

MATCHING SIDIK JARI MENGUNAKAN TRANSFORMASI HOUGH

Mukti Qamal¹, Burhanuddin²

¹Dosen Teknik Informatika Universitas Malikussaleh

²Dosen Teknik Sipil Universitas Malikussaleh

Abstract

Despite the efficacy of minutia-based fingerprint matching techniques for good-quality images captured by optical sensors, minutia-based techniques do not often perform so well on poor-quality images or fingerprint images captured by small solid-state sensors. Solid-state fingerprint sensors are being increasingly deployed in a wide range of applications for user authentication purposes. Therefore, it is necessary to develop new fingerprint-matching techniques that utilize other features to deal with fingerprint images captured by solid-state sensors. This paper presents a new fingerprint matching technique based on fingerprint ridge features. This technique was assessed on the MSU-VERIDICOM database, which consists of fingerprint impressions obtained from 160 users (4 impressions per finger) using a solid-state sensor. The combination of ridgebased matching scores computed by the proposed ridge-based technique with minutia-based matching scores leads to a reduction of the false non-match rate by approximately 1.7% at a false match rate of 0.1%.

Pendahuluan

Rekognisi seseorang dalam artian fitur-fitur biometriknya yang menjadi acuan merupakan suatu teknologi yang sedang marak yang muncul di tengah-tengah masyarakat dunia saat ini. Diantara berbagai

sifat-sifat yang mungkin dari fitur-fitur biometrik seperti iris, face, speech, dan hand-geometry, sidik jari merupakan fitur biometrik yang mempunyai daya beda yang unik walaupun sangat sulit untuk menentukan pendekatan yang begitu jitu di dalam pengidentifikasiannya, dan juga kehandalan daya tahan sidik jari seseorang yang sulit terjadi padanya perubahan secara alami.

Sidik jari merupakan suatu reproduksi dari epidermis ujung jari, yang dapat diperoleh dengan menekan ujung jari pada suatu permukaan yang halus dan datar. Struktur karakteristik sidik jari yang paling jelas yang dapat tampak secara sekilas adalah ridge dan lembah (valley) yang melingkar - lingkaran yang membentuk pola-pola tertentu. Ridge-ridge diketahui memiliki lebar antar sesamanya sangat bervariasi, dari 100 μm , untuk bentuk ridge yang ramping, hingga 300 μm , untuk ridge yang tebal. Secara umum periode siklus dari ridge dan lembah adalah kira-kira 500 μm . Ridge dan lembah-lembah sering muncul secara paralel, dan malah kadang-kadang mereka juga bisa hadir pada ujung dari salah satunya (termination), baik ridge atau lembah, atau juga mereka memisah di dalam dua jalur ridge (bifurcation). Termination dan bifurcation dari ridge ini selanjutnya sering diistilahkan minutia. Ada tipe-tipe yang lain dari minutia pada sidik jari, tetapi yang paling sering dikait-kaitkan di dalam uji coba untuk penelitian dan perancangan sistem adalah termination dan bifurcation.

Rekognisi sidik jari merupakan suatu permasalahan rekognisi pola yang cukup kompleks, dan perancangan algoritmanya yang dapat mengekstraksi fitur-fitur yang penting dan membandingkannya dengan suatu pendekatan yang cukup handal merupakan suatu tugas yang begitu rumit, apalagi bila dihadapkan dengan berbagai citra yang berkualitas rendah. Walaupun telah mengalami kemajuan di dalam 20 tahun terakhir ini, rekognisi sidik jari masih merupakan suatu kajian atau permasalahan rekognisi pola yang menantang dan memiliki daya tarik sendiri. Sistem matching sidik jari yang paling umum, pendekatannya didasari pada perbandingan titik-titik minutia antara citra query dan citra template sidik jari. Proses pematcingan dua himpunan sidik jari biasanya dihadirkan sebagai suatu permasalahan

perbandingan pola-pola titik dan kesamaan yang terdapat diantaranya adalah proporsional atau setara dengan keadaan jumlah pasangan titik-titik minutia pada sidik jari yang dibandingkan.

