

Aplikasi Graf Dalam Biometrik Telinga

Edria Albert Varian W

Jurusan Teknik Informatika ITB, Bandung 40132, email: IF17031@if.itb.ac.id

Abstract – Telinga sebagai objek biometrik belakangan ini mulai banyak dikembangkan. Diakunya telinga sebagai objek biometrik sudah didukung dengan berbagai teori tentang keunikan, ukuran, dan juga dukungan dari pencitraan komputer. Berbagai metode dikembangkan dalam penafsiran keunikan telinga ini, salah satunya adalah metode *graph matching* atau pencocokan graf. Metode ini dikembangkan oleh Mark Burge and Wilhelm Burger, dua orang ilmunan dari Johannes Kepler University, Austria. Mereka memodelkan setiap telinga objek sebagai graf yang dibentuk dari bagian melengkung diagram Voronoi. Klasifikasi biometrik baru ini cukup ideal sebagai identifikasi pasif karena didukung dengan teori yang kuat dan sampelnya dapat diambil dari mana saja. Pada makalah ini akan dibahas bagaimana proses *graph matching* tersebut.

Kata Kunci: Telinga, objek biometrik, pencitraan komputer, *graph matching*, Burge and Burger, diagram Voronoi.

1. PENDAHULUAN

Latarbelakang penggunaan telinga sebagai ciri pribadi datang dari sebuah ilmu yang bernama biometrik. Biometrik berasal dari bahasa Yunani *bios* yang artinya hidup dan *metron* yang artinya mengukur. Biometrik sendiri merupakan studi tentang metode otomatis untuk mengenali manusia. Dalam dunia teknologi informasi, biometrik relevan dengan teknologi yang digunakan untuk menganalisa fisik dan kelakuan manusia untuk diautentifikasi. Contohnya dalam pengenalan fisik manusia yaitu pengenalan sidik jari, retina, iris, wajah, tanda tangan, dan suara. Misalnya pada iris, karakteristik yang diukur adalah berupa pola pembuluh darah yang terletak di mata kita. Teknologi ini sekarang sudah mencapai tingkat keakuratan 100%. Seperti halnya iris, sidikjari sudah menjadi hal yang umum dalam autentifikasi diri. Terlebih, proses autentifikasi sidik jari sekarang sudah bukan menjadi hal yang aneh bagi keamanan individu dengan ditemukannya scanner digital yang sekarang sudah banyak terdapat dalam alat-alat elektronik. Hal yang berbeda dialami oleh wajah atau dikenal dengan facial biometrik. Facial biometrik mengalami hambatan yang sangat sulit seiring dengan ketidakkonsistenan data yang disebabkan dari ekspresi wajah, kosmetik, gaya rambut, dan juga perubahan pada kulit wajah. Mulai abad 20, mulai disadari bahwa telinga juga bisa menjadi objek biometrik.

Sebelum menyatakan bahwa telinga dapat menjadi objek biometrik, kita perlu membuktikan terlebih dahulu bahwa ciri pada telinga adalah unik bagi setiap orang dan bisa dibandingkan seumur hidup. Hal yang sama terjadi pada pembuktian bahwa sidikjari setiap orang adalah unik. Penelitian tentang keunikan telinga pernah dilakukan salah satunya oleh Iannarelli yang meneliti telinga 10.000 orang secara random di California dan selanjutnya kepada orang-orang kembar identik. Hasilnya membuktikan walaupun terlihat mirip pada orang kembar, tetapi telinga setiap orang itu berbeda, khususnya dibagian *Concha* dan *lobe*. Selanjutnya perlu dibuktikan bahwa karakteristik telinga bisa dibandingkan seumur hidup. Literatur medis [1] menyebutkan bahwa pertumbuhan telinga pada 4 bulan pertama kelahiran adalah proporsional, selanjutnya telinga bisa tumbuh hingga 5 kali lebih besar hingga umur 8 tahun. Setelah itu ukurannya tidak akan berubah hingga umur 70. Ini membuktikan bahwa perbandingan ciri fisik telinga dapat digunakan untuk waktu yang cukup lama.

