

APLIKASI PENGENALAN SIDIK JARI DENGAN *WAVELET SYMLET* DAN *WAVELET DAUBECHIES* MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN PERAMBATAN BALIK

Ruhi Agatha Tarigan
Achmad Hidayatno
Ajub Ajulian Zahra

ABSTRACT

Identification of a personal identity by using a password or card is not classified as safety system because the security system is impenetrable when the password or the card is used by other users. Given these shortages, biometric recognition techniques must be developed. Biometric recognition techniques based on the characteristics of human nature, such as the behavioral characteristics and physiological characteristics such as face, fingerprint, voice, palm, iris, DNA, and signatures.

The design of fingerprint recognition application uses two-dimensional discrete wavelet transform to feature extraction and artificial neural network majoring back propagation as learning algorithm and the identification of the system. The purpose of this thesis is to analyze the type of Mother Wavelet with the same level that gives the best recognition rate in the system of fingerprint recognition applications. This final thesis use two types of Mother Wavelet, daubechies4 and symlet2 with the same decomposition level, ie level 2. The results from the decomposition of a fingerprint using a wavelet transform will produce coefficient approximation. The greatest Magnitude approximation of coefficients approximation will be used as input for artificial neural network learning.

Based on training data results, Mother Wavelet composition that gives the best recognition rate is a daubechies4 (db4) with decomposition of 2, equal to 92%. While in testing the data test, The best recognition rate is a network that uses daubechies4 (db4) with the level of decomposition of 2 is equal to 90.4%.

Key words : *discrete wavelet transform 2D, fingerprint recognition, back propagation neural network.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sidik jari merupakan identitas biometrik seseorang yang tidak mungkin sama dengan orang lain. Jika diasumsikan di dunia terdapat 7 miliar orang, maka dapat disimpulkan bahwa ada 7 miliar pola sidik jari yang ada. Dengan kata lain sidik jari manusia bersifat perorangan dan bersifat memiliki pola tetap atau tidak berubah seiring dengan penambahan usia. Berbeda dengan suara manusia, karena suara manusia dapat berubah seiring dengan penambahan usia.

Dalam sistem perangkat lunak, untuk mendapatkan ciri setiap citra sidik jari, maka data mentah dalam kawasan waktu dialihragamkan ke kawasan lain. Untuk itu

digunakan suatu metode yang disebut transformasi. Proses ini diperlukan agar sifat-sifat khas data/informasi tersebut dapat ditonjolkan. Dalam hubungannya dengan citra sidik jari, untuk mendapatkan ciri khas citra seseorang dapat digunakan transformasi *wavelet* diskret 2 dimensi. Transformasi *wavelet* diskret 2 dimensi dapat memisahkan sebuah sinyal menjadi sinyal berfrekuensi tinggi dan rendah untuk mendapatkan informasi yang menjadi ciri khas citra seseorang.

Untuk proses pengenalan dan pengambilan keputusan dari koefisien hasil pencirian dapat digunakan suatu algoritma jaringan saraf tiruan. Algoritma ini merupakan cara penyelesaian masalah dengan

Achmad Hidayatno, Ajub Ajulian Zahra (achmad@elektro.ft.undip.ac.id), adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Soedarto, S.H. Tembalang Semarang 50275.

Ruhi Agatha Tarigan adalah mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Soedarto, S.H. Tembalang Semarang 50275.

mengadopsi tata kerja otak manusia.

Berdasarkan permasalahan di atas, timbul gagasan untuk merancang sistem identifikasi sidik jari menggunakan beberapa jenis *wavelet* induk seperti *wavelet symlet* dan *wavelet daubechies* sebagai ekstraksi ciri. Sistem identifikasi ini diharapkan dapat memberi tingkat pengenalan yang tinggi atau dengan kata lain memiliki persentase keberhasilan yang tinggi.

1.2 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah menganalisis jenis *wavelet* induk dengan tingkat penguraian sama yang memberikan tingkat pengenalan paling baik dalam sistem aplikasi pengenalan sidik jari manusia.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan pembahasan pada Tugas Akhir ini, masalah dibatasi sebagai berikut.

