

# IDENTIFIKASI MANUSIA MELALUI RADIOGRAF BIOMETRIKS DENTAL

Nurdin

Dosen Teknik Informatika Universitas Malikussaleh

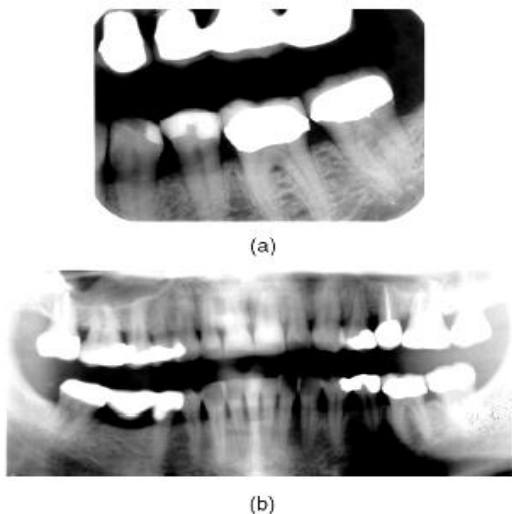
## **Abstract**

*Dental biometrics utilizes dental radiographs for human identification. The dental radiographs provide information about teeth, including tooth contours, relative positions of neighboring teeth, and shapes of the dental work (e.g., crowns, fillings, and bridges). The proposed system has two main stages: feature extraction and matching. The feature extraction stage uses anisotropic diffusion to enhance the images and a Mixture of Gaussians model to segment the dental work. The matching stage has three sequential steps: tooth-level matching, computation of image distances, and subject identification. In the tooth-level matching step, tooth contours are matched using a shape registration method, and the dental work is matched on overlapping areas. The distance between the tooth contours and the distance between the dental work are then combined using posterior probabilities. In the second step, the tooth correspondences between the given query (postmortem) radiograph and the database (antemortem) radiograph are established. A distance based on the corresponding teeth is then used to measure the similarity between the two radiographs. Finally, all the distances between the given postmortem radiographs and the antemortem radiographs that provide candidate identities are combined to establish the identity of the subject associated with the postmortem radiographs.*

**Keywords :** Dental radiographs, curve alignment, shape registration, spline, biometrics.

## Pendahuluan

Rekord-rekord dental secara ekstensif telah digunakan untuk mengidentifikasi korban-korban (kematian) bencana masif seperti yang baru-baru saja terjadi, bencana tsunami di berbagai daerah di benua Asia. Keterdesakan kebutuhan pengidentifikasian dengan memanfaatkan biometriks dental sangat terasa penting diakibatkan oleh ketidakterdiseainya fitur - fitur biometriks lain seperti face, jari, mata, dan lain-lain yang rusak seiring berakhirnya bencana yang bersifat massif tersebut. Kita misalkan pada suatu bencana kebakaran yang memakan korban jiwa, sisa-sisa fitur biometriks yang utuh untuk pengidentifikasian yang mungkin masih bertahan dalam jangka waktu yang tidak begitu singkat, adalah tengkorak dan tulang-tulang tubuh para korban. Gigi merupakan bagian dari tengkorak kita yang lebih memungkinkan menjadi perwakilan fitur biometriks dalam mengidentifikasi identitas korban tersebut. Untuk itu, biometriks dental membutuhkan radiograph dental (gigi) untuk pengidentifikasian. Radiograph yang diambil atau diperoleh setelah bencana yang menimbulkan kematian terjadi disebut radiograph postmortem (PM), dan radiograph yang diambil atau diperoleh ketika bencana sedang berlangsung disebut radiograph antemortem (AM), lihat gambar 1.



Gambar 1 Dua citra gigi dari kepemilikan gigi yang sama, (a) postmortem (PM) yang akan dibandingkan dengan antemortem (AM) pada (b)

Secara umum, bagian tubuh korban baik itu berupa suatu citra visual digital dapat memberikan suatu informasi (asumsi atau petunjuk) identitas korban secara sementara (tentatif). Berdasarkan informasi tersebut, maka kita memerlukan suatu kumpulan informasi berupa database pasien yang secara spesifik memuat informasi dental pasien bersangkutan (berupa radiograph dental itu sendiri), dan informasi dental pasien ini dapat kita peroleh dari seorang dentist yang pernah menangani identitas dental pasien tersebut. Tujuan dari biometriks dental tiada lain adalah mencocokkan antara informasi PM yang diperoleh di lapangan dengan sekumpulan data dental pasien di dalam database AM. Jika susunan gigi pada PM tidak begitu cukup sesuai dengan keseluruhan data-data gigi yang terdapat di dalam database, maka sistem akan menginput informasi identitas kepemilikan gigi dan susunan gigi si pemilik, berupa suatu data baru.