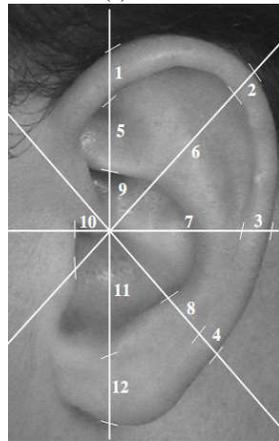
Pada abad ke 18 Johann Caspar Lavater membuat suatu penelitian tentang bentuk telinga dari manusia. Potensi telinga manusia sebagai ciri-ciri pribadi mulai dikembangkan pada tahun 1890 oleh seorang kriminologist Perancis yang bernama Alphonse Bertillon. Telinga sebagai ciri pribadi memang tidak populer sebelumnya, tetapi ternyata telah digunakan dalam ilmu forensik khususnya di *United States*. Butuh proses yang panjang hingga akhirnya *earprint* bisa diterima sebagai suatu bukti ilmiah ciri pribadi seseorang seperti halnya *fingerprint*, iris atau DNA. Burge dan Burger [2] adalah dua orang ilmunan yang termasuk pertama dalam mendalami potensi telinga sebagai objek biometriks, mereka menggunakan teknik *graph matching* pada diagram Voronoi yang didapat dari *Canny edge map*[3]. Mulai dari sini berbagai pengembangan dalam teknik mulai banyak dilakukan. B. Moreno [4] menggunakan teknik *neutral networks* yang mendapatkan taraf kecocokan 93% dari 168 sampel. Hurley [5] menggunakan teknik *forcefield* yang mencapai taraf kecocokan 99,2%. Z. Mu dengan teknik geometriksnya mendapatkan taraf 85%. Yan mengambil gambar telinga 3D menggunakan scanner khusus dan menggunakan *Iterative Closest Point*(ICP) dan mendapatkan taraf kecocokan 97,8%

2. BIOMETRIK TELINGA IANNARELLI

Iannarelli mengembangkan teknik antropometrik identifikasi terkait biometrik telinga ini. Teknik Iannarelli berbasis dari pengukuran telinga yang ditampilkan pada Gambar.1.



(a)Anatomi



(b)Pengukuran

Gambar1 : (a) 1. Helix Rim, 2. Lobule, 3. Antihelix, 4. Concha, 5. Tragus, 6. Antitragus, 7. Crus of Helix, 8. Triangular Fossa, 9. Incisure Intertragica
(b) Lokasi titik pengukuran yang digunakan dalam teknik Iannarelli

Gambar ini menunjukkan pengukuran pada telinga yang sebelumnya telah difoto pada jarak tertentu. Saat pengukuran telah difokuskan pada sebuah titik tertentu menurut Iannarelli, atur garis putih hingga menempel pada tepi tragus dan garis yang melewati tragus. Lalu buat garis lagi seperti yang ditunjukkan pada 10b. setelah itu tetapkan batas-batas lain seperti pada gambar. Jarak dari setiap garis yang diberi nomor pada gambar diukur terhadap pusat koordinat dengan perhitungan kelipatan 3mm, agar mendapatkan sebuah bilangan bulat. Lalu ke-12 data pengukuran ini disimpan bersamaan dengan jenis kelamin dan ras. Cara ini tidak sesuai untuk pencitraan mesin karena

sulitnya menentukan lokasi titik anatomi yang menandakan pusat dari pengukuran. Semua pengukuran adalah relatif terhadap titik pusat, yang apabila tidak ditetapkan dengan benar maka akan menimbulkan ketidakcocokan di setiap pengukuran. Oleh karena itu diperlukan teknik lain yang tidak terdapat kerancuan dalam menentukan acuan pengukuran.

3. AUTOMATISASI BIOMETRIK TELINGA

Tujuan dari identifikasi biometrik ini adalah, untuk mengecek apakah biometrik yang didapat dari subyek benar-benar sama dengan data biometrik yang sebelumnya telah didapatkan dari subyek yang sama. Misalkan s' adalah subyek pada saat identifikasi awal dan s adalah subyek tersebut saat pengukuran disuatu waktu. Dan $G_s = f(s)$ menggambarkan fungsi yang mengambil suatu data biometrik dari seorang subyek sebagai suatu graf G_s , dan misalkan $d(G_s, G_{s'})$ adalah fungsi yang menghitung perbedaan dengan suatu ukuran tertentu antara kedua graf. Identifikasi adalah proses penarikan kesimpulan dimana $d(G_s, G_{s'}) < t$, dimana t adalah taraf toleransi dimana pengukuran masih dapat disebut sama.

Seiring subyek dan lingkungan yang berubah sepanjang waktu, taraf toleransi pada kriteria kesamaan pun harus disesuaikan. Toleransi ini dapat ditentukan sepanjang batas *false reject rate*(FRR) dan *false acceptance rate*(FAR) yang didefinisikan oleh sistem. Suatu sistem itu biasanya dapat mengubah nilai FRR dan FAR tergantung seberapa ketat identifikasi yang diperlukan.

