

IDENTIFIKASI SIDIK JARI MENGGUNAKAN TEKNIK PENCOCOKAN *TEMPLATE* TAPIS GABOR

R. Rizal Isnanto, Achmad Hidayatno, Muhammad Nur Hadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
Jl. Prof. H. Sudharto, S.H., Tembalang, Semarang, Jawa Tengah
e-mail: rizal_isnanto@yahoo.com, rizal@elektro.ft.undip.ac.id

Abstrak

Sistem autentikasi menggunakan pola sidik jari telah terbukti akurasinya sebagai identifikasi seseorang. Identifikasi pola sidik jari secara signifikan oleh mata sulit untuk dilakukan. Pada penelitian ini dirancang sistem yang dapat mengenali sebuah citra sidik jari dan mengenali siapa pemiliknya. Langkah-langkah pengembangan aplikasinya meliputi: akuisisi data, segmentasi, ekstraksi ciri, dan identifikasi. Metode untuk ekstraksi ciri citra sidik jari menggunakan tapis Gabor. Tapis ini akan menapis data citra yang dimasukkan menjadi beberapa template, kemudian akan dibandingkan dengan template yang sudah tersimpan di basisdata. Pemilihan template dilakukan dengan membandingkan vektor ciri dari template tersebut dengan template pada basisdata. Template yang memiliki jarak Euclidean minimum dipilih sebagai sidik jari yang dikenali. Pada penelitian ini digunakan 160 citra sidik jari yang terdiri atas 15 responden untuk basisdata dengan tiap responden diambil 10 data dan ditambah 10 citra di luar responden tersebut. Dari penelitian diperoleh kesimpulan bahwa sistem memiliki prosentase tingkat keberhasilan dalam mengenali sidik jari sebesar 91,333% untuk pengujian tanpa data di luar responden dan tanpa nilai ambang; serta 90,625% untuk pengujian dengan menyertakan data di luar responden dan dengan nilai ambang 51,355.

Kata-kunci: sidik jari, ekstraksi ciri, Gabor, Euclidean

1. PENDAHULUAN

Ciri khas yang dimiliki suatu guratan pola sidik jari berbeda antara satu orang dengan orang lain. Sifat khas yang dimiliki oleh sidik jari antara lain[1]:

- Perennial nature*, yaitu guratan-guratan pada sidik jari yang melekat pada kulit manusia seumur hidup.
- Immutability*, yaitu sidik jari seseorang tidak pernah berubah, kecuali mendapatkan kecelakaan yang serius.
- Individuality*, pola sidik jari adalah unik dan berbeda untuk setiap orang.

Perbedaan pola dari sidik jari tersebut bisa digunakan sebagai identifikasi seseorang. Pola adalah entitas yang terdefinisi dan dapat diidentifikasi melalui ciri-cirinya. Ciri-ciri tersebut digunakan untuk membedakan suatu pola dengan pola lainnya. Ciri yang bagus adalah ciri yang memiliki daya pembeda yang tinggi, sehingga pengelompokan pola berdasarkan ciri yang dimiliki dapat dilakukan dengan keakuratan yang tinggi[6].

Alihragam Fourier merupakan alihragam matematis yang paling sering diterapkan untuk mengekstraksi kandungan frekuensi dari sebuah sinyal[2]. Alihragam Fourier hanya dapat memberikan informasi sinyal dalam kawasan frekuensi tanpa mengacu pada kawasan waktu. Penelitian mengenai model pandang manusia mengusulkan sajian internal spasial/frekuensi yang mampu melindungi baik informasi global maupun lokal. Dengan alihragam Fourier, tidak dimungkinkan untuk melakukan analisis spasial/spasial-frekuensi.