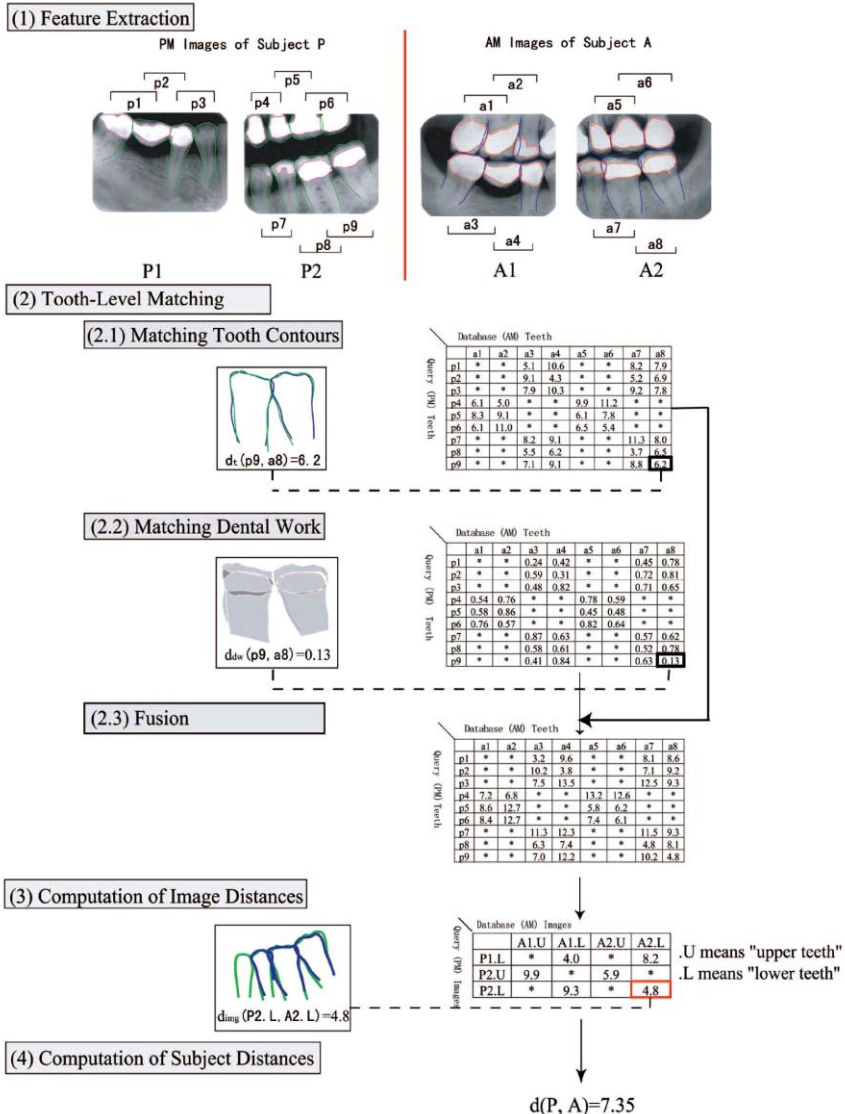
Literatur - literatur yang berkaitan, dibahas oleh Jain dan Chen di dalam karya ilmiah berjudul *Matching of Dental X - Ray Image for Human Identification*, dan *Tooth Contour Extraction for Matching Dental Radiographs*, lalu oleh Zhou di dalam karya ilmiahnya yang berjudul *Automatic Human Identification Based on Dental X - Ray Images*.

Algoritma matching yang dirancang pada pembahasan kita kali ini, dilandasi oleh dua keadaan pada gigi manusia, pertama, kontour gigi, dan kedua, bentuk - bentuk "dental work" seperti filling, crown, dan bridge. Pendekatan sistematis yang dilakukan di sini adalah membangun kesederhanaan pengukuran (measurement) antara subjek yang belum teridentifikasi PM dengan subjek - subjek yang ada di dalam database, AM. Gambar 2 menunjukkan berbagai tahapan atau prosedur perbandingan (matching) antara subjek query PM dengan subjek database AM.

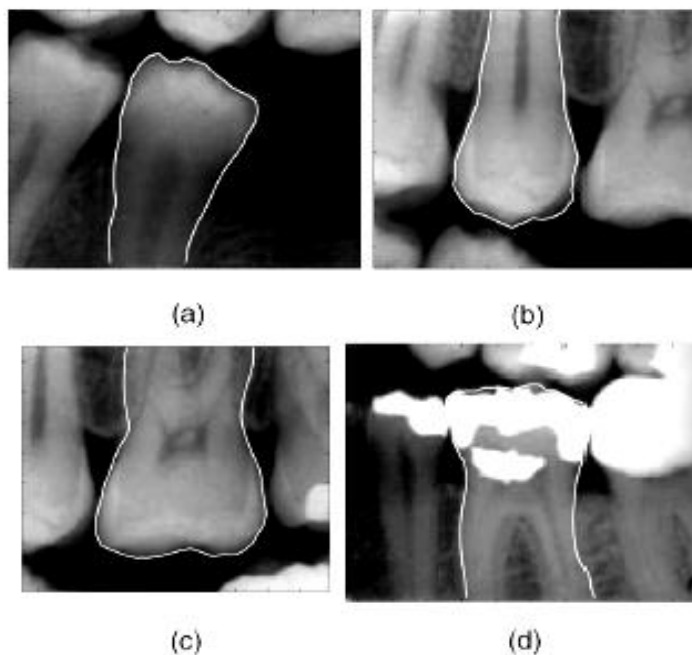
### **Ekstraksi fitur**

Metode ekstraksi kontour gigi sebelumnya telah diproposalkan oleh Jain, dan Chen di dalam karya ilmiahnya *Matching of Dental X - Ray Image for Human Identification*, dan *Tooth Contour Extraction for Matching Dental Radiographs*, di mana ekstraksi didahului oleh proses - proses awal seperti segmentasi radiograph, dan pendeteksian jalur - jalur

gusi. Pendekatan yang lain untuk ekstraksi kontour, kita mengajukan suatu model kontour aktif untuk mengekstraksi kontour gigi. Gambar 3 menunjukkan beberapa contoh pengestraksian kontour gigi.

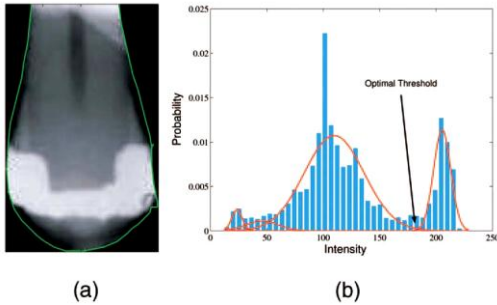


Gambar 3.2 Proses matching antara radiograph PM, P1 dan P2, dengan subjek AM, A1 dan A2



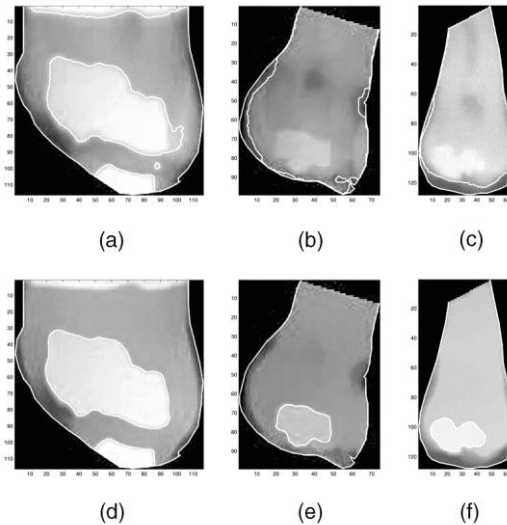
Gambar 3. Beberapa contoh pengekstraksian bentuk gigi

Dental work, yang muncul dalam radiograph (pada gambar 1) sebagai region-region yang cerah, merupakan fitur lainnya yang sangat penting untuk pengidentifikasian subjek (gambar 1). Untuk mengekstraksi kontour dari dental work, intensitas histogram suatu citra gigi diaproksimasikan dengan pemodifikasian model Gaussian, sebab komponen-komponen Gaussian yang memiliki nilai rata-rata yang paling besar berkaitan dengan pixel-pixel yang dapat diasosiasikan sebagai pixel-pixel dental work (gambar 4). Dental work disegmentasikan dengan melakukan thresholding pada citra, di mana komponen-komponen dari dental work dipisahkan dari komponen-komponen lainnya dalam citra gigi agar dihasilkan suatu pengklasifikasian dengan tingkat error yang paling kecil.



