

# Analisis Sistem Identifikasi Sidik Jari Berbasis Minutiae dan Non-Minutiae

Alexander A S Gunawan  
Jurusan Matematika  
School of Computer Science  
Binus University, Jakarta, 11480  
aagung@binus.edu

Wikaria Gazali  
Jurusan Matematika  
School of Computer Science  
Binus University, Jakarta, 11480  
wikaria@binus.edu

Benny Senjaya  
Jurusan Teknik Industri  
Faculty of Engineering  
Binus University, Jakarta, 11480  
bsenjaya@gmail.com

**Abstract**— Fingerprints are one of the unique physiological characteristics of human beings. Fingerprints as biometric modality proved accurate, safe, and not complicated in the recognition process when compared with other modalities. This research is a comparison study of the non-minutiae based to minutiae based fingerprint recognition software. As representation of non-minutiae based is self-developed software using wavelet methods and back propagation. Furthermore representation of minutiae-based is proprietary software called VeriFinger. The performance analysis considered in this research is their accuracy and processing time. The common problems faced in the fingerprint recognition are the quality of fingerprint image. The experiment was conducted using 750 fingerprint images with various qualities, and then there are 16 fingerprint images that do not pass VeriFinger threshold criteria. The accuracy of non-minutiae based software is 94.96%, while the minutiae based software is 98.37%. Average processing time of non-minutiae based software is 572 ms, and the minutiae based software is 374 ms. From the experiment, it can be concluded that the proprietary minutiae-based software VeriFinger is more accurate than the self based non-minutiae software. The reasoning of this conclusion come from the fact that minutiae based can extract the local characteristic patterns. But its faster in processing time cannot be judged well due to the VeriFinger code already have been optimized.

**Keywords:** Pattern Recognition, Fingerprint, Non-Minutiae, Wavelet Transform, Minutiae, VeriFinger

## I. PENDAHULUAN

Sidik jari merupakan salah satu karakteristik fisiologis manusia yang unik. Hal ini menyebabkan sidik jari menjadi obyek yang umum diteliti dalam perkembangan teknologi biometrik. Sidik jari terbukti akurat, aman, dan tidak rumit dalam proses identifikasinya bila dibandingkan dengan sistem biometrik lainnya seperti wajah, iris mata, dan suara. Secara garis besar, terdapat dua metode untuk mengenali sidik jari ini, yaitu metode berdasarkan minutiae dan metode yang tidak berdasarkan minutiae (non-minutiae) Yang dimaksud minutiae ini adalah pola yang unik dari garis-garis dan spasi yang terdapat pada sidik jari. Garis-garis ini dinamakan ridge sedangkan spasi di antara dua garis dinamakan valley. Pendekatan minutiae ini menggunakan ciri-ciri khusus tersebut untuk identifikasi sidik jari [4].

Pada penelitian ini, dibangun sistem identifikasi sidik jari berdasarkan pendekatan non-minutiae. Pendekatan ini menggunakan fitur selain minutiae dari pola ridge dan valley pada sidik jari. Dalam sistem yang dibangun digunakan transformasi Wavelet untuk mengekstraksi fitur unik yang dimiliki oleh sidik jari. Setelah itu, fitur unik ini akan menjadi input bagi jaringan syaraf tiruan jenis Backpropagation, yang berguna untuk melakukan klasifikasi sidik jari tersebut. Selanjutnya, unjuk kerja dari sistem identifikasi yang dibangun ini dibandingkan dengan unjuk kerja perangkat lunak paten yaitu Verifinger yang dibuat oleh Neurotechnology [9].

## II. SIDIK JARI

Menurut Ashbaugh (1999), sidik jari (*fingerprint*) adalah hasil reproduksi tapak jari baik yang sengaja diambil, dicapkan dengan tinta, maupun bekas yang ditinggalkan pada benda karena pernah tersentuh kulit telapak tangan atau kaki. Kulit telapak adalah kulit pada bagian telapak tangan mulai dari pangkal pergelangan sampai semua ujung jari, dan kulit bagian dari telapak kaki mulai dari tumit sampai ke ujung jari yang mana pada daerah tersebut terdapat garis halus menonjol yang keluar satu sama lain yang dipisahkan oleh celah atau alur yang membentuk struktur tertentu. Sidik jari setiap orang mempunyai perbedaan bahkan pada orang kembar sekalipun [6]. Hal ini membuat sidik jari tepat digunakan dalam teknologi biometrik. Keunggulan lainnya dari sidik jari adalah kepraktisannya dan ketahanannya.