Berlawanan dengan Fourier, STFT (*Short Time Fourier Transform*) dapat mencapai fungsi spasial-frekuensi dan didefinisikan sebagai berikut:

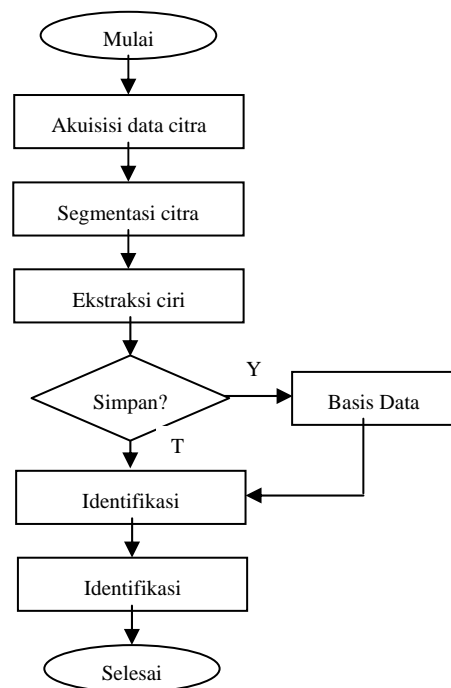
$$STFT(\tau, \omega) = \int s(t)g(t - \tau) \exp(-j\omega t) dt \dots\dots\dots(1)$$

Dari definisi ini, STFT dapat diinterpretasikan sebagai alihragam Fourier dari sinyal dengan jendela $g(t - \tau)$. STFT dengan jendela Gaussian disebut alihragam Gabor. Alihragam Gabor dapat dipandang sebagai sinyal yang dikonvolusi dengan bank-tapis, dengan tanggapan impuls dalam kawasan waktu adalah Gaussian yang dimodulasi dengan gelombang sinus dan kosinus.

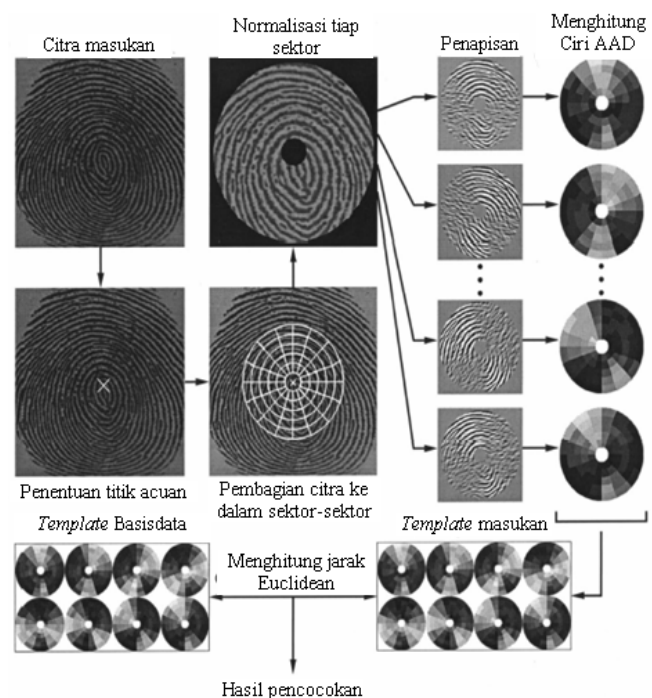
Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu perangkat lunak yang bisa mengenali pola citra sidik jari manusia secara otomatis dengan menggunakan teknik pencocokan dari template yang dihasilkan oleh tapis Gabor. Tapis ini akan menapis data citra yang dimasukkan menjadi beberapa template, yang nantinya akan dibandingkan dengan template yang sudah tersimpan di basisdata. Perbandingan dilakukan dengan menggunakan jarak Euclidean dan proses identifikasi dilakukan dengan memilih jarak Euclidean yang paling kecil.

2. METODE PENELITIAN

Diagram alir sistem dan alur proses identifikasi sidik jari pada penelitian ini adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2 berikut.