Gambar 4 Sedikit pemodifikasian model Gaussian (dengan empat komponen) terhadap intensitas histogram (b) dari citra (a), puncak yang paling kanan (b) berkaitan dengan dental work

Dari sudut pandang pengolahan citra, pereduksian varians dari masing-masing komponen setara dengan pixel-pixel yang berada di dalam suatu region yang sudah diperhalus. Untuk kegunaan tersebut, difusi anisotropik dapat dimanfaatkan. Gambar 5 memperlihatkan beberapa citra dan dental work yang telah disegmentasi sebelum dan sesudah difusi anisotropik.



Gambar 5 Citra original dan ekstraksi kontour dental work (a), (b), dan (c), dan citra (d), (e), dan (f) merupakan citra (a), (b), dan (c) yang telah diperhalus

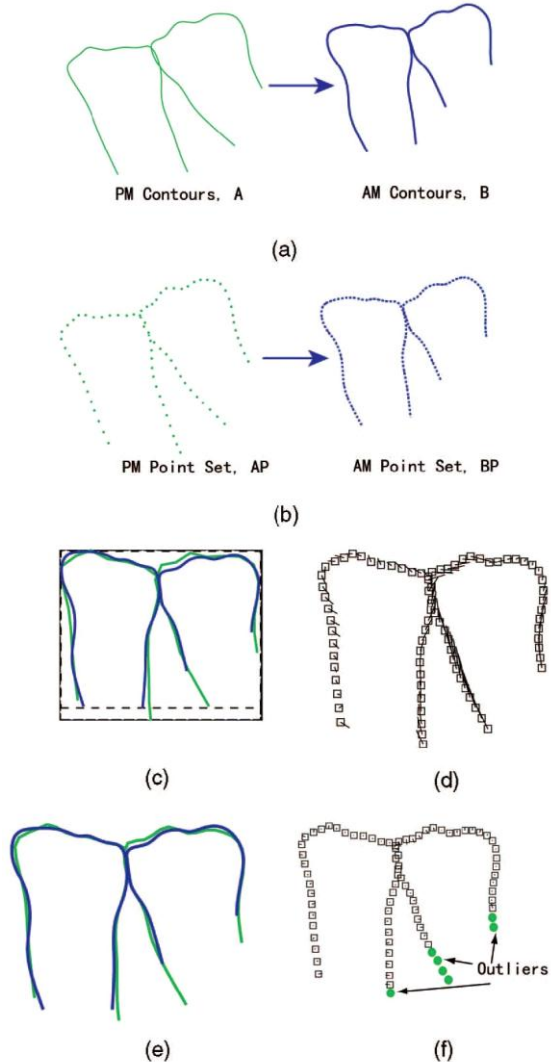
### **Matching pada level gigi**

Sepasang gigi yang bertetangaan dipandang sebagai suatu unit di dalam proses matching. Kontour-kontour gigi akan dibandingkan, dengan menggunakan metode registrasi bentuk, dan dental work dibandingkan di dalam suatu area gigi yang overlapping. Dua skor perbandingan ini, selanjutnya dikombinasikan menggunakan probabilitas posterior.

### **Matching kontour gigi**

Suatu algoritma untuk tujuan pematcingan kontour yang diproposalkan Jain dan Chen, melakukan pendekatan perbandingan dengan mempersatukan kontour-kontour yang ada, dan menghitung jarak rata-rata antara semua titik-titik di dalam bentuk query dan titik-titik yang berkaitan, yang lebih mendekati di dalam suatu database, selanjutnya algoritma memanfaatkan kondisi ini untuk merepresentasikan jarak antara masing-masing kontour gigi pada citra. Bagaimanapun, jika salah satu dari kontour-kontour yang ada di dalam citra gigi, memiliki satu titik yang hilang, maka proses penyatuan kontour akan mengalami kegagalan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka diajukanlah suatu algoritma yang lebih akurat, dengan mengatasi permasalahan kegagalan di atas dengan mendirikan suatu titik korespondensi di antara dua kurva dan kemudian menghitung jarak antara dua kurva tersebut berdasarkan titik-titik korespondensi.

Asumsikan A dan B sebagai kontour-kontour gigi, dengan A memuat kontour yang terdiri dari pasangan gigi-gigi yang bertetangaan di dalam citra PM, dan B memuat kontour yang terdiri dari pasangan gigi - gigi yang bertetangaan di dalam suatu database AM (lihat gambar 6 (a)). Gigi-gigi yang bertetangaan dapat dipandang sebagai suatu unit di dalam proses matching, yang tidak hanya sekedar kontournya saja bermanfaat, tetapi posisi relatifnya sangat memberikan kontribusi untuk suatu proses perbandingan dua citra gigi (matching). Langkah pertama adalah memberikan suatu sampel dari bentuk kontinu, A dan B, menjadi himpunan titik-titik AP dan BP.



Gambar 6. Proses registrasi bentuk, (a) kontour yang kontinu, (b) kontour yang diskrit, (c) inialisasi batas, (d) inialisasi titik - titik korespondensi, (e) menyatukan kontour - kontour setelah transformasi optimum, (f) korespondensi setelah penyatuan dan pendeteksian outlier - outlier



Di dalam tatanan untuk menentukan titik-titik korespondensi dari AP hingga BP, maka rate sampel untuk B harus cukup tinggi, supaya BP dapat mengaproksimasikan B secara tepat untuk melakukan komputasi jarak (lihat gambar 6 (b)). Untuk menghasilkan titik - titik equidistance tersebut, maka kita gunakan metode *Arc Length Parametrization*.