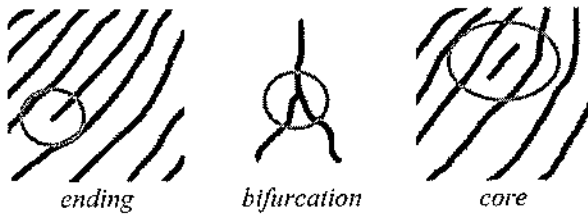
## III. PENDEKATAN MINUTIAE

Suatu pola sidik jari normal terdiri dari garis-garis dan spasi. Garis-garis ini dinamakan *ridge* sedangkan spasi di antara dua garis dinamakan *valley*. Secara global, garis dan spasi ini menghasilkan beberapa pola unik yang dinamakan singularitas, yang diklasifikasikan menjadi 3 tipe: *arch*, *loop*, dan *whorl* [1].



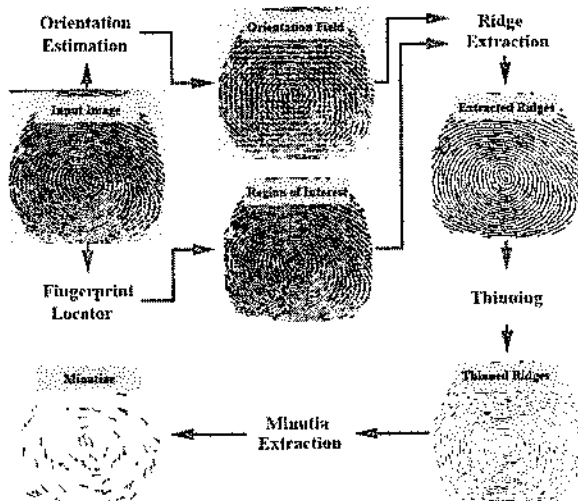
Gambar 1. Fingerprint Patterns Classes

Dalam pendekatan *minutiae* ini digunakan fitur khusus untuk identifikasi sidik jari. Fitur *minutiae* ini terdiri dari *ending*, *core*, dan *bifurcation*. *Ending* adalah bagian ujung dari sebuah ridge, *bifurcation* adalah bagian percabangan dari ridge, sementara *core* adalah titik pusat dari sidik jari [8].



Gambar 2. Minutiae

Pada gambar 3 dijabarkan *flowchart* keseluruhan algoritma yang biasanya digunakan pada pendekatan *minutiae*. Secara garis besar, terdiri dari 3 komponen, yaitu *orientation field estimation*, *ridge extraction*, *minutiae extraction* dan *postprocessing* [5]. *Orientation field estimation* dari sebuah citra sidik jari mengekstraksi keadaan intrinsik alami dari sidik jari dengan menghitung gradien arahnya. *Ridge extraction*, tahap ini berguna untuk mendeteksi ridge. Kumpulan piksel dapat diidentifikasi sebagai ridge, dengan cara menguji nilai *gray level* dari piksel lebih besar dari nilai *threshold*. *Minutiae extraction* adalah tahap selanjutnya ketika *thinned ridge map* telah dilakukan. Pada tahap ini didapat fitur *minutiae* yang terdiri dari *ending*, *core*, dan *bifurcation*.



Gambar 3. Flowchart Minutiae Extraction

#### IV. PENDEKATAN NON-MINUTIAE

Pendekatan *non-minutiae* menggunakan fitur selain karakteristik *minutiae*. Fitur yang digunakan dalam pendekatan *non-minutiae* sangat tergantung pada metode untuk mengekstrak informasinya. Pendekatan ini juga dapat mengekstrak informasi yang tidak kelihatan secara visual, selain itu kelebihan yang lain adalah tidak perlu dilakukan proses yang panjang (*Orientation Estimation*, *Ridge Extraction*, *Thinning*) seperti pendekatan *minutiae* dalam

mendapatkan fitur yang dibutuhkan. Sehingga secara teoritis, pendekatan *minutiae* yang membutuhkan banyak teknik *preprocessing* membutuhkan rata-rata waktu pemrosesan yang lebih lama daripada pendekatan *non-minutiae* [7].