Walaupun pola minutia dari masing-masing sidik jari adalah cukup unik, tetapi noise dan distorsi di dalam proses akuisisi citra sidik jari dan error di dalam proses pengekstraksian minutia, sering mempengaruhi pada keadaan jumlah titik minutia, baik terdapatnya kehilangan atau munculnya minutia palsu. Permasalahan yang lain adalah rotasi dan displacemen dari penempatan sidik jari pada sensor yang dapat membentuk dua citra yang berbeda dari sidik jari yang sama.

Sensor sidik jari solid-state yang kompak, telah ditingkatkan pengintegrasianya tidak hanya pada sistem-sistem khusus, tetapi hingga pada keyboard dan phone selular untuk kegunaan yang lebih publis dan berbagai aplikasi komersil yang umum, di mana user-authentication dibutuhkan. Kemunculan sistem sensor sidik jari solid-state menghadirkan suatu permasalahan yang baru terhadap sistem tradisional sidik jari berbasis minutia. Permasalahan pengekstraksian minutia dapat menjadi lebih berat bila sidik jari tersebut diperoleh dengan menggunakan sensor sidik jari solid-state. Sensor sidik jari solid-state hanya menyediakan daerah kontak yang kecil untuk ujung jari, dan oleh karena itu pola sidik jari yang dapat diperolehpun hanya dalam suatu porsi terbatas.

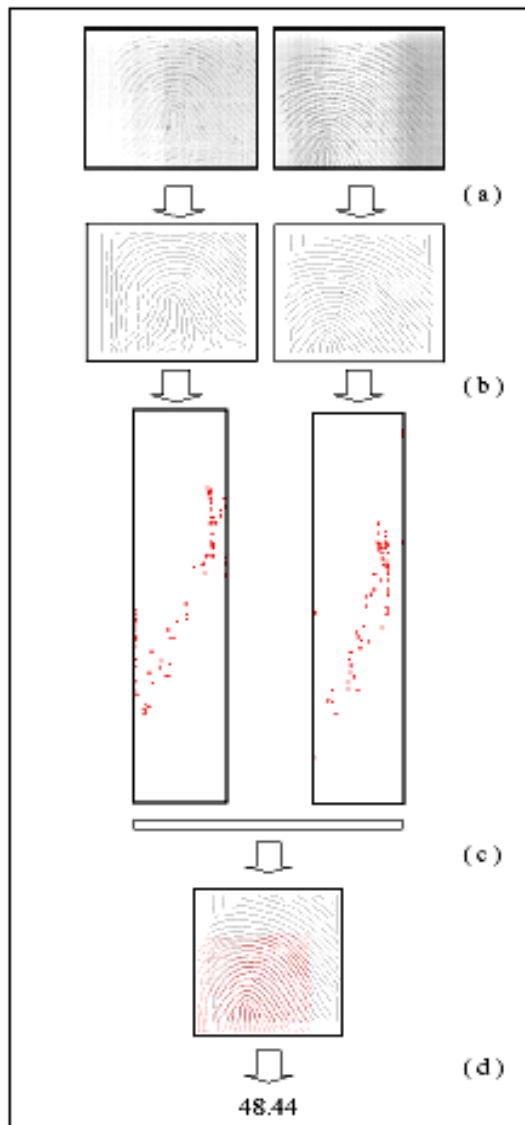
Matching sidik jari berbasis ridge

Suatu teknik atau pendekatan berbasis ridge yang diajukan di sini meliputi langkah - langkah berikut :

- Citra sidik jari query grey-scale diberi suatu proses awal, dan dikonversi menjadi sebuah citra yang ramping, di mana ridge-ridge sidik jari telah terdeteksi dan ditampilkan oleh suatu pixel-width tunggal.