1. *Wavelet* Induk yang digunakan hanya *symlet* dan *daubechies*.
2. Citra sidik jari diambil dari ibu jari tangan kanan setiap responden.
3. Saat pengambilan data, sidik jari dalam keadaan bersih dan normal.
4. Citra yang digunakan sebagai data uji maupun data pustaka memiliki ukuran yang sama yaitu 144x144 piksel (citra keabuan).
5. Proses pengambilan data tidak terhubung langsung dengan sistem.
6. Algoritma jaringan saraf tiruan yang digunakan adalah algoritma jaringan saraf tiruan perambatan balik.
7. Sistem yang dirancang menggunakan *library* pada *Matlab*

II. LANDASAN TEORI

2.1 Pengenalan Pola

Pengenalan pola (*pattern recognition*) mengalami perkembangan terus menerus dimulai dari pengenalan pola tradisional kemudian menjadi pengenalan pola modern. Pada mulanya pengenalan pola berbasis pada kemampuan alat indera manusia, yakni manusia mampu mengingat suatu informasi pola secara menyeluruh hanya berdasarkan

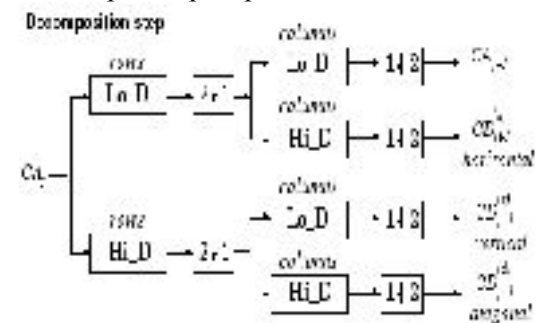
sebagian informasi pola yang tersimpan di dalam ingatannya. Misalnya sebuah bagian citra tertentu dapat membuat seseorang mengingat orang lain secara keseluruhan.

Inti dari pengenalan pola adalah proses pengenalan suatu objek dengan menggunakan berbagai metode dan dalam proses pengenalanya menggunakan pendekatan terhadap pola-pola objek yang telah tersimpan. Suatu pengenalan pola diharapkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Tingkat akurasi tinggi mengandung pengertian bahwa suatu objek yang secara manual (oleh manusia) tidak dapat dikenali tetapi masih dapat dikenali bila menggunakan salah satu metode pengenalan yang diaplikasikan pada komputer. Salah satu contohnya adalah citra sidik jari. Citra sidik jari tidak dapat dikenali oleh indera penglihatan manusia secara langsung, maka diharapkan citra sidik jari tersebut dapat diidentifikasi melalui sistem identifikasi sidik jari.

2.2 Transformasi Wavelet Diskret

Pada kasus diskret, tapis-tapis dengan frekuensi *cut off* yang berbeda-beda digunakan untuk menganalisis sinyal pada skala yang berbeda. Sinyal yang dilewatkan pada sekumpulan tapis lolos atas (HPF) untuk menganalisis frekuensi tinggi dan melewatkan pada tapis pelewat rendah (LPF) untuk menganalisis frekuensi rendah.

Dalam analisis *wavelet* diskret dikenal istilah aproksimasi dan detil. Aproksimasi adalah komponen frekuensi rendah dan skala tinggi sinyal, sedangkan detil adalah komponen frekuensi tinggi dan skala rendah sinyal. Koefisien aproksimasi dan detil didapat melalui proses penapisan.



Gambar 1. Proses penapisan tingkat dasar

Proses penapisan pada tingkat dasar pada Gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut. Citra merupakan sebuah matriks dua dimensi, karena sebuah matriks citra memiliki baris dan kolom. Tahap pertama adalah citra dilewatkan pada rangkaian tapis lolos atas dan tapis lolos bawah pada baris matriks citra. kemudian setengah dari masing-masing keluaran pada tahap pertama dilewatkan pada tapis lolos atas dan tapis lolos bawah pada kolom matriks citra. Setelah tapis lolos rendah dan tapis lolos tinggi dilewatkan pada baris dan kolom maka akan didapatkan parameter berikut ini. Parameter ini yang akan menjadi masukan dalam pencarian koefisien aproksimasi.

- CA j+1 = Hasil lowpass terhadap baris dan kolom
 CD(h) j+1 = Hasil lowpass terhadap baris diteruskan dengan highpass terhadap kolom.
 CD(v) j+1 = Hasil highpass terhadap baris diteruskan dengan lowpass terhadap kolom.
 CD(d) j+1 = Hasil highpass terhadap baris diteruskan dengan highpass terhadap kolom.



