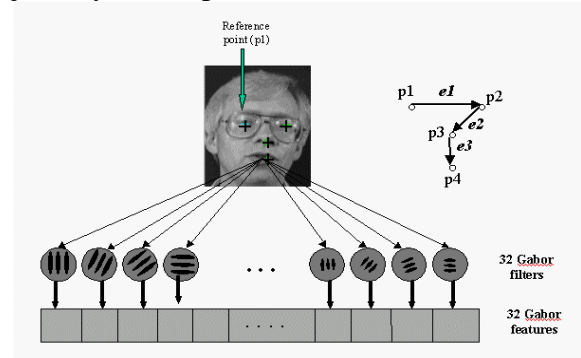
kompleks yang didapatkan dari satu titik citra dan dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$J_j = a_j \exp(i\theta_j) \quad j=1, \dots, m \quad (8)$$

dimana a_j adalah magnitudo, θ_j adalah sudut dari koefisien Gabor dan m adalah jumlah Gabor jet/titik-titik landmark.

Setiap titik landmark wajah direpresentasikan dengan suatu Gabor jet dari nilai grayscale. Dalam makalah ini, titik-titik landmark yang digunakan untuk merepresentasikan wajah adalah titik tengah dari kedua mata, hidung dan mulut, lihat gambar 3. Dengan menggunakan representasi Gabor, sebuah wajah kemudian dimodelkan dengan empat ($m=4$) jet yang masing-masing terdiri dari 32 bilangan kompleks. Representasi ini juga ditunjukkan dalam gambar 3. Kemudian titik-titik ($p1, \dots, p4$) merepresentasikan titik-titik landmark wajah dengan menggambarkan respon-respon Gabor jet yang berkaitan. Garis yang menghubungkan titik-titik landmark ($e1, e2, e3$) merepresentasikan informasi topologi tentang hubungan antara titik-titik landmark yang menggambarkan jarak antara titik tersebut.

Sebagai wajah model, digunakan citra rata-rata yang didapatkan dari MIT face database [7]. Graph referensi model wajah dibentuk secara manual dengan cara berikut. Secara manual ditandai empat titik landmark ($p1, p2, p3$ and $p4$) dalam citra model (mata, hidung dan mulut). Kemudian, respon Gabor dihitung untuk mendapatkan jet dari titik-titik tersebut. Setelah itu, vektor ($e1, e2$ dan $e3$) antara titik-titik landmark dihitung dan jaraknya disimpan.



Gambar 3. Model Wajah Terdiri Dari Empat Titik Landmark (P1, ..., P4) yang Direpresentasikan dengan Respon Gabor Filter

Untuk mendapatkan titik landmark pada citra yang tidak dikenal, diterapkan prosedur graph matching pada citra yang sedang diteliti tersebut dengan memaksimalkan kemiripan magnitude Gabor antara graph model wajah yang sudah ditransformasi dengan representasi graph dari probe image yang bersangkutan (juga dilaporkan dalam [8]), yaitu:

$$\max_{J,J'} S(J,J') \quad (9)$$

dimana J adalah jet model wajah yang ditransformasikan dan J' adalah jet dari probe image wajah yang bersangkutan. Kemiripan dimaksimalkan terhadap sekumpulan model wajah yang sudah ditransformasi yang mencakup wajah tertranslasi, terskala dan terotasi pada citra yang sedang diteliti.

Definisi fungsi kemiripan $S(J,J')$ direpresentasikan dengan persamaan [8] berikut:

$$S(J,J') = \frac{\sum_j a_j a_j'}{\sqrt{\sum_j a_j^2 \sum_j a_j'^2}} - \frac{\beta}{E} \sum_1 (\bar{e}_1^{J'} - \bar{e}_1^J)^2 \quad (10)$$

dimana β menentukan ukuran signifikansi struktur/topologi dan \bar{e}_i^J adalah edge label dari graph J yang menunjukkan jarak antara titik-titik landmark dan E menunjukkan jumlah number dari edge dari graph (yaitu $E=3$). Perlu dicatat bahwa dalam makalah ini hanya digunakan amplitudo (magnitude) dari respon jet untuk representasi wajah. Pada bagian berikut, akan dibahas pendekatan untuk melakukan prosedur maksimalisasi yaitu proses pencocokan graph (graph matching) dengan cara yang efektif.