- Ridge-ridge dari query yang telah berhasil dideteksi selanjutnya disimpan di dalam dua daftar ridge, R_q dan R_t .
- Aplikasikan transformasi Hough pada masing-masing ridge secara terpisah.
- Treshold digunakan untuk mendeteksi puncak-puncak ruang Hough untuk masing-masing puncak. Puncak-puncak ruang Hough dari query dan template sidik jari disimpan ke dalam dua himpunan puncak, S_q dan S_t .
- Garis-garis lurus (puncak ruang Hough) yang berhasil dideteksi dari masing - masing ridge digunakan untuk mengklasifikasi ridge kedalam satu dari lima kategori yang baku. Jumlah kategori ridge adalah sepadan terhadap kurvature ridge.
- Masing-masing elemen dari S_q dan S_t dikarakteristikan oleh suatu triplet (θ_i, p_i, v_i) , di mana θ_i merupakan orientasi yang tegak lurus terhadap garis lurus ke - i , p_i merupakan jarak garis lurus ke - i ke koordinat original, dan v_i merupakan nilai puncak p_i .
- Sidik jari query dan template sidik jari disatukan menggunakan parameter-parameter rotasi dan translasi yang sebelumnya telah diestimasi dari himpunan-himpunan puncak ruang Hough.
- Pada akhirnya, skor matching dihitung untuk aliansi menggunakan suatu matrik aliansi ridge.

Gambar 1 menunjukkan diagram langkah-langkah utama dari teknik matching berbasis ridge yang diajukan.



Gambar 1. Diagram langkah - langkah utama dari teknik matching berbasis ridge

Ekstraksi ridge

Langkah utama pada teknik pematchingan berbasis ridge adalah pengestraksian ridge-ridge dari sidik jari. Tahap ini adalah sangat begitu penting, berhasil atau tidaknya pengidentifikasian tergantung dari ketepatan di dalam pengestraksian fitur ridge sidik jari tersebut. Untuk ini algoritma yang pernah diajukan oleh Jain dapat kita manfaatkan.

Langkah pertama di dalam pengestraksian ridge adalah pengestimasi orientasi pada citra sidik jari, dan diikuti dengan pengsegmentasian daerah atau region sidik jari dari latar belakangnya. Selanjutnya ridge-ridge dapat diekstraksi dari citra input dengan mengaplikasikan dua mask yang dapat menangkap nilai-nilai maksimum grey-level sepanjang arah-arahan yang tegak lurus terhadap orientasi. Kemudian beberapa teknik heuristik dapat diaplikasikan untuk membuang lubang-lubang dan titik-titik pada peta ridge biner. Dan terakhir ridge-ridge yang telah berhasil diekstraksi selanjutnya dirampingkan.

Ekstraksi garis lurus

Langkah kedua di dalam teknik matching adalah pengestraksian garis lurus yang mengaproksimasi ridge-ridge sidik jari. Dan untuk pengestraksian tersebut kita dapat menggunakan transformasi Hough. Transformasi Hough merupakan suatu metode pendeteksian suatu bentuk kurva yang terdapat pada citra, dan secara khusus dapat digunakan untuk pendeteksian garis lurus.

Algoritma transformasi Hough membutuhkan suatu array akumulator yang memiliki dimensi yang berkorespondensi terhadap jumlah parameter dari suatu kurva yang dideteksi. Pada kasus pendeteksian garis lurus, dan juga dikarenakan persamaan $y = ax + b$ mempunyai parameter yang tidak terbatas, maka persamaan $p = x \cos \theta + y \sin \theta$ dapat kita manfaatkan. Jadi, untuk pendeteksian garis lurus sebaiknya kita menggunakan sebuah array akumulator dua dimensi. Array akumulator mengakumulasi fakta-fakta keberadaan garis lurus

$p = x \cos \theta + y \sin \theta$ di dalam ruang $HS(R, T)$, di mana R dan T merupakan nilai - nilai p dan θ yang telah dikuantisasi.

Menggunakan array akumulator HS , prosedur Hough menguji masing - masing pixel dari ridge yang diberikan, dan menambahkan ruang - ruang akumulator yang berkorespondensi terhadap keseluruhan garis lurus yang mungkin yang melalui pixel-pixel tersebut. Setelah keseluruhan pixel-pixel dari ridge yang diberikan telah diproses, selanjutnya array akumulator menyelidiki keberadaan puncak - puncaknya. Puncak-puncak mengindikasikan parameter-parameter dari garis lurus yang paling mungkin yang akan mencocokkan ridge tersebut di dalam citra.