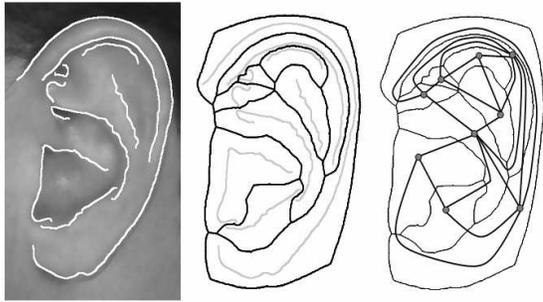
Proses “mengenali” berikutnya akan lebih sulit dari pada mengidentifikasi awal, karena pada proses pengenalan, sistem harus dapat mencari kecocokan pada sampel dengan data. Jika pada sistem terdapat sekumpulan data $I = \{G_0, G_1, \dots, G_n\}$, mengenali sebuah sampel s' adalah sama dengan mencari data $\{G_i \mid G_i \in I \cap d(G_s, G_i) < t\}$ dengan selisih terkecil. Prinsip-prinsip ini merupakan ide awal dalam identifikasi *ear biometrics* oleh Burge dan Burger.

2.1 Pengolahan citraan

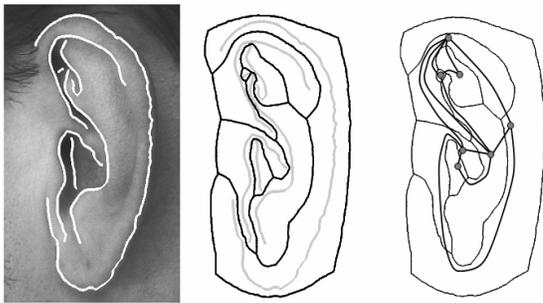
Proses implementasi teknik Burge dan Burger adalah sbb:

1. Acquisition

Pertama-tama kita memerlukan gambar dengan mode *grayscale* sebesar 300x500px yang diambil dari subjek dengan menggunakan kamera CCD. Selanjutnya lokasi telinga pada gambar harus dapat ditemukan oleh mesin, untuk itu digunakan 2 teknik merubah gambar, *Filter Banks* dan *Fischerface*.



(a) Earprint (b) diagram Voronoi (c) Neighbor graph



(d) Earprint (e) diagram Voronoi (f) Neighbor graph

Gambar 2: Langkah mendapatkan graf biometrik telinga

2. Localization

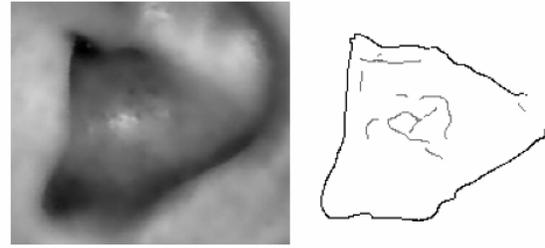
Lokasi telinga ditentukan oleh kontur pada representasi Gaussian pyramid pada gradien gambar.

3. Edge extraction

Garis-garis yang terdapat pada gambar diatas dihasilkan oleh operator Canny dan *thresholding* menggunakan batas atas dan bawah *thresholds* masing-masing 46 dan 20 (Gambar 2.b).

4. Curve extraction

Edge relaxation digunakan untuk membentuk lengkungan yang lebih besar, setelah menghilangkan lengkungan-lengkungan kecil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.b. Pada tahap ini kita akan memulai proses identifikasi dengan mencoba mencocokkan garis-garis pada gambar yang didapat dengan data yang dimiliki. Perbedaan pada pencahayaan dan posisi akan menjadi hambatan dalam pencocokan ini. Untuk itu diperlukan deskripsi yang tepat dimana antara garis citraan sumber adalah sama dengan data walaupun pada tingkat cahaya yang berbeda. Untuk mengantisipasi itu, kita beralih kepada relasi sekitarnya, dan membuat graf dari relasi sekitar itu dan menggunakannya sebagai model kita.



(a) Bagian dalam telinga (b) Noise curves (garis tipis)

Gambar 3 : Menghilangkan *noise curves* pada bagian dalam

5. Graph model

Tahap dimana diagram Voronoi telah disederhanakan dan graf sudah didapatkan.