Gambar 1. Diagram alir sistem identifikasi sidik jari



Gambar 2. Alur proses identifikasi citra sidik jari

2.1. Akuisisi Data Citra

Akuisisi data citra dilakukan dengan menggunakan alat pemindai khusus sidik jari. Pemindai yang digunakan adalah *Fingerprint Scanner for Security System* dengan merk *Billionton*. Sensor alat ini berukuran 6,5mm x 6,5mm. Citra sidik jari yang dihasilkan berukuran 144x144 piksel dengan resolusi 500 PPI (*pixel per inch*). Format citra dalam bentuk *Windows Bitmap Graphics (*.bmp)*.

Responden atau pemilik data berjumlah 20 orang dengan perincian 15 orang untuk dijadikan basisdata (selanjutnya disebut Responden A) dan 5 orang untuk data uji di luar basisdata (disebut Responden B). Untuk tiap Responden A, diambil 10 data citra, sedangkan untuk tiap Responden B diambil 2 data citra. Total data yang didapat berjumlah 160 citra.

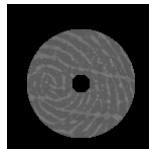
Citra yang diambil saat akuisisi tidak semuanya bisa digunakan. Beberapa alasan citra tidak bisa digunakan disini disebabkan karena:

- a. Kesalahan dalam pendeteksian titik acuan,
- b. Letak titik acuan yang terletak di pinggir citra yang menyebabkan area lingkaran segmentasi terpotong.

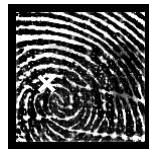
Citra yang memenuhi syarat adalah citra yang letak titik acuannya benar (bisa terlihat dengan mata biasa) dan letaknya di dalam citra tidak membuat lingkaran segmentasi terpotong, seperti ditunjukkan pada Gambar 3, 4 dan 5.



(a)



(b)



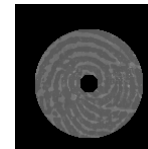
(a)



(b)



(a)



(b)

Gambar 3. Citra dengan kesalahan letak titik acuan; (a) Citra masukan; (b) Lingkaran segmentasi

Gambar 4. Citra dengan lingkaran segmentasi terpotong; (a) Citra masukan; (b) Lingkaran segmentasi

Gambar 5. Citra yang memenuhi syarat; (a) Citra masukan; (b) Lingkaran segmentasi

Citra-citra yang memenuhi syarat kemudian dipilih kembali untuk data citra yang akan diolah, baik itu sebagai data simpan maupun data uji. Jumlah data yang diambil sebanyak 10 citra untuk tiap Responden A.

Metode yang digunakan dalam pemilihan data citra yang akan disimpan dalam basisdata adalah dengan membandingkan satu data citra dengan data citra yang lainnya. Data dengan nilai rerata paling kecil merupakan data yang disimpan ke dalam basisdata yang mewakili pemilik data tersebut.

2.2. Segmentasi Citra

Segmentasi dilakukan untuk memilih dan memisahkan objek dari citra secara keseluruhan. Objek tersebut merupakan bagian dari citra yang akan diolah atau dianalisis.

2.2.1. Penentuan Titik Acuan (*Reference Point*)

Titik acuan dari citra sidik jari didefinisikan sebagai titik maksimum kurva pada guratan berbentuk konkaf. Didefinisikan seperti ini karena pada sidik jari manusia selain memiliki guratan berbentuk konkaf juga terkadang ada yang memiliki bentuk konveks[4].

2.2.2. Teselasi Citra

Teselasi citra adalah membagi citra kedalam sektor-sektor. Sektor-sektor yang dibuat memiliki bentuk lingkaran dengan titik acuan sebagai titik pusat lingkaran.

2.3. Ekstraksi Ciri dengan Tapis Gabor

2.3.1. Normalisasi

Sebelum dilakukan penapisan, objek yang sudah didapat, dinormalisasi secara terpisah tiap sektornya ke dalam konstanta rerata dan varians. Normalisasi digunakan untuk menghilangkan efek gangguan sensor dan derajat keabuan pada perbedaan tekanan sidik jari.