Gambar 2 menunjukkan suatu contoh pendeteksian garis lurus dari ridge sidik jari yang diberikan.

Registrasi sidik jari

Langkah ketiga di dalam algoritma yang diajukan adalah penggabungan citra sidik jari query dengan template sidik jari. Untuk pengestimasiian parameter transformasi seperti rotasi, translasi, dan penskalaan, kita dapat menggunakan transformasi Hough yang telah digeneralisasi seperti yang diajukan oleh Ratha dan kawan - kawan di dalam karya ilmiah yang dipublikasikan berjudul "*A Real - Time Matching System for Large Fingerprint Database.*"

Dari dua himpunan ruang puncak Hough, S_q dan S_t , secara mudah parameter rotasi dapat diaproksimasikan menggunakan parameter ruang $1 - D, R$. Untuk masing - masing pasangan puncak (q_i, t_i) , di mana $q_i \in S_q$ dan $t_i \in S_t$, maka setiap tempat penyimpanan $R(\theta_{ii} - \theta_{qi})$ diincrementasi.

Pengestimasiian parameter translasi dapat memakan waktu yang lebih dan membutuhkan ruang parameter $2 - D, TR$. Setiap pasangan puncak-puncak dari suatu himpunan S_q , dengan

orientasi yang berbeda dan telah dideteksi dari ridge-ridge yang sama, dirotasikan oleh sebuah parameter rotasi yang telah diestimasi dari stadium sebelumnya. Kemudian titik-titik irisan, p_q , dari dua garis lurus yang berpotongan dan berkorespondensi terhadap titik-titik puncak tersebut dapat ditentukan. Dan untuk setiap pasangan puncak-puncak dari suatu himpunan S_i , dengan orientasi yang berbeda dan telah dideteksi dari ridge-ridge yang sama, dirotasikan oleh sebuah parameter rotasi yang telah diestimasi dari stadium sebelumnya, maka titik-titik irisan, p_t , dari dua garis lurus yang berpotongan dan berkorespondensi terhadap titik-titik puncak tersebut dapat ditentukan juga. Tempat penyimpanan (bin) $TR(p_{ry} - p_{qy}, p_{tx} - p_{qx})$ kemudian ditambahkan dengan suatu nilai bobot berdasarkan panjang maksimum dari garis lurus yang digunakan untuk menemukan titik-titik interseksi atau irisan, p_q dan p_t .

Parameter ruang, R dan TR mengakumulasi fakta-fakta untuk berbagai parameter translasi dan rotasi yang paling mungkin, secara respektif. Untuk transformasi rigid maka nilai puncak maksimum R dan TR dapat kita ambil sebagai nilai parameter translasi dan rotasi yang paling mungkin. Tetapi di dalam praktisnya, kita sering dihadapi oleh transformasi-transformasi yang tidak rigid, maka untuk mengatasi permasalahan tersebut kita dapat memanfaatkan suatu teknik thresholding, dan ini berarti sebagian dari nilai-nilai puncak maksimum, dan keseluruhan parameter-parameter yang memiliki nilai yang lebih besar dari pada nilai threshold akan dipertimbangkan sebagai suatu parameter pengaliansian sidik jari.

Gambar 3 menunjukkan beberapa contoh pengaliansian sidik jari genuine menggunakan pendekatan yang telah dipaparkan.

Matching sidik jari

Untuk masing - masing triplet parameter rotasi dan translasi $(\Delta_\theta, \Delta_x, \Delta_y)$ sebelumnya telah diestimasi pada tahapan registrasi sidik jari, selanjutnya citra query dialiansikan dengan citra template dan skor matching dapat dikalkulasi. Skor matching terakhir merupakan skor maksimum yang diperoleh untuk keseluruhan triplet parameter-parameter transformasi.

Di dalam teknik yang dibahas ini, skor matching antara dua citra sidik jari yang dialiansikan adalah sepadan dengan jumlah ridge- ridge yang dicocokkan. Untuk menentukan jumlah tersebut, sebuah matrik aliansi ridge, $C_{m,n}$ dapat kita kalkulasikan, di mana m dan n merupakan jumlah ridge - ridge yang berhasil dideteksi di dalam sidik jari query dan template sidik jari.