Pada penelitian ini digunakan transformasi wavelet untuk mengekstrak fitur sidik jarinya dan selanjutnya digunakan jaringan syaraf tiruan jenis *Backpropagation*, untuk melakukan klasifikasi sidik jari tersebut. Secara khusus perangkat lunak berbasis pendekatan *non-minutiae* didasarkan pada algoritma transformasi wavelet Haar diskrit untuk mengekstraksi ciri-ciri khusus.

Transformasi wavelet merupakan metode yang biasa digunakan untuk menyajikan data, fungsi atau operator ke dalam komponen-komponen frekuensi yang berlainan, dan kemudian mengkaji setiap komponen dengan suatu resolusi yang sesuai dengan skalanya. Transformasi wavelet mempunyai kemampuan membawa keluar ciri-ciri atau karakteristik khusus dari citra yang diteliti. Wavelet sebenarnya merupakan sebuah basis. Basis wavelet berasal dari sebuah fungsi penskalaan atau disebut juga sebuah *scaling function*. *Scaling function* memiliki sifat yaitu dapat disusun dari sejumlah salinan dirinya yang telah didilasikan dan ditranslasikan. Persamaan *scaling function* adalah :

$$\phi(x) = \sum c_k \phi(2x - k) \quad (1)$$

Dari persamaan *scaling function* ini dapat dibentuk persamaan wavelet yang pertama (*mother wavelet*), sebagai berikut:

$$\varphi^0(x) = \sum_k (-1)^k c_{1-k} \phi(2x - k) \quad (2)$$

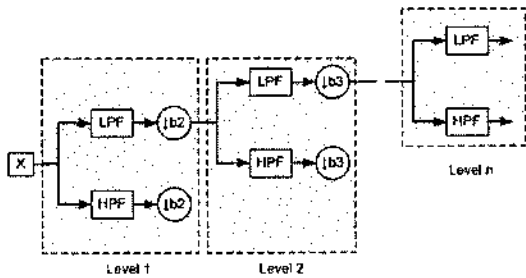
Dari *mother wavelet* ini kemudian dapat dibentuk wavelet-wavelet berikutnya ( $\psi_1, \psi_2$  dan seterusnya) dengan cara mendilasikan (memampatkan atau meregangkan) dan mentranslasikan (menggeser) *mother wavelet*. *Scaling function* yang dapat membentuk wavelet bermacam-macam jenisnya. Wavelet Haar memiliki *scaling function* dengan koefisien  $c_0 = c_1 = 1$ . Wavelet Haar merentang ruang vektor 4 dimensi dengan vektor-vektor basis sebagai berikut:

$$h_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, h_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}, h_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, h_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Selanjutnya sembarang vektor dapat direpresentasikan sebagai kombinasi linier dari basis wavelet Haar di atas, sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = a \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} + b \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} + c \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + d \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

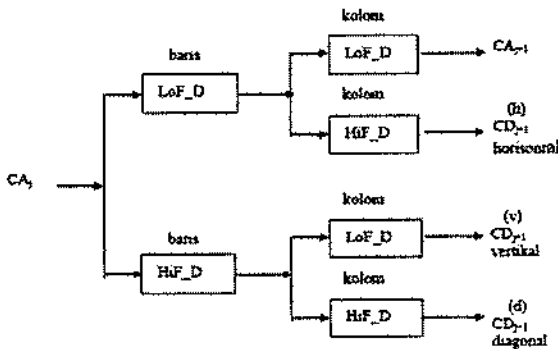
Untuk mencari nilai a,b,c dan d dalam persamaan di atas dapat digunakan algoritma piramida Mallat [3]. Proses algoritma ini terdiri dari operasi *averaging* (matriks *lowpass L*) dan *differencing* (matriks *highpass H*) yang dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Wavelet Diskrit Satu Dimensi