Misal $I(x, y)$ merupakan nilai keabuan pada piksel (x, y) , M_i dan V_i perkiraan rerata dan varians dari sektor S_i , dan $N_i(x, y)$ adalah nilai derajat keabuan yang ternormalisasi, maka untuk tiap sektor S_i maka:

$$N_i(x, y) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{V_0 \cdot x(I(x, y) - M_i)^2}{V_i}} & \text{jika } I(x, y) > M_i \\ M_0 - \sqrt{\frac{V_0 \cdot x(I(x, y) - M_i)^2}{V_i}} & \text{yang lain (2)} \end{cases}$$

dengan M_0 dan V_0 merupakan nilai rerata dan varians yang diinginkan.

2.3.2. Tapis Gabor

Tapis Gabor yang dibuat adalah tapis Gabor simetris, yaitu tapis yang berpusat di (0,0). Persamaan umum tapis Gabor dalam kawasan spasial sebagai berikut.

$$G(x, y; f, \theta) = \exp\left\{\frac{-1}{2}\left[\frac{x'^2}{\delta_{x'}^2} + \frac{y'^2}{\delta_{y'}^2}\right]\right\} \cos(2\pi fx') \dots\dots\dots (3)$$

$$x' = x \sin \theta + y \cos \theta \dots\dots\dots (4)$$

$$y' = x \cos \theta - y \sin \theta \dots\dots\dots (5)$$

2.3.3. Ekstraksi Vektor Ciri

Ciri yang digunakan adalah nilai AAD (*Average Absolute Deviation*) atau simpangan rerata dari tiap sektor. Dengan $F_{i\theta}(x, y)$ merupakan citra ditapis arah θ untuk sektor S_i , nilai ciri $V_{i\theta}$ adalah simpangan mutlak rerata dari rerata yang didefinisikan:

$$V_{i\theta} = \frac{1}{n_i} \left(\sum_{n_i} |F_{i\theta}(x, y) - P_{i\theta}| \right) \dots\dots\dots (6)$$

dengan n_i adalah jumlah piksel pada S_i dan

$P_{i\theta}$ adalah rerata nilai piksel dari $F_{i\theta}(x, y)$ pada sektor S_i .

2.4. Klasifikasi dengan Jarak Euclidean

Pencocokan sidik jari didasarkan pada perhitungan jarak *Euclidean* antar kode sidik jari. Jarak *Euclidean* ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$d\epsilon = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_i - vd_i)^2} \dots\dots\dots (7)$$

dengan $d\epsilon$: jarak Euclidean
 v_i : vektor ciri masukan
 vd : vektor ciri basisdata
 i : jumlah vektor ciri