Elemen ke i, j dari matrik C mengindikasikan berapa banyak pixel-pixel yang terkandung di dalam ridge ke i dari sidik jari query, dan hal yang sama pula untuk pixel dari ridge ke j dari template sidik jari, sesudah proses aliansi keduanya.

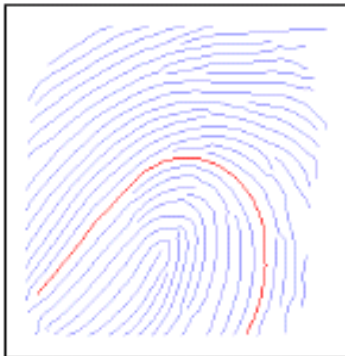
C bersifat tidak simetris, karena jumlah pixel-pixel dari ridge i yang dialiansikan dengan ridge j akan berbeda terhadap jumlah pixel-pixel dari ridge j yang dialiansikan dengan ridge i .

Jika citra query dan citra template secara eksak adalah sama, maka C merupakan sebuah matrik diagonal, di mana elemen diagonal ke $-k$ merupakan jumlah eksak dari pixel-pixel ridge sidik jari ke $-k$.

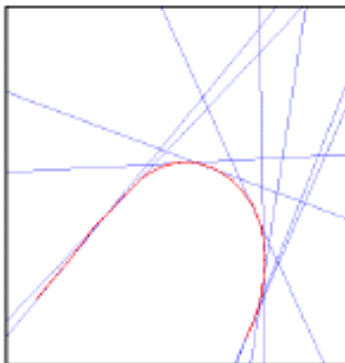
Untuk matching genuine, C mempunyai elemen-elemen *high-valued* yang berlokasi disekitar diagonal utama, sebaliknya, untuk matching impostor, C mempunyai elemen-elemen *low-valued* yang mengisi baris - kolom suatu matrik yang digunakan.



(a)

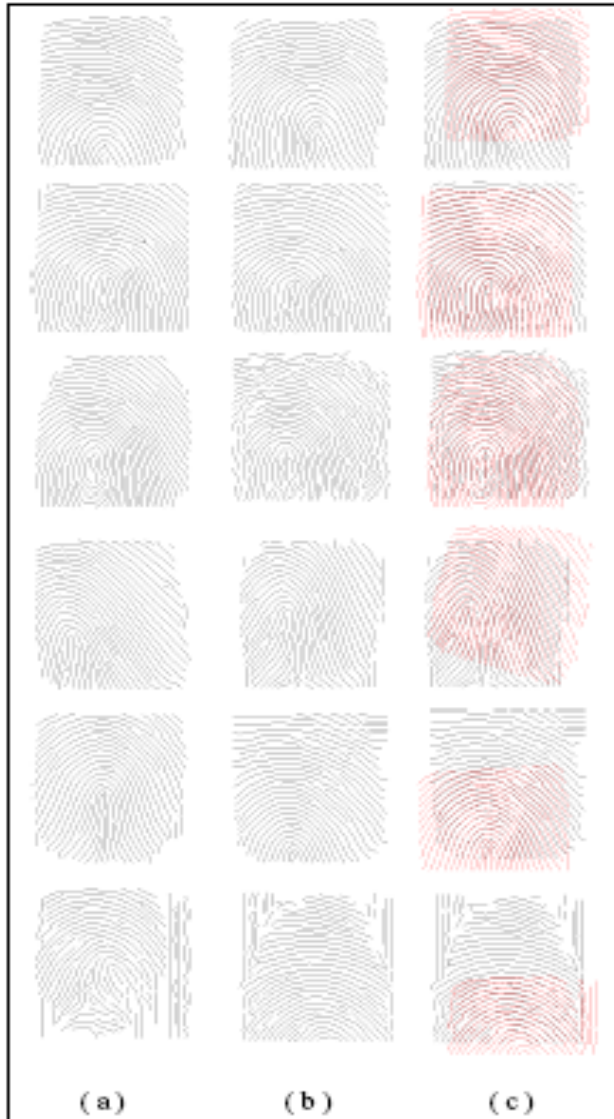


(b)