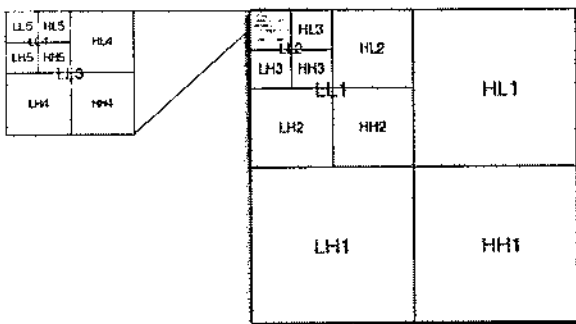
### V. TRANSFORMASI WAVELET DUA DIMENSI

Suatu citra dapat dianggap sebagai suatu matriks dua dimensi. Sehingga transformasi wavelet dapat dilakukan terhadap baris-baris pada citra, dan dilanjutkan dengan transformasi terhadap kolom-kolom pada citra, seperti pada gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5. Algoritma Wavelet Dua Dimensi

Proses dekomposisi dari transformasi wavelet untuk citra dua dimensi dapat dijelaskan pada gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Dekomposisi Citra Dua Dimensi

### VI. PERANGKAT LUNAK METODE WAVELET DAN BACKPROPAGATION

Perangkat lunak pendeteksian sidik jari dengan metode wavelet dan backpropagation ini terdiri dari dua modul utama yaitu:

1. Modul *Training*
2. Modul *Recognition*

Dalam modul *Training*, tercakup modul database yang digunakan untuk menyimpan semua citra sidik jari yang akan dilatih. Citra sidik jari diambil dari *Biometric Ideal Test*. Dalam dataset ini terdapat 20,000 gambar sidik jari manusia dari 500 subyek yang telah diambil dengan menggunakan alat *U Are U 4000 fingerprint sensor* [10].

Tetapi yang akan digunakan dalam penelitian ini hanya 750 gambar sidik jari, di mana setiap orang diambil lima kali gambar sidik jarinya. Citra sidik jari tersebut berukuran 328 x 356 dan merupakan file citra bertipe \*.bmp. Setiap dari gambar sidik jari akan dipasangkan dengan data diri, sehingga pada nantinya akan terdapat 150 data diri orang. Dari 5 citra sidik jari perorang akan diambil 3 data citra untuk *training* sehingga keseluruhan digunakan 450 data citra untuk *training*. Sedangkan untuk *testing* akan digunakan semua data citra yang ada.

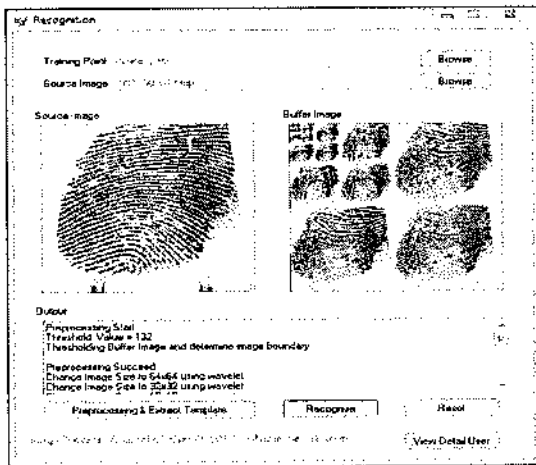
Tahap pertama pada modul *training* adalah pemrosesan citra. Tahap ini adalah tahap untuk memperbaiki kualitas dari suatu citra digital dan mengubah ukuran citra menjadi 128 x 128 piksel. Tahap selanjutnya adalah ekstraksi ciri dengan metode dekomposisi Wavelet Haar. Dalam penelitian ini digunakan dekomposisi lima level sehingga akan dihasilkan citra dengan ukuran 4 x 4 piksel. Jadi hasil dari proses ekstraksi ciri pada citra berukuran 128 x 128 piksel ini adalah citra aproksimasi dengan ukuran 4 x 4 piksel. Kemudian setiap piksel ini akan diambil nilainya, dan dijadikan input layer dari jaringan syaraf tiruan. Sehingga total masukan (*input*) untuk jaringan syaraf tiruan adalah 16 buah.