2.5. Manajemen Basisdata

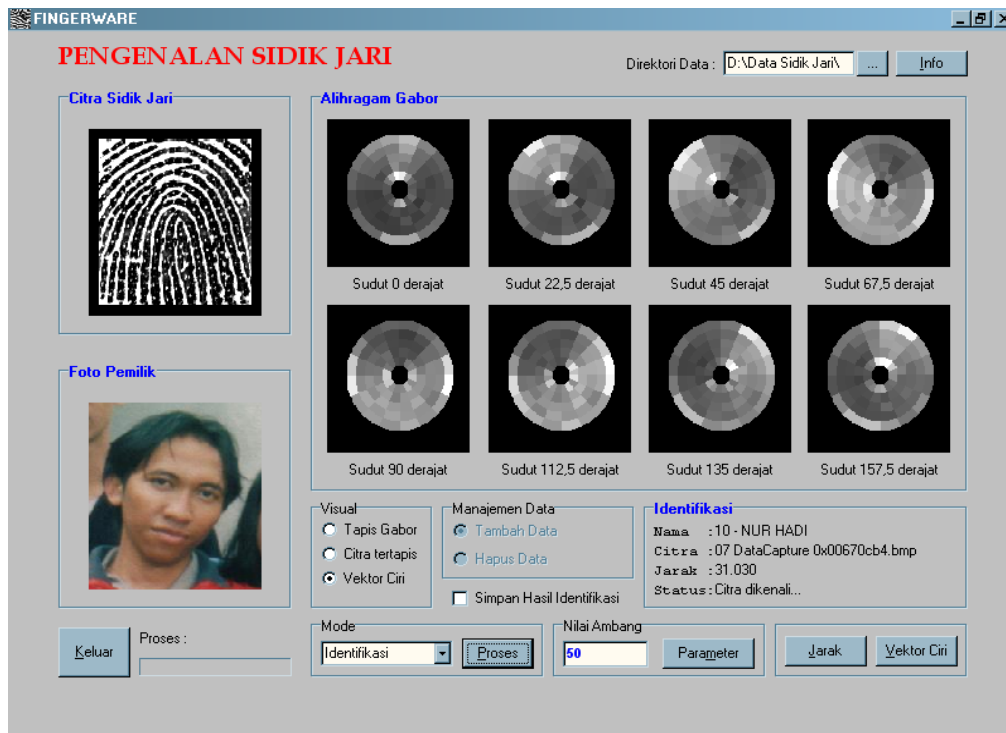
Perangkat lunak juga dirancang dengan fasilitas untuk mengatur basisdata. Pada intinya dalam pengaturan basisdata ini adalah pengolahan terhadap kode sidik jari yang diperoleh dari setiap ekstraksi citra. Fasilitas yang ada pada pengaturan basisdata antara lain: fasilitas tambah data dan fasilitas hapus data.

2.6. Hasil Identifikasi

Hasil identifikasi diperoleh dengan cara mengambil data dengan nilai jarak *Euclidean* paling kecil. Hasil identifikasi dibedakan menjadi: dikenali benar, dikenali salah, tidak dikenali benar dan tidak dikenali salah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat lunak yang dibuat mempunyai sebuah jendela utama dan beberapa jendela pendukung. Jendela utama merupakan jendela yang digunakan untuk proses berjalannya sistem utama, sedangkan jendela pendukung digunakan untuk proses-proses yang mendukung sistem utama. Tampilan jendela utama ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan jendela Utama

Selain jendela utama di atas terdapat juga jendela pendukung, antara lain: jendela Vektor Ciri, jendela Jarak Euclidean, jendela Tambah Data, jendela Hapus Data, jendela Parameter, jendela Direktori Data, jendela Zoom, jendela Informasi, dan jendela Bantuan.

3.1. Pengujian Tanpa Nilai Ambang

Pada pengujian ini tidak menggunakan nilai ambang, sehingga semua citra masukan pasti akan dikenali sebagai salah satu data dari basisdata. Pada pengujian ini Responden B tidak diikutkan karena pasti akan dikenali sebagai salah satu Responden A. Dari pengujian yang dilakukan terhadap semua data yang ada, didapatkan nilai jarak Euclidean seperti pada Tabel 1.

Prosentase tingkat keberhasilan dari pengujian tersebut di atas bisa dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{Keberhasilan} &= \frac{\sum \text{Benar}}{\sum \text{Data}} \times 100\% \\ &= \frac{137}{150} \times 100\% \\ &= 91,333\% \end{aligned}$$

3.2. Pengujian dengan Nilai Ambang

Nilai ambang disini dipilih dari pengujian tanpa nilai ambang. Jarak dari suatu data yang paling besar dan hasil identifikasinya benar adalah nilai yang digunakan sebagai nilai ambang. Dari pengujian tanpa nilai ambang, didapatkan nilai tersebut dari **Data 07** milik Responden A bernama **Lilik**, yaitu sebesar 51,355.