(c)

Gambar 2. (a) Citra sidik jari, (b) ridge-ridge yang berhasil dideteksi dan dirampingkan dari citra sidik jari, dan (c) garis lurus yang berhasil dideteksi dari ridge sidik jari yang diberikan menggunakan transformasi Hough



Gambar 3. Beberapa contoh sidik jari - sidik jari genuine yang dialiansikan menggunakan pendekatan berbasis ridge, (a) citra sidik jari query, (b) citra template sidik jari, dan (c) aliansi yang diperoleh

Gambar 4 dan 5 menunjukkan beberapa contoh matrik-matrik pengaliansian ridge yang diperoleh dari pematchingan genuine dan impostor dari berbagai pasang sidik jari, secara respektif.

Skor matching sidik jari s dapat dikalkulasikan dari matrik pengaliansian ridge, C , sebagai berikut :

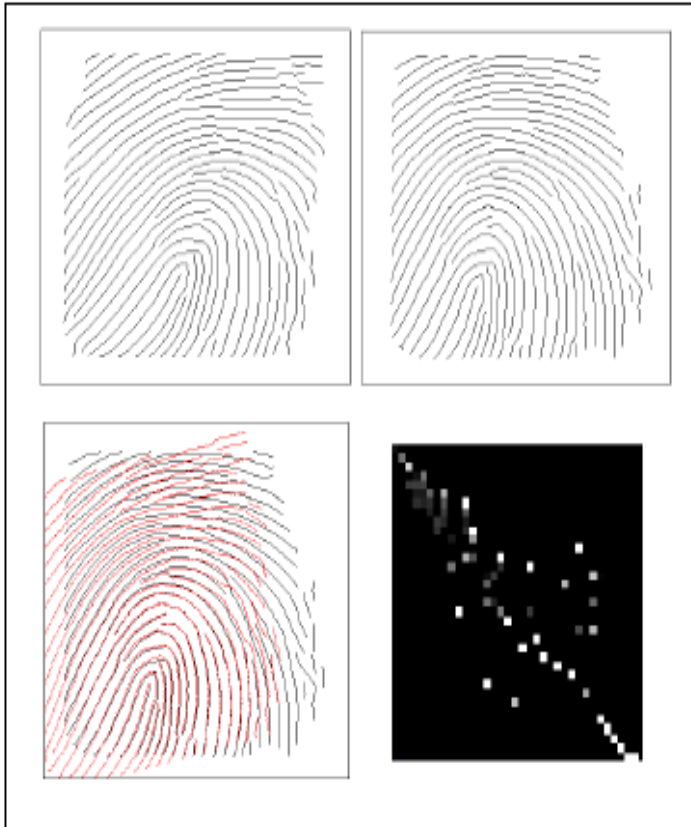
$$s = \frac{2 \left(\sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{n_2} C(i, j)^2 \right)}{a + b}$$

dimana n_1 dan n_2 merupakan jumlah ridge dari sidik jari query dan template sidik jari, dan a dan b diberikan sebagai,