Untuk menyatukan kontour-kontour, maka diperlukan suatu operasi geometris, transformasi. Andaikan suatu sudut rotasi bernilai  $\theta$ , translasi sepanjang sumbu- $x$  dan sumbu- $y$ , kita misalkan  $t_x$  dan  $t_y$ , dan scaling kita anggap sebagai  $s$ , maka suatu titik  $(x, y)^t$  ditransformasikan menjadi  $T(x, y)$ , di mana

$$T(x, y) = s \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \end{pmatrix}$$

Transformasi yang optimal akan meminimalkan jarak-jarak perbandingan, di mana proses dilakukan setelah tahap-tahap peregistrasian bentuk. Untuk menginialisasi  $T$ , maka kontour-kontour A dan B harus sebelumnya dinormalisasikan, supaya batas-batas kontour-kontour objek citra tersebut memiliki lebar yang sama (gambar 6(c)).

Transformasi dari AP menjadi BP kita misalkan  $T$ . maka stadium *Shape registration* akan membangun korespondensi dari  $T(AP)$  menjadi BP, untuk mempertahankan topology-topology pada kedua kurva. Dikarenakan kedua kurva tidak benar-benar secara penuh overlap, maka outlier-outlier akan hadir pada citra. Untuk mendeteksi outlier - outlier tersebut diperlukan suatu algoritma *shape registration*. Denotasikan titik-titik korespondensi dalam  $T A P$  sebagai  $T A P'$ : maka jarak antara kontour A dan B, diberikan sebagai,

$$d_i(A, B) = \min_{\forall T} \frac{1}{|TAP'|} \sum_{\text{semua } a' \in TAP'} \|T(a) - Cor(a)\|$$

$d_i(A, B)$  dapat diminimalkan dengan menelusuri parameter optimal  $T$ .

**Algorithm: Shape Registration**

Input: two ordered point sets  $TAP$  and  $BP$ , where  $TAP$  is the transformed version of  $AP$ , i.e.,  $TAP = T(AP)$ . The  $k$ th point in  $TAP$  is denoted as  $TAP(k)$  and the  $k$ th point in  $BP$  is denoted as  $BP(k)$ .

Goal: to find the correspondence from  $TAP$  to  $BP$ , which is denoted as  $Cor(i)$ , where  $i = 1, \dots, |TAP|$ , and  $1 \leq Cor(i) \leq |BP|$ . The notation  $|\cdot|$  denotes the number of elements in the set.

1. Initialization: Initialize  $Cor(\cdot)$  as  $Cor(i) = \lfloor \frac{|BP|}{|TAP|}(i-1) + 1 \rfloor$ , where  $i = 1, \dots, |TAP|$ , and  $\lfloor m \rfloor$  means the greatest integer below  $m$ . For convenience of description, we add two elements to  $Cor(\cdot)$ , i.e.,  $Cor(0) = 1$  and  $Cor(|TAP| + 1) = |B|$ .

2. For  $i = 1..|TAP|$  do

$$Cor(i) \leftarrow \arg \min_{k=Cor(i-1)}^{Cor(i+1)} \|TAP(i) - BP(k)\|;$$

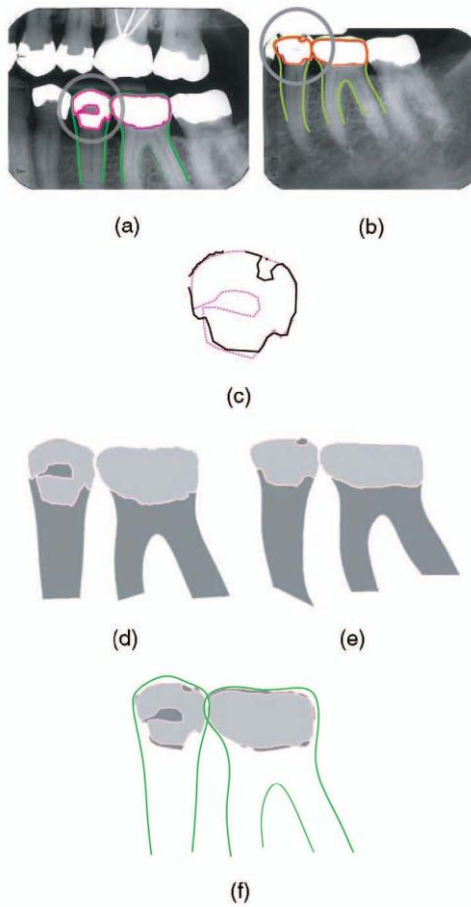
$$Dis(i) \leftarrow \|TAP(i) - Cor(i)\|.$$

3. Repeat step 2 until a convergence or a maximum number of iterations is reached.

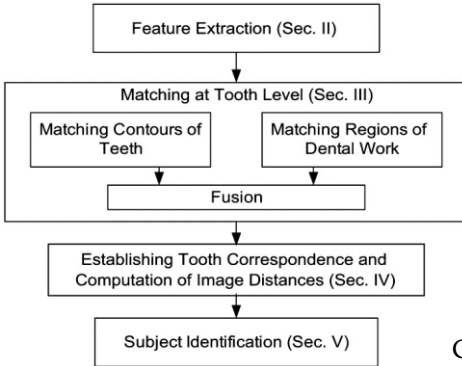
4. If some adjacent points in  $TAP$  correspond to the same point in  $BP$ , i.e.,  $Cor(i) = Cor(i+1) = \dots = Cor(i+k)$ , and  $p = \arg \min_{k=i..i+k} Dis(k)$ , then  $Cor(i) = nil, \forall i \neq p$ . The points for which  $Cor(i) = nil$  are the outliers

### Matching dental work

Untuk membandingkan dua atau lebih citra radiograph dental, maka salah satu fitur yang mempengaruhi hasil perbandingan citra adalah dental work. Untuk mengatasi kerumitan di dalam membandingkan kontour-kontour pada beberapa citra, maka kita dapat menggunakan suatu metrik berbasis region dental work, lihat pada gambar 7.