Gambar 2. Proses penguraian bertingkat 2

Keluaran dari tapis lolos bawah (LPF) terhadap baris dan kolom digunakan sebagai masukan pada proses penguraian tingkat berikutnya seperti tampak pada Gambar 2. Proses ini diulang sampai tingkat proses penguraian yang diinginkan. Gabungan dari keluaran-keluaran tapis lolos atas (HPF) dan satu keluaran tapis lolos bawah (LPF) yang terakhir, disebut sebagai koefisien *wavelet*,

yang berisi informasi sinyal hasil transformasi yang telah terkompresi.

2.3 Jaringan Saraf Tiruan Perambatan Balik

Jaringan saraf tiruan perambatan balik merupakan salah satu model dari jaringan saraf tiruan umpan maju dengan menggunakan pelatihan terbimbing yang disusun berdasar pada algoritma perambatan galat balik yang didasarkan pada aturan pembelajaran dengan koreksi kesalahan. Secara mendasar, proses dari perambatan galat balik ini terdiri atas dua tahap, yaitu umpan maju dan umpan mundur.

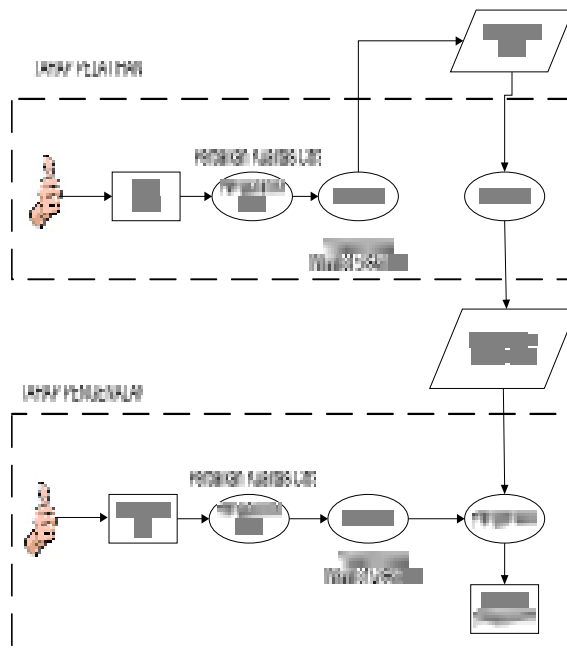
Proses belajar dari jaringan saraf tiruan perambatan balik ini secara garis besar adalah setelah menerima masukan pada lapisan masukan, maka masukan itu akan dirambatkan melewati setiap lapisan di atasnya hingga suatu keluaran dihasilkan oleh jaringan itu. Keluaran yang dihasilkan oleh jaringan akan dibandingkan dengan target keluaran, sehingga suatu galat akan dibangkitkan. Selanjutnya jaringan akan melewati turunan dari galat tersebut ke lapisan tersembunyi dengan menggunakan sambungan berbobot yang masih belum diubah nilainya. Kemudian setiap simpul pada lapisan tersembunyi akan menghitung jumlah bobot dari galat yang dirambatkan balik sebelumnya. Perambatan galat balik inilah yang memberi nama jaringan ini sebagai jaringan perambatan balik.

Setelah masing-masing simpul dari lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran menemukan besarnya galat, maka simpul-simpul ini akan mengubah nilai bobotnya untuk mengurangi galat. Proses ini berlangsung terus-menerus hingga galat yang dihasilkan oleh jaringan tersebut mendekati nol.

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Gambaran Umum

Secara umum blok diagram sistem identifikasi sidik jari yang dirancang dapat ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Identifikasi Sidik Jari

Perancangan sistem terdiri dari 2 tahap yaitu tahap pelatihan jaringan dan tahap pengenalan.

3.1.1 Tahap Pelatihan

Tahap ini merupakan proses awal dalam pembuatan basis data jaringan. Langkah yang pertama kali dilakukan adalah proses pengambilan data berupa sidik jari dari setiap responden. Sebelum dilakukan penyarian ciri, citra sidik jari tersebut terlebih dahulu mengalami tahap pengolahan awal yaitu perbaikan kualitas citra.

Proses selanjutnya barulah dilakukan ekstraksi ciri menggunakan Transformasi *Wavelet* Diskret dan diperoleh struktur-struktur penguraian dari 2 variasi *Wavelet* Induk dengan tingkat penguraian yang sama. Dari struktur penguraian tersebut kemudian dilakukan pencuplikan koefisien untuk mendapatkan koefisien aproksimasi dan diambil koefisien yang memiliki magnitudo terbesar yang akan menjadi data masukan untuk jaringan saraf tiruan. Arsitektur jaringan yang dirancang adalah jaringan saraf tiruan perambatan balik. Langkah selanjutnya adalah tahap pelatihan untuk memperoleh bobot dari 2 jaringan yang telah dirancang. Bobot tersebut disimpan untuk digunakan dalam

proses pengujian jaringan nantinya.