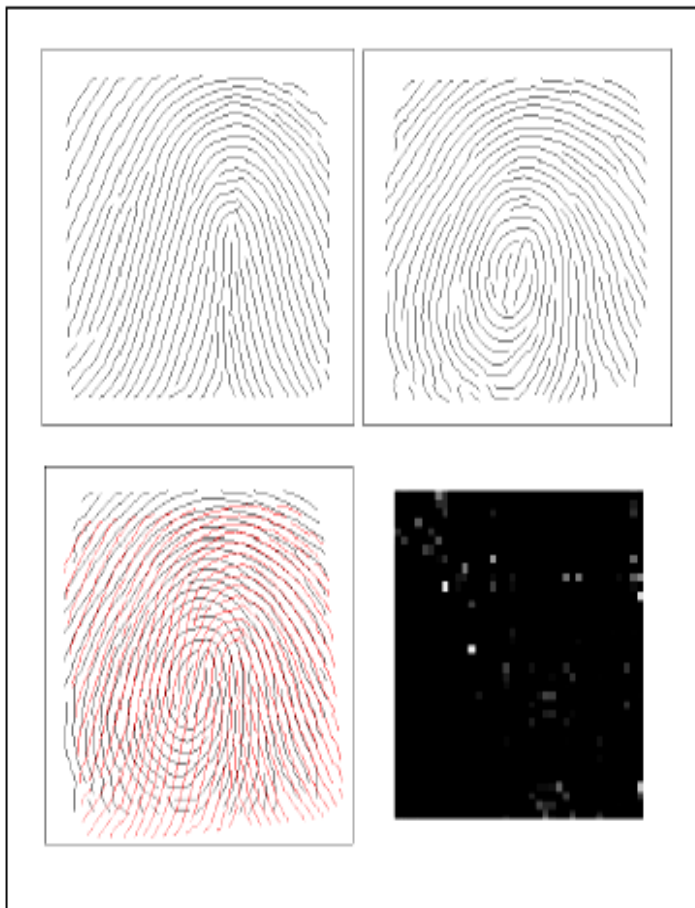
$$a = \sum_{i=1}^{n_1} (R_q(i)_{nop})^2$$

$$b = \sum_{i=1}^{n_2} (R_t(i)_{nop})^2$$

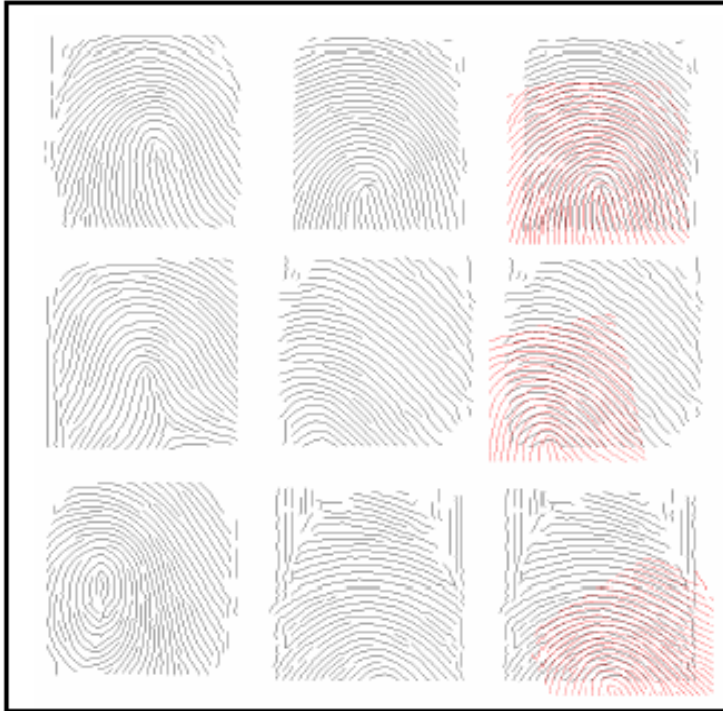
dimana $R_q(i)_{nop}$ merupakan jumlah pixel-pixel ridge ke - i dari sidik jari query, dan $R_t(i)_{nop}$ merupakan jumlah pixel-pixel ridge ke - i dari template sidik jari.