2.2 Penanganan kesalahan pencocokan graf

Asumsikan $G(V,E)$ mewakili model graf dengan setiap vertex (titik) $v \in V$ dan setiap edge(sisi) $e \in E$. Lalu kita mulai proses pencocokan dengan mencari upagraf yang isomorfik antara graf dari data penyimpanan G_s dan graf dari sampel G_s' . Apabila $d(G_s, G_s')$ diantara keduanya lebih kecil dari taraf toleransi yang disepakati agar identifikasinya valid.

Pada kasus dimana G_s' dan G_s berasal dari subjek yang sama, tingkat error masih bisa muncul dari perbedaan orientasi dan pencahayaan. Menurut Burge dan Burger kebanyakan dari kesalahan garis terjadi pada bagian dalam telinga (Gambar 3.a). alasannya adalah area tersebut biasanya terdapat sedikit lapisan minyak atau cairan telinga dan juga bayangan yang disebabkan oleh Tragus dan Antitragus menimbulkan edge pada tahap ketiga sehingga menimbulkan garis yang salah pada tahap 4. Garis-garis yang salah ini dihapus dengan terlebih dahulu memilah-milah pada bagian dalam tersebut dan kemudian menghilangkan garis kecil, garis tertutup yang terdapat disitu.

Tindakan ini membuang banyak garis yang salah dalam mendapatkan struktur telinga. Tetapi ternyata, berhubungan dengan masalah gambar, banyak dari garis yang tersisa menjadi rusak setelah tahap ke 4 tadi. Untuk mengatasi ini, telah dikembangkan algoritma 1 untuk menghitung upagraf yang isomorfik antara G_s dan G_s' yang memperhitungkan kemungkinan kerusakan garis di G_s' . Caranya adalah dengan menggabungkan garis yang berdampingan di G_s' , apabila wilayah Voronoinya mengindikasikan bahwa itu merupakan bagian dari suatu bagian yang sama.

Algorithm 1 Calculate $d(G_s, G_s')$

```

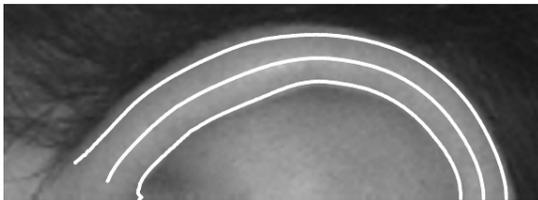
While  $d(G_s, G_s').c < t$  and  $|V| \leq |V'|$  do
  for all  $v \in V'$  do
    for all  $a$  adjacent to  $v$  do
      if  $d_v(v, a) < \gamma$  then {see Equation 13.1}
        contract  $(v, a)$ 
      end if
    end for
  end for
  increase  $t$  and decrease  $c$ 
end while

```

$$d_v(v, a) = \frac{|\partial V(c_a) \cap \partial V(c_v)|}{|\partial V(c_a)| + |\partial V(c_v)|} \quad (13.1)$$

2.3 Mengurangi FAR

Pada saat relasi topologi antara segmen garis digunakan pada proses pencocokan, terdapat kemungkinan kesalahan penerimaan karena terdapat beberapa telinga yang memiliki topologi yang sama. Dengan mengukur ciri fisik dari lekukan telinga, kita bisa mengurangi nilai dari FAR. Pengukuran yang berdasarkan panjang dari lekukan telinga tidak dapat mencapai hasil yang presisi karena perubahan dapat terjadi karena perbedaan pencahayaan. Cara yang lebih tepat adalah dengan menghitung tebal dari lengkungan. Tebal dari lengkungan yang tepat pada bagian atas dari helix bisa secara tepat didapatkan dan disesuaikan dengan tinggi dari telinga, seperti pada langkah *localization*