Setelah semua data hasil dari ekstraksi citra didapat. Maka semua nilai akan dilatih dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Jaringan syaraf tiruan ini dibangun dengan input sebanyak 16 buah, dan output sebanyak 8 buah. Selain itu, jaringan syaraf tiruan ini juga menggunakan satu lapisan tersembunyi yang jumlahnya adalah 10 buah. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid. Pada proses *training* ini, jumlah epoch atau perulangan maksimum ditentukan sebanyak 10000 kali.

Pada modul *Recognition*, akan dilakukan identifikasi sidik jari dengan mencocokkan input gambar dengan hasil *training*. Dari *input* yang dimasukkan, akan diperoleh nilai *output* yang akan dicocokkan dengan basis data sidik jari. Output yang diperoleh ini akan menjadi *primary key* pada basis data, sehingga setiap output akan menunjuk satu identitas, yaitu pemilik dari sidik jari tersebut.

Pada modul *recognition* ini, ditambahkan juga penghitungan *error rate*. *Error Rate* akan menampilkan *False Non-Match Rate* dan *False Match Rate* dari kumpulan data yang ada. Jika terjadi identifikasi yang salah maka akan tertulis *False Match* dan jika suatu citra tidak dapat teridentifikasi maka terjadi *False Non Match*. Data *False*

Match dan False Non Match akan dimasukkan ke dalam file bertipe \*.csv, yang dapat dibuka pada Microsoft Excel. Gambar 7 berikut ini adalah tampilan dari modul *recognition*:



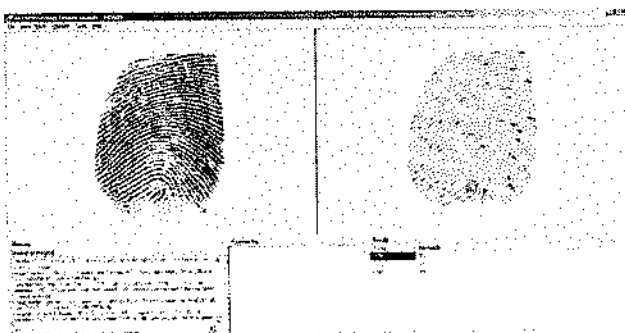
Gambar 7. Hasil *Recognize*

### VII. PERANGKAT LUNAK VERIFINGER

Perangkat lunak Verifinger merupakan perangkat lunak paten yang dibuat oleh Neurotechnology Algoritma Verifinger mengikuti algoritma identifikasi sidik jari yang diterima secara umum, yaitu dengan pendekatan *minutiae* dan dilengkapi algoritma lain untuk meningkatkan kinerja dan keandalan sistem. Berikut beberapa penjelasan dari perangkat lunak Verifinger [9] :

1. Keandalan yang tinggi dalam menghadapi deformasi sidik jari.
2. Toleransi terhadap sidik jari, rotasi, dan deformasi
3. Identifikasi yang cepat dengan menggunakan *pre-sorted database entries*
4. Penentuan kualitas gambar (hanya kualitas terbaik yang disimpan ke dalam database).
5. *Adaptive image filtration* (menghilangkan *noise*, *ridge* yang rusak untuk ekstraksi *minutiae* yang baik)
6. Fitur modus generalisasi (modus pendaftaran sidik jari dari satu himpunan sidik jari yang sama)

Gambar 8 berikut ini adalah tampilan dari perangkat lunak Verifinger:



Gambar 8. Tampilan Identifikasi Verifinger

### VIII. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase keakuratan identifikasi sidik jari kedua perangkat lunak akan dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ keakuratan} = \frac{\text{jumlah sidik jari yang terdeteksi} \times 100\%}{\text{jumlah sidik jari yang diuji}}$$

Dari percobaan 750 citra sidik jari yang diujicobakan, perangkat lunak dengan metode wavelet dan backpropagation dapat mengenali 94.8 % dengan nilai *False Match Rate* (FMR) sebesar 0.67 % yaitu 5 citra salah diidentifikasi, sedangkan nilai *False Non Match Rate* (FNMR) sebesar 4.53 % yaitu 34 citra tidak dapat diidentifikasi. Perangkat lunak Verifinger dapat mengenali 98.37 % dari 734 citra sidik jari dengan nilai *False Match Rate* (FMR) sebesar 0.54 % yaitu 4 citra salah diidentifikasi, sedangkan nilai *False Non Match Rate* (FNMR) sebesar 1.08 % yaitu 8 citra tidak dapat dikenali. Pada perangkat lunak Verifinger diujicobakan 750 data tetapi terdapat 16 citra sidik jari yang tidak memasuki kriteria atau tidak memenuhi standar dari perangkat lunak Verifinger tersebut sehingga tidak dapat digunakan. Perangkat lunak Verifinger mempunyai batasan kriteria ini agar penyimpanan data pada Verifinger hanya mempelajari dari suatu citra sidik jari yang baik.