4. GRAPH MATCHING DENGAN ALGORITMA GENETIKA

Pada bagian sebelumnya, ditunjukkan bahwa pencarian titik-titik landmark dalam citra obyek yang tidak diketahui dapat capai dengan menyelesaikan persamaan 9 untuk semua kemungkinan transformasi affine dari graph model wajah. Proses maksimalisasi ini dapat dilakukan dengan pencarian menyeluruh pada semua kombinasi yang

memungkinkan dari parameter transformasi affine (di sini parameter lima dimensi). Untuk mempercepat prosedur pencarian parameter transformasi affine, dalam bagian ini diperkenalkan suatu strategi pencarian yang dapat mempercepat pencarian menyeluruh terhadap sekumpulan parameter pada berbagai variasi translasi, skala dan orientasi. Strategi ini berbasiskan strategi optimasi secara evolusi yang dinamakan Algoritma Genetika (GA). GA mengkodekan setiap titik solusi ke dalam bentuk binary bit string yang dikenal dengan kromosom dan setiap titik dihubungkan dengan sebuah nilai 'fitness' yang biasanya sama dengan nilai fungsi obyektif pada titik tersebut. Fungsi obyektif dalam kasus ini adalah fungsi kemiripan antara graph model wajah yang ditransformasikan dan graph citra seperti pada persamaan 10 dengan tanpa mempertimbangkan kemiripan metrik yaitu β diset nol. Pada paper ini, solusi GA dipresentasikan dengan lima parameter, yaitu: 1,2) x dan y posisi referensi dari graph (koordinat x dan y diambil dari mata kanan sebagai titik referensi), 3,4) factor skala dalam arah x dan y , dan 5) sudut rotasi. Sebagai catatan bahwa semua posisi dari titik landmark yang lain dapat ditentukan dari posisi mata kanan menggunakan model wajah yang bergantung pada nilai parameter skala dan orientasi.

Setelah proses GA konvergen, maka dihasilkan titik referensi/mata kanan, factor skala dan sudut rotasi. Kemiripan maksimal antara graph model dan graph citra kemudian digunakan sebagai fuzzy primitive seperti yang sudah dijelaskan didepan.

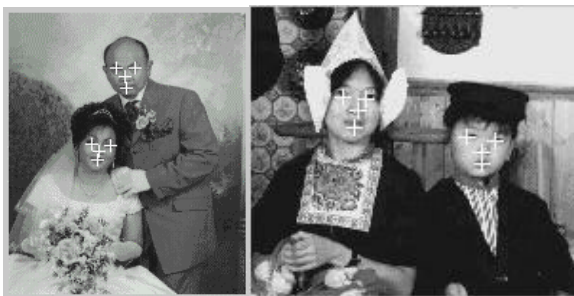
5. HASIL PERCOBAAN

Metode ini diuji dalam berbagai macam gambar berwarna. Gambar 4 menunjukkan hasil dari deteksi wajah. Informasi warna digunakan untuk mendeteksi daerah kandidat wajah. Untuk semua gambar menggunakan 5×5 mean filter untuk menghalus kulit dan semua area yang lebih kecil dari 110 pixel dihilangkan. Analisa fuzzy untuk warna, bentuk, simetri, dan graph matching digunakan untuk melokasikan facial landmarks dari objek yang dipilih.

Sebuah obyek diklasifikasikan sebagai sebuah daerah wajah jika fungsi keanggotaan total, μ_c , mencapai sebuah nilai batas 0.75.

Untuk graph matching dengan GA, digunakan sebuah jumlah populasi konstan 80 individu pada masing-masing generasi, tingkat crossover dan mutasi adalah 1.0 and 0.01. Pencarian solusi untuk masing-masing parameter diinisialisasi pada nilai sekitar posisi obyek yang dievaluasi. Ini dilakukan dengan menempatkan titik tengah dari model wajah pada titik tengah dari obyek yang sedang diteliti. Faktor skala dan orientasi dari model wajah ditentukan dari ukuran dan orientasi yang diperkirakan dari obyek yang dipilih. Untuk melokalisasi landmark wajah, dijalankan 45 generasi dan hasil terakhir dievaluasi.