Pada pengujian ini data Responden B diikutkan. Penggunaan nilai ambang 51,355 tersebut membuat perubahan pada hasil pengujian. Perubahan tersebut bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian responden A tanpa nilai ambang

Responden A		Jarak Euclidean	Status Dikenali	Hasil Identifikasi
01. Aries	Data 01	37,852	Aries	Benar
	Data 02	24,732	Aries	Benar
	Data 03	38,179	Aries	Benar
	Data 04	34,709	Aries	Benar
	Data 05	26,569	Aries	Benar
	Data 06	0	Aries	Benar
	Data 07	33,016	Aries	Benar
	Data 08	29,995	Aries	Benar
	Data 09	35,596	Aries	Benar
	Data 10	38,581	Aries	Benar
02. Coyo	Data 01	46,633	Coyo	Benar
	Data 02	39,911	Coyo	Benar
	Data 03	41,556	Coyo	Benar
	Data 04	40,347	Hanif	Salah
	Data 05	0	Coyo	Benar
	Data 06	30,887	Coyo	Benar
	Data 07	32,053	Coyo	Benar
	Data 08	43,295	Coyo	Benar
	Data 09	32,379	Coyo	Benar
	Data 10	34,432	Coyo	Benar
03. Farkhan	Data 01	30,786	Farkhan	Benar
	Data 02	43,000	Yudi	Salah
	Data 03	37,835	Farkhan	Benar
	Data 04	43,269	Hisyam	Salah
	Data 05	27,200	Farkhan	Benar
	Data 06	41,168	Farkhan	Benar
	Data 07	39,780	Farkhan	Benar
	Data 08	0	Farkhan	Benar
	Data 09	43,810	Farkhan	Benar
	Data 10	40,293	Farkhan	Benar
04. Hanif	Data 01	43,923	Luthfi	Salah
	Data 02	47,525	Yudi	Salah
	Data 03	40,921	Hanif	Benar
	Data 04	43,225	Hanif	Benar
	Data 05	43,400	Hanif	Benar
	Data 06	29,207	Hanif	Benar
	Data 07	41,267	Hanif	Benar
	Data 08	40,065	Hanif	Benar
	Data 09	15,640	Hanif	Benar
	Data 10	0	Hanif	Benar
05. Hisyam	Data 01	42,142	Pramono	Salah
	Data 02	25,784	Hisyam	Benar
	Data 03	0	Hisyam	Benar
	Data 04	24,259	Hisyam	Benar
	Data 05	28,755	Hisyam	Benar
	Data 06	34,662	Hisyam	Benar
	Data 07	34,153	Hisyam	Benar
	Data 08	32,374	Hisyam	Benar
	Data 09	32,547	Hisyam	Benar
	Data 10	24,704	Hisyam	Benar
06. Lilik	Data 01	0	Lilik	Benar
	Data 02	29,187	Lilik	Benar
	Data 03	36,700	Lilik	Benar
	Data 04	38,318	Lilik	Benar
	Data 05	30,855	Lilik	Benar
	Data 06	39,889	Lilik	Benar
	Data 07	51,355	Lilik	Benar
	Data 08	51,969	Muslimin	Salah
	Data 09	39,178	Lilik	Benar
	Data 10	33,163	Lilik	Benar
07. Luthfi	Data 01	32,635	Luthfi	Benar
	Data 02	36,114	Luthfi	Benar
	Data 03	0	Luthfi	Benar
	Data 04	26,072	Luthfi	Benar
	Data 05	29,125	Luthfi	Benar
	Data 06	26,657	Luthfi	Benar
	Data 07	31,421	Luthfi	Benar
	Data 08	25,342	Luthfi	Benar
	Data 09	20,747	Luthfi	Benar
	Data 10	30,488	Luthfi	Benar