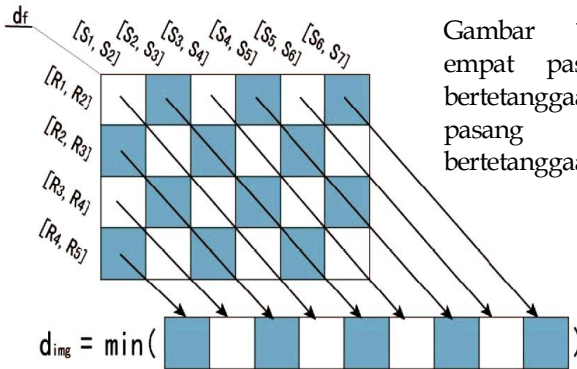
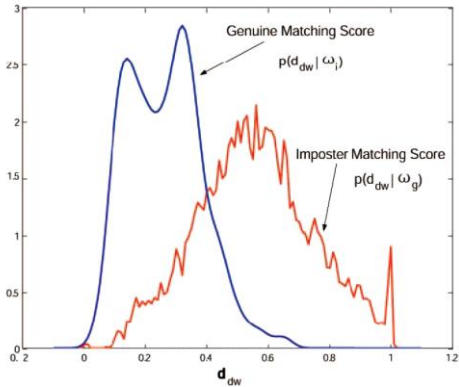


Gambar 7. Citra dental work yang dihasilkan dari berbagai sudut citra

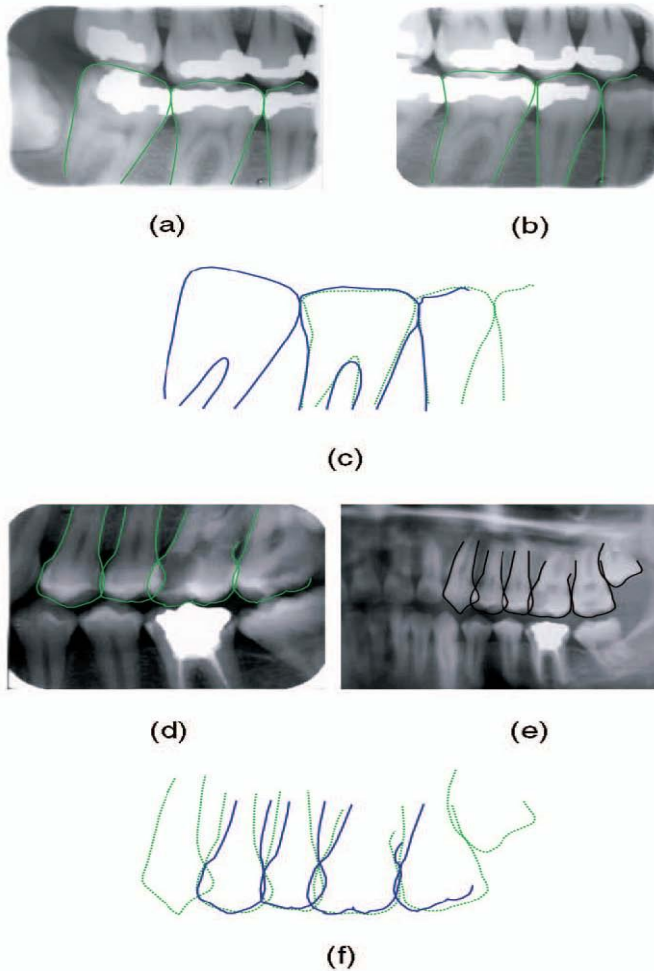


Gambar 8. Diagram sistem

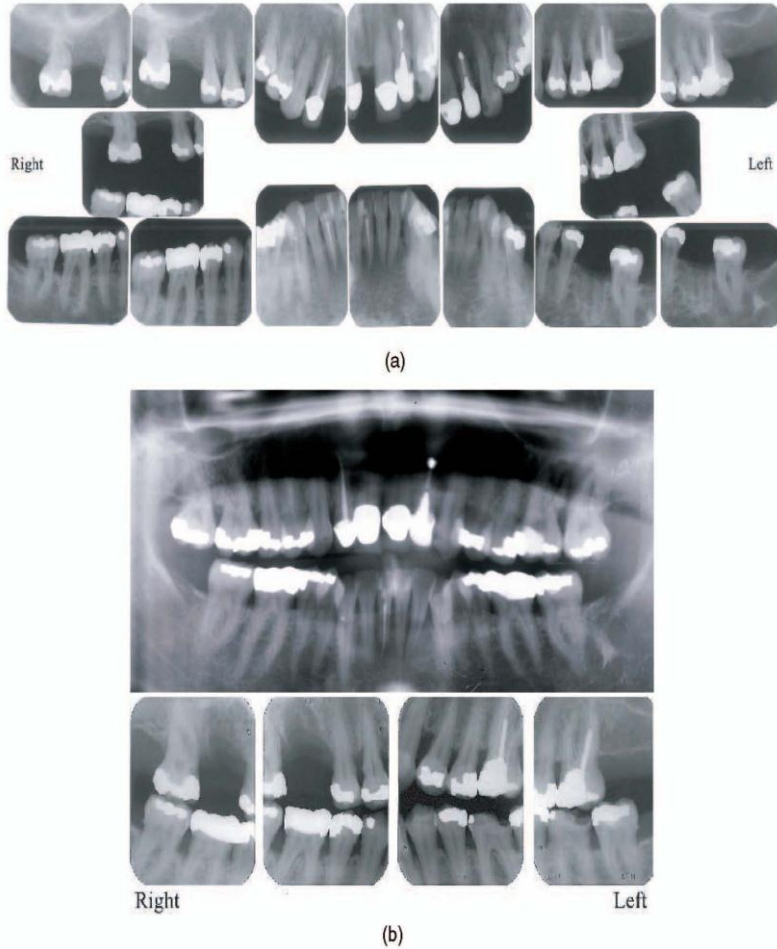
Gambar 9. Distribusi perbandingan jarak berdasarkan bentuk-bentuk dari dental work