3.1.2 Tahap Pengenalan

Tahap ini merupakan proses kerja dari program pengenalan sidik jari yang dirancang dan untuk menguji keluaran dari 2 jaringan yang telah dirancang sebelumnya telah sesuai atau tidak sesuai dengan target yang diharapkan. Pengguna dapat memilih data citra yang akan dikenali baik itu melalui basis data citra responden yang telah diambil menggunakan perangkat keras *Billionton Fingerprint Security System*.

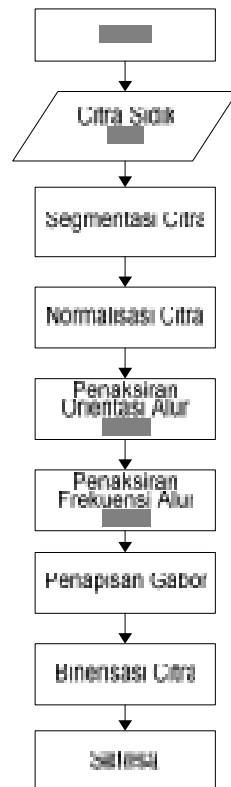
Data citra masukan tersebut akan dilakukan proses pengenalan yang terlebih dahulu melalui tahap pengolahan awal yaitu perbaikan kualitas citra. Hasil keluaran dari proses pengenalan ini adalah identitas pemili sidik jari yang merupakan hasil polling atau pengenalan terbanyak dari hasil pengenalan 2 jaringan. Langkah selanjutnya adalah melihat hasil keluaran pada tiap jaringan untuk menganalisis variasi jenis *Wavelet* Induk dan tingkat penguraian yang memberikan nilai pengenalan tertinggi pada setiap data masukan.

3.2 Pengolahan Awal

Citra masukan merupakan citra sidik jari berukuran 144x144 piksel. Sebelum citra masukan melewati proses ekstraksi ciri, citra masukan diharuskan melewati proses perbaikan kualitas citra. Adapun Proses perbaikan kualitas citra itu sendiri meliputi segmentasi citra, normalisasi citra, penaksiran alur orientasi bukit, penaksiran frekuensi alur bukit, dan binerisasi citra.

Pada proses segmentasi, mula-mula citra dibagi menjadi blok-blok dan standar deviasi skala keabuan dihitung untuk masing-masing blok pada citra. Jika standar deviasinya kurang dari ambang global, maka blok tersebut dinyatakan sebagai daerah latar belakang dan lainnya dinyatakan sebagai daerah latar depan. Setelah segmentasi citra, proses selanjutnya adalah normalisasi citra. Normalisasi digunakan untuk standarisasi nilai intensitas pada suatu citra dengan mengatur interval nilai skala keabuan sehingga berada diantara nilai interval yang diinginkan. Setelah citra

masukannya melewati proses normalisasi, maka selanjutnya citra melewati proses penapisan dengan tapis Gabor. Tapis Gabor digunakan pada citra sidik jari dengan mengkonvolusikan citra dengan tapis.



Gambar 4 Diagram alir perbaikan kualitas citra

Setelah proses penapisan dilakukan binerisasi. Binerisasi dapat dilakukan dengan mengambil nilai ambang sama dengan nol.

3.3 Tahap Pencirian

Kandungan informasi ciri khas seseorang dapat dikenali dari sepeggal ciri khas tertentu. Sebagai contoh, pengenalan rambut seseorang dari bentuk (pola) rambutnya. Dengan kata lain bahwa pada sepeggal ciri khas tersebut terkandung informasi-informasi yang mencirikan orang tersebut. Untuk itulah diperlukan ekstraksi ciri sidik jari untuk dapat mengenali sidik jari seseorang. Namun citra sidik jari yang diekstraksi adalah citra yang telah melewati tahap perbaikan kualitas citra. Hal ini ditujukan agar ekstraksi dapat berjalan dengan lebih baik. Pada Tugas Akhir ini, data citra merupakan citra sidik jari berukuran

144x144 piksel.