08. Maman	Data 01	43,314	Maman	Benar
	Data 02	49,439	Maman	Benar
	Data 03	49,845	Luthfi	Salah
	Data 04	37,535	Maman	Benar
	Data 05	32,278	Maman	Benar
	Data 06	16,934	Maman	Benar
	Data 07	0	Maman	Benar
	Data 08	50,495	Yoko	Salah
	Data 09	38,589	Maman	Benar
	Data 10	34,184	Maman	Benar
09. Muslimin	Data 01	40,877	Muslimin	Benar
	Data 02	43,344	Muslimin	Benar
	Data 03	39,313	Muslimin	Benar
	Data 04	48,759	Muslimin	Benar
	Data 05	28,068	Muslimin	Benar
	Data 06	34,669	Muslimin	Benar
	Data 07	0	Muslimin	Benar
	Data 08	47,033	Muslimin	Benar
	Data 09	37,012	Muslimin	Benar
	Data 10	50,250	Muslimin	Benar
10. Nur Hadi	Data 01	29,962	Nur Hadi	Benar
	Data 02	42,204	Nur Hadi	Benar
	Data 03	24,005	Nur Hadi	Benar
	Data 04	35,768	Nur Hadi	Benar
	Data 05	32,790	Nur Hadi	Benar
	Data 06	0	Nur Hadi	Benar
	Data 07	31,030	Nur Hadi	Benar
	Data 08	26,892	Nur Hadi	Benar
	Data 09	29,054	Nur Hadi	Benar
	Data 10	22,861	Nur Hadi	Benar
11. Pramono	Data 01	34,934	Pramono	Benar
	Data 02	35,160	Pramono	Benar
	Data 03	24,542	Pramono	Benar
	Data 04	6,918	Pramono	Benar
	Data 05	0	Pramono	Benar
	Data 06	42,893	Pramono	Benar
	Data 07	32,248	Pramono	Benar
	Data 08	35,301	Pramono	Benar
	Data 09	34,423	Pramono	Benar
	Data 10	47,197	Yudi	Salah
12. Prio	Data 01	30,823	Prio	Benar
	Data 02	39,645	Prio	Benar
	Data 03	34,864	Prio	Benar
	Data 04	37,267	Prio	Benar
	Data 05	36,207	Prio	Benar
	Data 06	46,914	Yudi	Salah
	Data 07	38,074	Prio	Benar
	Data 08	34,508	Prio	Benar
	Data 09	30,211	Prio	Benar
	Data 10	0	Prio	Benar
13. Sigit	Data 01	33,107	Sigit	Benar
	Data 02	27,309	Sigit	Benar
	Data 03	46,066	Yudi	Salah
	Data 04	0	Sigit	Benar
	Data 05	25,214	Sigit	Benar
	Data 06	36,788	Sigit	Benar
	Data 07	42,959	Hisyam	Salah
	Data 08	34,476	Sigit	Benar
	Data 09	40,544	Sigit	Benar
	Data 10	41,822	Sigit	Benar
14. Yoko	Data 01	38,432	Yoko	Benar
	Data 02	34,848	Yoko	Benar
	Data 03	45,441	Yoko	Benar
	Data 04	39,137	Yoko	Benar
	Data 05	25,819	Yoko	Benar
	Data 06	0	Yoko	Benar
	Data 07	25,337	Yoko	Benar
	Data 08	37,714	Yoko	Benar
	Data 09	33,184	Yoko	Benar
	Data 10	44,823	Yoko	Benar
15. Yudi	Data 01	38,092	Yudi	Benar
	Data 02	37,025	Yudi	Benar
	Data 03	25,289	Yudi	Benar
	Data 04	35,717	Yudi	Benar
	Data 05	35,159	Yudi	Benar
	Data 06	28,890	Yudi	Benar
	Data 07	25,023	Yudi	Benar
	Data 08	29,412	Yudi	Benar
	Data 09	27,879	Yudi	Benar
	Data 10	0	Yudi	Benar