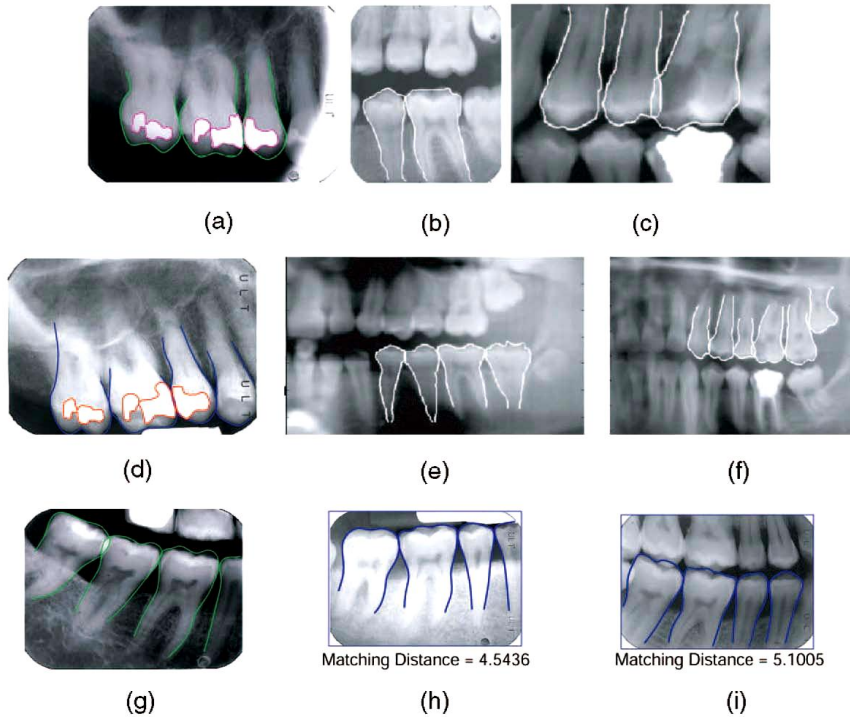
Gambar 10. Mengawinkan empat pasang gigi yang bertetangga dengan enam pasang gigi yang bertetangga



Gambar 11. Dua contoh citra yang memuat gigi-gigi yang berkaitan, kontour-kontour gigi pada (a) dan (b) dipasangkan pada (c), dan kontour-kontour gigi pada (d) dan (e) dipasangkan pada (f)



Gambar 12. (a) citra PM yang diperoleh tertanggal 06-agustus-2003, (b) citra AM yang diperoleh tertanggal 13-oktober-1999



Gambar 13. Beberapa citra gigi yang berhasil dipadankan, (a) dan (d), (b) dan (e), (c) dan (f), dan yang tidak berhasil dipadankan antara lain, (g), (h), dan (i)

Pada proses awal, stadium menset keseluruhan pixel-pixel di dalam kontour gigi menjadi 0 (nol), dan pixel-pixel di dalam kontour dental work menjadi 1 (satu). Diberikan dua citra, asumsikan,  $M$  dan  $N$ , maka jumlah relatif pixel-pixel yang beraliansi salah, didefinisikan sebagai,

$$n_{mp}(M, N) = \frac{\sum_{ij} M'(i, j) \oplus N'(i, j)}{\sum_{ij} M'(i, j) + N'(i, j)}$$

$M'$  dan  $N'$  merupakan hasil dari suatu pemrosesan awal,  $M$  dan  $N$ , dan  $\oplus$  merupakan operator "exclusive OR." Notasi  $n_{mp}$  digunakan untuk mengukur aliansi dari dental work. Jika dental work di dalam

suatu citra mempunyai bentuk yang sederhana dan dapat dialiansikan secara sempurna, maka nilai  $n_{mp}$  sangat kecil. Jarak antara dental work di dalam citra  $M$  dan  $N$  didefinisikan sebagai,

$$d_{dw}(M, N) = \min_{\forall T} n_{mp}(T(M), N)$$

### Fusi $d_t$ dan $d_{dw}$

Jarak  $d_t$  yang mengukur perbedaan di antara kontour-kontour gigi, dan jarak  $d_{dw}$ , yang mengukur perbedaan di antara kontour-kontour dental work, dikombinasikan untuk menghasilkan suatu pengukuran dengan cara yang sama. Bagaimanapun untuk citra-citra gigi yang tidak mengandung dental work, akan memberi dampak tidak dapat diukurnya jarak  $d_{dw}$  tersebut, dan permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menggunakan probabilitas posterior.

Andaikan  $w_g$  mewakili suatu proses matching di antara radiograph dengan subjek yang sama (kelas genuine), dan  $w_i$  mewakili suatu proses matching di antara radiograph yang tertutup terhadap dua subjek yang berbeda (kelas imposter). Distribusi kemungkinan dari  $d_{dw}$  untuk kelas genuine dan imposter,  $p(d_{dw} | w_g)$ , dan  $p(d_{dw} | w_i)$ , dikalkulasikan berdasarkan uji coba 100 citra yang representatif (lihat gambar 3.9). Suatu pendekatan parzen windows menggunakan kernell Gauss, digunakan untuk mengestimasi distribusi probabilitas,  $p(d_{dw} | w_g)$ , dan  $p(d_{dw} | w_i)$ , di mana,

$$p(w_i | d_{dw}) = \frac{p(d_{dw} | w_i)P(w_i)}{p(d_{dw})}$$

$$p(w_g | d_{dw}) = \frac{p(d_{dw} | w_g)P(w_g)}{p(d_{dw})}$$

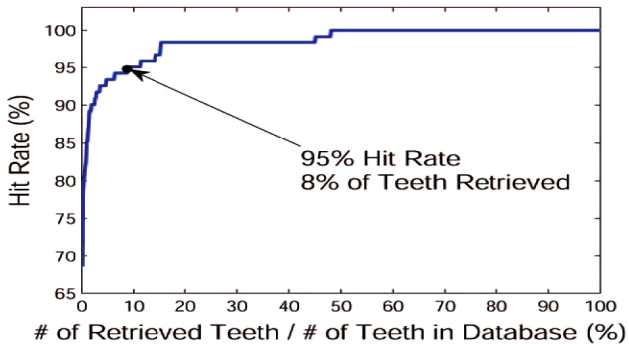
Jarak matching  $d_t$  dikombinasikan dengan jarak  $d_{dw}$  untuk menghasilkan jarak  $d_f$  antara dua pasang gigi yang berdekatan di dalam citra, asumsikan  $A$  dan  $B$ , sehingga,

$$d_f(A, B) = d_t(A, B) \cdot (1 + (T(d_{dw})))$$

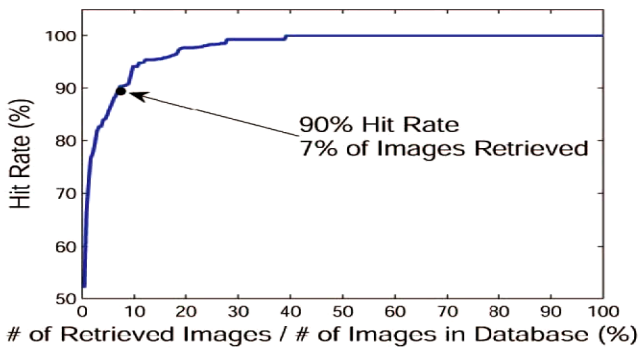
di mana,



$$T(d_{dw}) = \begin{cases} P(w_i | d_{dw}) - P(w_g | d_{dw}), & \text{jika } d_{dw} \text{ ada} \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