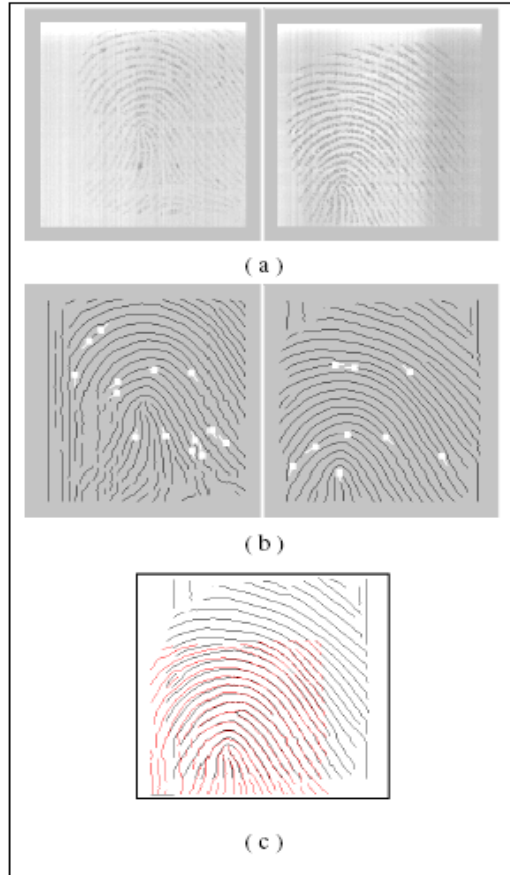
Gambar 4 Matrik aliansi ridge yang diperoleh dari pasangan sidik jari genuine, matrik mempunyai puncak - puncak *high-valued* yang berlokasi disekitar diagonal utama



Gambar 5 Matrik aliansi ridge yang diperoleh dari pasangan sidik jari impostor, matrik mempunyai puncak - puncak *low-valued* yang mengisi baris - kolom suatu matrik yang digunakan



Gambar 6. Contoh - contoh, tiga citra sidik jari impostor yang dialiansikan



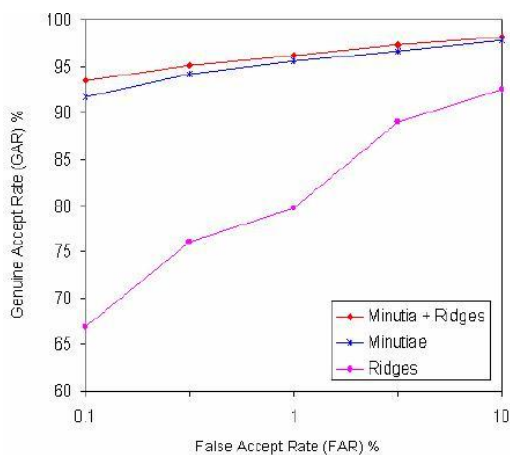
Gambar 7. (a) Matching sidik jari genuine yang ditolak oleh matcher sidik jari berbasis minutia dan diterima secara tepat oleh matcher sidik jari berbasis ridge, (b) titik - titik minutia yang berhasil dideteksi, dan (c) pengaliansian yang diperoleh dengan menggunakan teknik atau pendekatan berbasis ridge

Hasil Eksperimen

Parameter unjuk kerja yang digunakan adalah EER, dan GAR pada dua nilai FAR, 0,1% dan 1%. Unjuk kerja keakuratan yang diperoleh setelah dilakukan pengujian, disajikan pada tabel berikut :

Tabel 1. Perbandingan rate error dari tiga matcher sidik jari

Matcher	EER	GAR (at 0.1% FAR)	GAR (at 1% FAR)
Minutia-based	3.53%	91.69 %	95.49 %
Ridge-based	8.25%	66.87 %	79.68 %
Hybrid (Minutiae-Ridge)	3.03%	93.38 %	96.08 %



Gambar 8. Kurva ROC ketiga matcher sidik jari

Kesimpulan

Pengujian telah menunjukkan kombinasi ridge dan minutia, telah menghasilkan keakuratan yang lebih tinggi dalam membandingkan dan mencocokkan berbagai pola sidik jari yang terdapat pada database.

Referensi

- [1]. Maltoni, D., D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer-Verlag, New York, 2003.
- [2]. Stosz, J. D., and L. A. Alyea, "Automated System for Fingerprint Authentication Using Pores and Ridge Structure", *Proc. of SPIE (Automatic Systems for the Identification and Inspection of Human)*, vol. 2277, 1994, pp. 210-223.
- [3]. Jain, A. K., L. Hong, and R. Bolle, "On-line Fingerprint Verification", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19(4), 1997, pp. 302-314.
- [4]. Jain, A. K., A. Ross, and S. Prabhakar, "Fingerprint Matching Using Minutiae and Texture Features", *Proceedings of Int. Conference on Image Processing (ICIP)*, Thessaloniki, Greece, Oct 7-10, 2001, pp. 282-285.