Gambar 4 menunjukkan beberapa hasil dari lokalisasi titik-titik landmark wajah. Untuk saat ini penelitian difokuskan hanya pada inspeksi visual. Algoritma yang digunakan mampu untuk melokalisasi daerah wajah frontal dengan sedikit perubahan rotasi. Daerah wajah dengan sudut rotasi besar tidak dapat dilokalisasi dengan tepat, hal ini ternyata disebabkan karena model wajah yang dipergunakan tidak dapat mengadaptasi wajah-wajah dengan sudut rotasi yang besar.



Gambar 4. Lokalisasi Landmark Wajah

Proses deteksi dengan GA disini memerlukan 45 generasi untuk konvergen dengan 80 individual tiap generasi, karena itu total 3600 operasi diperlukan selama proses matching dengan GA. Jumlah ini jauh lebih sedikit dari operasi yang diperlukan untuk sebuah operasi matching yang bagus memerlukan 255^5 iterasi untuk mengatasi semua kemungkinan translasi,

rotasi dan perubahan skala dari model wajah.

6. KESIMPULAN

Sebuah sistem deteksi dan lokalisasi landmark wajah menggunakan analisa fuzzy terhadap warna, bentuk, simetri dan fitur wajah telah diusulkan pada makalah ini. Hasil dari metoda ini diujicobakan pada berbagai macam citra berwarna yang terdiri dari wajah tunggal maupun lebih dari satu. Hasil sementara yang diperoleh cukup baik untuk wajah yang frontal dengan sedikit rotasi. Makalah ini dapat dikembangkan untuk menghadapi masalah-masalah pada wajah non-frontal. Dari hasil percobaan, disimpulkan bahwa metoda ini mempunyai prospek yang baik dan patut dipertimbangkan pada disain sistem pengenalan wajah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Haiyuan Wu, Qian Chen, and M. Yachida, *Face Detection From Color Images Using a Fuzzy Pattern Matching Method*, IEEE Trans. On PAMI, 21, 6, pp 557-563, 1999.
2. N. Herodotou, K.N. Plataniotis, and A.N. Venetsanopoulos, *Automatic location and tracking of the facial region in color video sequence*, Signal Processing: Image Communication, 14, pp. 359-365, 1999.
3. Jones, J. and Palemer, L., *An Evaluation of the Two dimensional Gabor Filter Model of Simple Receptive Fields in Cat Striate Cortex*, Journal Neurophysiology, vol. 58, pp.1233-1258, 1987.
4. Y. Shiga, H. Ebine, M. Ikeda, and O. Nakamura, *Human Face Extraction Based on Color and Moving Information and The Recognition of Expressions*, Electrical and Computer Engineering, 2000 Canadian Conference on, Vol:2 pp 1100 –1108, 2000.

5. J. Cai and A. Goshtasby, *Detecting Human Faces in Color Images*, Image and Vision Computing 18, pp. 63-75, 1999.
6. Hamamoto, Y., *A Gabor Filter-based Method for Fingerprint Identification*, Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, eds. L.C. Jain et al., CRC Press, NJ, pp.137-151, 1999.
7. Moghaddam, B. and Pentland, A., *Face Recognition Using View-Based and Modular Eigenspaces*, In Automatic Systems for the Identification and Inspection of Humans, SPIE, volume 2257, 1994.
8. Wiskott, L., Fellous, J.M., Kruger, N., and von der Malsburg, C., *Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19 (7), pp.775-779, 1997.
9. Resmana Lim, and Reinders, M.J.T., *Facial Landmark Detection using a Gabor Filter Representation and a Genetic Search Algorithm*, proceeding of ASCI 2000 conference, Lommel Belgium, 2000.
10. Resmana Lim, and Reinders, M.J.T., *Face Detection Using Skin Color and Gabor Wavelet Graph Matching*, proceeding of ASCI 2001 conference, Heijen the Netherlands, 2001.