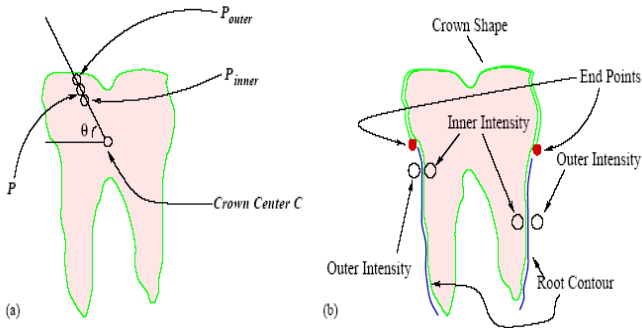


(a)

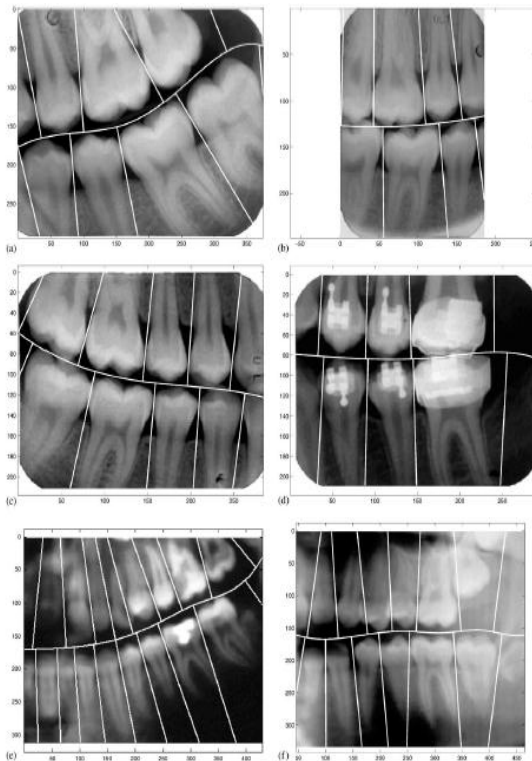


(b)

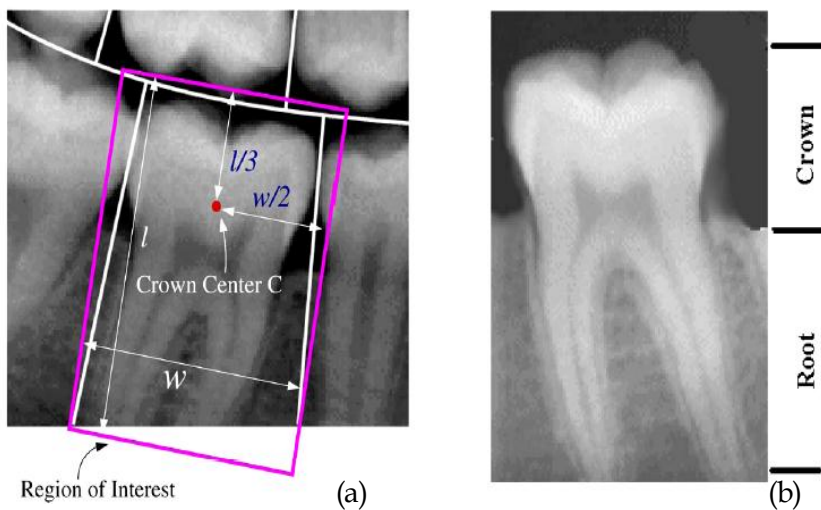
Gambar 14 (a) pencarian gigi – gigi PM dari suatu database AM setelah registrasi bentuk, (b) keakuratan pencarian citra PM dari database citra AM



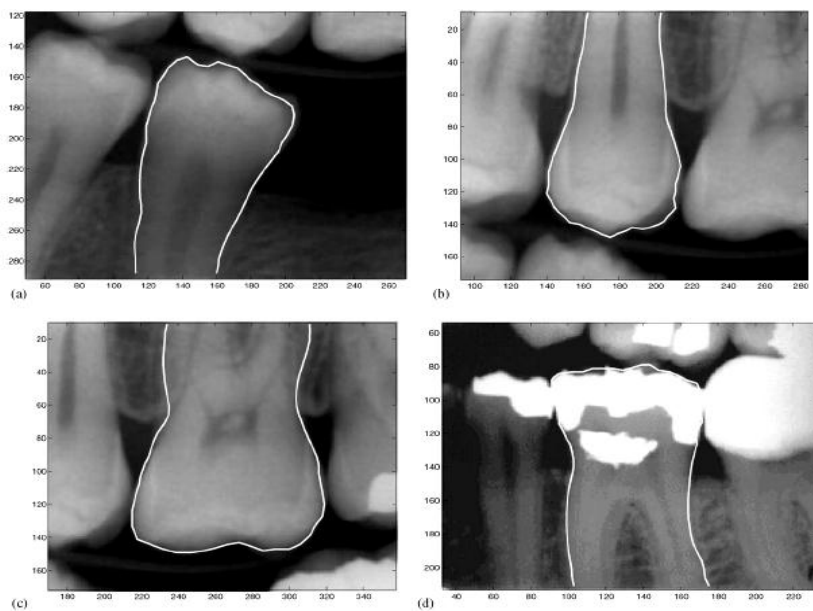
Gambar 15. Intensitas Inner dan Outer



Gambar 16. Hasil pensesgmentasian radiograph dengan menggunakan proyeksi integral