Dari segi waktu proses, rata-rata waktu proses identifikasi pada perangkat lunak metode wavelet dan backpropagation adalah 572 ms, sedangkan rata-rata waktu proses identifikasi pada perangkat lunak Verifinger adalah 374 ms. Uji coba kedua perangkat lunak menggunakan komputer yang sama yaitu Intel Core i3 3.07 GHz, 3.00 GB RAM, Windows XP Service Pack 2. Tabel 1 di bawah ini meringkas hasil-hasil yang diuraikan di atas.

Tabel 1 Hasil Pengujian *Performance* dan Waktu Proses

Data	Wavelet dan Backpropagation		Verifinger
	750 citra	734 citra	734 citra
FNMR	4.53 %	4.36 %	1.08 %
FMR	0.67 %	0.68 %	0.54 %
Keakuratan Hasil	94.8 %	94.96 %	98.37 %
Rata-rata waktu proses	572 ms		374 ms

### IX. KESIMPULAN

Dari hasil uji coba 750 citra sidik jari kedua perangkat lunak, dapat disimpulkan bahwa perangkat lunak berbasis *minutiae* yang diwakili oleh Verifinger lebih akurat dalam identifikasi sidik jari dibandingkan perangkat lunak berbasis *non-minutiae* yang diwakili oleh perangkat lunak dengan metode wavelet dan backpropagation. Hasil ini sesuai dengan literatur [1]

bahwa pendekatan *minutiae* mempunyai tingkat keakuratan lebih tinggi dikarenakan lebih mampu mengekstraksi, menganalisa dan memilah ciri-ciri khusus dari sidik jari.

Sedangkan dari segi rata-rata waktu proses, Verifinger lebih cepat dalam identifikasi sidik jari dibandingkan perangkat lunak dengan metode wavelet dan backpropagation. Hasil ini berlawanan dengan literatur [7]. Hal ini disebabkan karena *code* pada Verifinger sudah dioptimasi. Sedangkan *code* dari perangkat lunak yang dibuat sendiri dengan metode wavelet dan backpropagation belum dioptimasi. Sehingga pada prinsipnya waktu proses keduanya tidak bisa dibandingkan begitu saja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alonso, F., Fernandez, Bigun, J., Fierrez, J., Fronthaler, H., Kollreider, K., "Fingerprint Recognition", 2009.
- [2] Ashbaugh, DR., "Quantitative-Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology", CRC Press, 1999.
- [3] Edwards, T., "Discrete Wavelet Transforms: Theory and Implementation", Stanford University, 1991.
- [4] Gazali, W. dan Gunawan, A.A.S., "Analisis dan Pembuatan Sistem Pengenalan Sidik Jari Berbasis Komputer di Polda Metro Jaya", Proceeding Seminar Nasional Matematika 2011, Unpar – Bandung, 2011.
- [5] Jain, A., Hong, L., Pankanti, S., Bolle, R., "An Identity Authentication System Using Fingerprints", Department of Computer Science Michigan State University, 1997.
- [6] Maltoni, D., Maio, D., Jain, A.K., dan Prabhakar, S., "Handbook of Fingerprint Recognition", Springer, New York, 2003.
- [7] Shashi, K., Raja, K.B., Chhotaray, R.K., Sabyasachi, P., "DWT Based Fingerprint Recognition using Non Minutiae Features", IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 2, March 2011.
- [8] Thornton, J., Latent Fingerprints, Setting Standards In The Comparison and Identification, 84th Annual Training Conference of the California State Division of IAI, 2000.
- [9] <http://www.neurotechnology.com/verifinger.html>
- [10] <http://biometrics.idealtest.org/>