Tabel 2. Hasil pengujian dengan nilai ambang 51,355

Responden A dan B		Jarak Euclidean	Status Dikenali	Hasil Identifikasi
06. Lilik	Data 09	51,969	Tidak Dikenali	Salah
Data Luar 1	Data 01	59,673	Tidak Dikenali	Benar
	Data 02	57,758	Tidak Dikenali	Benar
Data Luar 2	Data 01	54,884	Tidak Dikenali	Benar
	Data 02	54,633	Tidak Dikenali	Benar
Data Luar 3	Data 01	63,676	Tidak Dikenali	Benar
	Data 02	60,879	Tidak Dikenali	Benar
Data Luar 4	Data 01	51,143	Yoko	Salah
	Data 02	50,690	Maman	Salah
Data Luar 5	Data 01	56,279	Tidak Dikenali	Benar
	Data 02	53,567	Tidak Dikenali	Benar

Pada **Data 09** Responden A bernama **Lilik** tidak mengalami perubahan hasil identifikasi, yaitu tetap diidentifikasi **Salah**. Tetapi status dikenalnya berubah dari dikenali sebagai **Muslimin** menjadi **Tidak Dikenali**. Dengan nilai ambang 51,355 ini, prosentase untuk sistem tanpa mengikutkan data luar tidak berubah. Tetapi jika mengikutkan data luar, hasil perhitungannya menjadi seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \% \text{Keberhasilan} &= \frac{\sum \text{Benar}}{\sum \text{Data}} \times 100\% \\
 &= \frac{145}{160} \times 100\% \\
 &= 90,625\%
 \end{aligned}$$

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perangkat lunak sistem identifikasi sidik jari dengan tapis Gabor yang dirancang berhasil mengidentifikasi sidik jari dengan baik.
2. Nilai ambang memiliki pengaruh pada hasil identifikasi. Semakin besar nilai ambang semakin besar data dikenali sebagai data pada basisdata, baik dikenali benar maupun dikenali salah, begitu juga sebaliknya. Tanpa nilai ambang, semua data masukan akan dikenali sebagai salah satu data pada basisdata.
3. Hasil pengujian tanpa data luar (dengan maupun tanpa nilai ambang) diperoleh prosentase tingkat keberhasilan sebesar 91,333%, sedangkan hasil pengujian dengan data luar dan nilai ambang 51,355 diperoleh prosentase tingkat keberhasilan sebesar 90,625%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elvayandri, "Sistem Keamanan Akses Menggunakan Pola Sidik Jari Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan", Projek Akhir Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung, 2001.
- [2] Jain, A.K., "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall of India, 1989.
- [3] Jain, A.K., S. Phabhakar, L. Hong, and S. Pankanti, "Filterbank-Based Fingerprint Matching", IEEE Transactions on Image Processing, 2000.
- [4] Masters, T., "Signal and Image Processing with Neural Networks. A C++ Sourcebook", John Wiley & Sons, Inc., 1994.
- [5] Munir, M.U. and Javed, M.Y., "Fingerprint Matching using Gabor Filters", College of Electrical and Mechanical Engineering, National University Science and Technology, Rawalpindi, Pakistan, 2004.
- [6] Rehan, N. and Rashid, K., "Multi-matcher Based Fingerprint Identification System", Department of Computer Science, International Islamic University, Islamabad, Pakistan, 2004.

- [7] Schalkoff, R.J., "**Digital Image Processing and Computer Vision**", John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- [8] Wahana-Komputer, "**Pemrograman Borland Delphi 7.0**", ANDI, Yogyakarta, 2003.
- [9] Wang, P., S.N. Yanushkevich, and V.P. Shmerko, "**Using Polar Transform of Orientation Map in The Task of Generation of Synthetic Fingerprints**", Department of Electrical and Computer Engineering, University of Calgary, Canada, 2005.
- [10], "**Image Processing Toolbox User's Guide**", The MathWorks, Inc., Natick, MA.,1998.