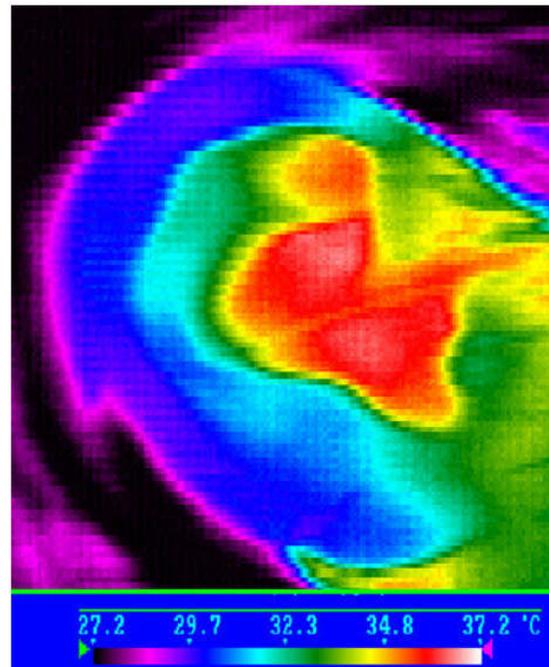
Gambar 4 : Lengkungan pada Helix

3. THERMOGRAM DAN GANGGUAN OLEH RAMBUT

Halangan terbesar pada biometrik telinga adalah sistem ini tidak bisa diterapkan jika telinga dari subjek tertutupi. Pada sistem identifikasi aktif halangan seperti rambut bukan masalah, karena subjek bisa menyingkapkan rambutnya sebelum melakukan proses autentifikasi. Masalah timbul saat sistemnya merupakan pasif identifikasi sistem. Pada kasus dimana telinga tertutupi sebagian oleh rambut, masih mungkin untuk mengenali rambutnya kemudian memotongnya dari gambar. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan pemisah warna dan tekstur, atau dengan menggunakan gambar thermogram. Gambar thermogram adalah gambar yang dibentuk dari

perbedaan panas dari permukaan objek. Gambar 5 merupakan contoh dari gambar thermogram telinga. Pada kasus ini, rambut dari subjek memiliki temperatur sekitar 27,2 – 29,7 derajat Celsius sedangkan bagian luar dari telinga atau yang biasa disebut pinna memiliki rentang temperatur sekitar 30,0 hingga 37,2 derajat Celsius, yang berarti untuk menghilangkan rambut yang menghalangi kita hanya menghilangkan area yang bertemperatur rendah di sekitar pinna.

Dengan metode ini juga Meatus, yang merupakan lubang telinga bisa dikenali dengan mudah. Apabila telinganya terlihat, maka Meatus ini akan menjadi bagian yang paling panas dari gambar thermogram tersebut atau biasa dicitrakan dengan warna merah. Karena umumnya telinga manusia lebih dingin dari suhu tubuh. Jadi bagian telinga yang terhubung dengan dalam tubuh akan memiliki suhu yang lebih tinggi. Pada gambar 5, Meatus memiliki perbedaan suhu sekitar 8 derajat Celsius dibandingkan rambut-rambut disekitar daun telinga. Pada gambar, Meatus dapat dilihat dengan jelas yaitu area yang memiliki temperatur sekitar 34,8 hingga 37,2 derajat Celsius.



Gambar 5 : Thermogram dari daun telinga

4. KESIMPULAN

Semua pertanyaan tentang seberapa baik menggunakan telinga sebagai objek biometrik mulai terjawab. Terbukti bahwa sudah terdapat suatu sistem yang mendukung bukti dan teori bahwa biometrik telinga dapat digunakan dan menjanjikan prospek bagi otomatisasi dalam identifikasi manusia. Salah satu teknik identifikasi bagi biometrik telinga ini adalah dengan teknik *graph matching*. Yang tergolong teknik modern yang pertama digunakan. Teknik yang berdasar pada penggunaan graf dan isomorfik nya ini tidak dapat dipungkiri menjadi metode awal dan langkah untuk maju ke metode lainnya yang lebih presisi dan canggih.

Walaupun biometrik telinga ini cukup menjanjikan, masih diperlukan penelitian-penelitian terutama untuk menangani masalah seperti bagaimana caranya agar metode ini dapat diterapkan di berbagai kondisi gambar, dan juga pada kasus dimana seluruh telinga tertutup oleh rambut, dimana penganalisisan biometrik telinga dengan metode graf matching akan menjadi mustahil dilakukan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. Iannarelli, Ear Identification. *Forensic Identification Series*. Paramount Publishing Company, Fremont, California, 1989.
- [2] M. Burge and W. Burger, *Ear Biometrics In Computer vision*. Proc ICPR2000. 2002
- [3] J. Canny, A Computational Approach To Edge Detection. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machines Intelligent*, Vol. 8, pp 679-698, 1986
- [4] B. Moreno and A. Sanchez. On The Use of Outer Ear Images For Personal Identification in Security Application. *In Proc. IEEE 3rd Annual Intl. Conf. On Security Technology*, pp 469-476, 1999.
- [5] D.J. Hurley. *Force Field Feature Extraction for Ear Biometrics*. PhD theseie, Electronics and Computer Science, University of Southampton, 2001.