Gambar 17 (a) pusat crown, (b) dua bagian dari gigi : crown dan root



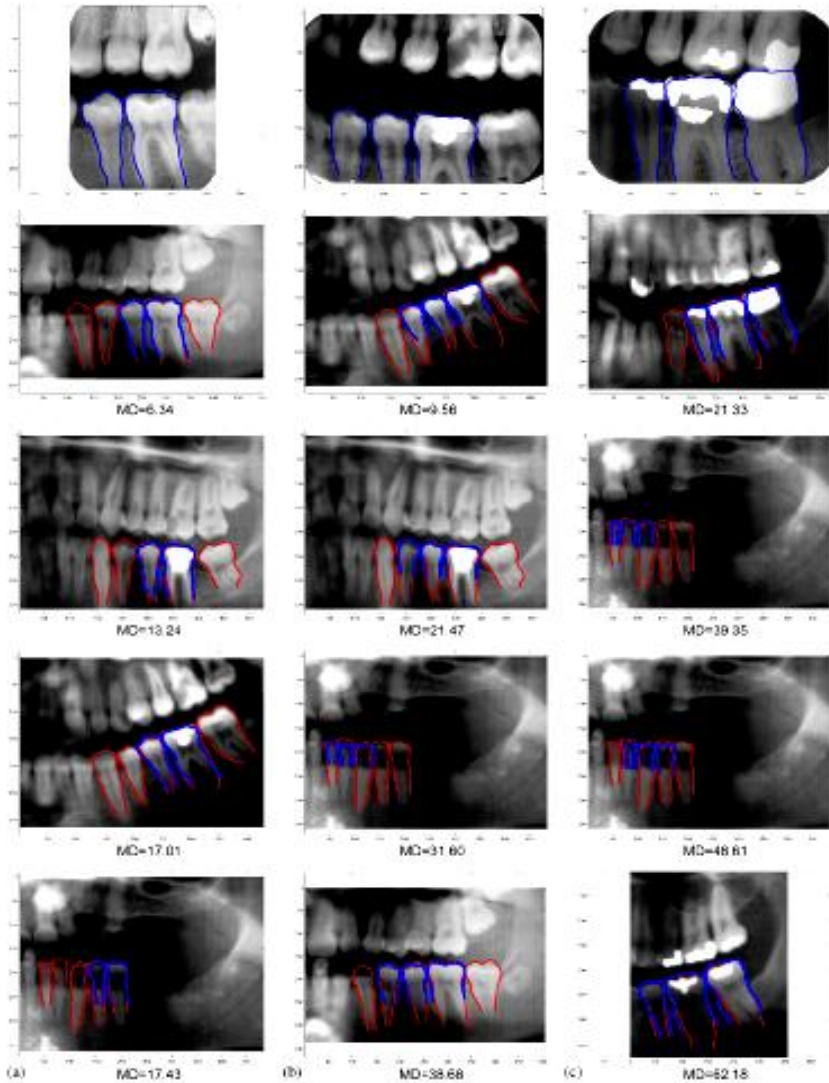
Gambar 18. Beberapa contoh pengestraksian bentuk gigi

## Ekspirimen

Untuk mengevaluasi algoritma sistem yang diajukan, maka diperlukan database radiograf dental AM dan PM. Pengidentifikasiian dilakukan melalui tiga tahap. Pada tahap pertama, pengujian dilakukan pada radiograf PM sejumlah 414 citra, dan 738 citra AM, dan rate yang dihasilkan adalah 95%. Pada tahap kedua, melibatkan 166 citra AM dan 414 citra PM, menghasilkan rate 90%. Pada langkah terakhir, pengidentifikasiian dilakukan terhadap 11 citra PM dan 25 citra AM, rate akurasi yang diperoleh adalah 72%.



Gambar 19. Beberapa citra di dalam suatu database AM



Gambar 20. Perbandingan jarak citra gigi yang dilakukan setelah proses retrieval

## Kesimpulan

Biometrik dental digunakan untuk mengidentifikasi manusia dalam bidang forensik. Penelitian yang diajukan dan telah dilakukan melakukan pengidentifikasian melalui tiga tahap, dimana proses tersulit adalah ekstraksi bentuk, khususnya jika harus mengekstraksi bentuk pada citra kualitas rendah. Hal-hal lain yang menjadi kendala adalah keadaan gigi antara yang terdapat pada database dengan keadaan gigi ketika pengujian. Peluang untuk terjadinya kehilangan gigi, sangat mempengaruhi hasil unjuk kerja sistem yang dilakukan.

## Referensi

- [1]. P. O'Shaughnessy, "More than Half of Victims IDD," New York Daily News, Sept. 2002.
- [2]. P. Thepgumpanat, "Thai Tsunami Forensic Centre Produces First IDs," Reuters, <http://www.alertnet.org/>, Jan. 2005.
- [3]. I.A. Pretty and D. Sweet, "A Look at Forensic Dentistry – Part 1: The Role of Teeth in the Determination of Human Identity," British Dental J., vol. 190, no. 7, pp. 359-366, Apr. 2001.
- [4]. A.K. Jain and H. Chen, "Matching of Dental X-Ray Images for Human Identification," Pattern Recognition, vol. 37, no. 7, pp. 1519-1532, 2004.
- [5]. H. Chen and A.K. Jain, "Tooth Contour Extraction for Matching Dental Radiographs," Proc. 17th Int'l Conf. Pattern Recognition, vol. III, pp. 522-525, Aug. 2004.
- [6]. Zhou and M. Abdel-Mottaleb, "Automatic Human Identification Based on Dental X-Ray Images," Proc. SPIE Technologies for Homeland Security and Law Enforcement Conf., Apr. 2004.
- [7]. M. Figueiredo and A.K. Jain, "Unsupervised Learning of Finite Mixture Models," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no. 3, pp. 381-396, Mar. 2002.
- [8]. R.C. Gonzalez and P. Wintz, Digital Image Processing. Addison-Wesley, 1977.

- 
- [9]. M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image Processing—Analysis, and Machine Vision*, second ed. Florence, Ky.: Brooks/Cole, Thomson Learning, 1999.
- [10]. P. Perona and J. Malik, "Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 12, no. 7, pp. 629-639, July 1990.