Data citra yang telah diperbaiki kualitasnya, selanjutnya akan disarikan menggunakan Transformasi *Wavelet* Diskret 2 Dimensi untuk mendapatkan koefisien aproksimasi. Setelah mendapatkan koefisien aproksimasi, dicari koefisien magnitude terbesar pada setiap koefien aproksimasi.

3.4 Pembuatan Jaringan

Hasil koefisien *magnitude* terbesar dari koefisien aproksimasi dari tahap pencirian yang didapatkan sebelumnya akan dikelompokkan ke dalam 2 kelompok yakni jaringan *daubechies4* tingkat 2 dan jaringan *symlet2* tingkat 2.

Hasil penggolongan 2 kelompok ini dijadikan sebagai set vektor masukan 2 jaringan saraf tiruan yang dirancang. Masukan 2 jaringan tersebut akan melewati proses pembelajaran jaringan. Sedangkan untuk set vektor target keluaran adalah pengelompokan subjek dari basis data citra, yaitu ada sebanyak 50 subjek responden. Akan tetapi untuk jumlah simpul keluaran jaringan yang dirancang adalah sebanyak 100 simpul, hal ini dikarenakan untuk memberikan tingkat pengenalan yang lebih tinggi dan maksimal.

Pada Tugas Akhir ini hanya digunakan 1 lapisan tersembunyi saja yaitu sebanyak 140 buah simpul.

3.5 Pengambilan Keputusan

Pada Tugas Akhir ini penentuan keputusan keluaran pada tiap jaringan menggunakan batas ambang. Jika keluaran nilai tertinggi hasil simulasi pada simpul keluaran kurang dari batas ambang yakni 0,5 maka hasil pengenalannya akan diidentifikasi sebagai responden yang belum dikenali. Akan tetapi jika nilai keluaran di atas batas ambang, maka akan dikenali sebagai salah satu responden dengan mencari letak atau lokasi nilai tertinggi tersebut yang merepresentasikan seorang responden.

Sedangkan untuk penentuan keputusan dari keseluruhan program menggunakan sistem *polling* atau mencari pengenalan dari hasil pengenalan 2 jaringan.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian ini dibagi menjadi dua, yakni pengujian data latih dan pengujian data uji. Pengujian data latih merupakan pengujian yang dilakukan berdasarkan data citra yang telah didapat dan dijadikan sebagai basis data latih saat pembuatan jaringan. Pengujian data uji merupakan pengujian data citra yang tidak dijadikan sebagai basis data saat pelatihan jaringan.

4.1 Pengujian Data Latih

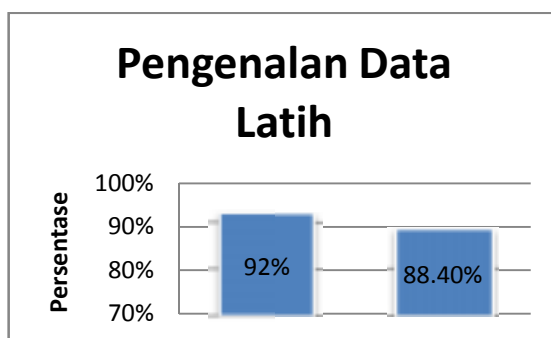
Pada pengujian data latih, citra sidik jari yang digunakan untuk melakukan pengujian merupakan citra sidik jari dari 50 responden yang telah didapat dari *Billionton Fingerprint Security*. Setiap responden memiliki 5 data latih.

Pengujian data latih ini bertujuan untuk mengetahui jenis variasi *Wavelet* Induk dan tingkat penguraian sama yang memberikan tingkat pengenalan paling tinggi terhadap data citra yang dijadikan sebagai basis data jaringan. Hasil tingkat pengenalan jaringan dari pengujian data latih dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Tingkat Pengenalan Jaringan

No	Jaringan	Persentase Pengenalan
1	db4 tingkat 2	92%
2	Sym2 tingkat 2	88,4%

Dari data hasil pengenalan jaringan pada Tabel 1 dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti tampak pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik Tingkat Pengenalan Data Latih

Berdasarkan data hasil pengujian pada

Gambar 5, dapat diketahui bahwa komposisi *Wavelet* Induk yang memberikan tingkat pengenalan paling tinggi adalah jaringan yang menggunakan *wavelet daubechies4 (db4)* dengan penguraian bertingkat 2 yaitu sebesar 92%.

4.2 Pengujian Data Uji

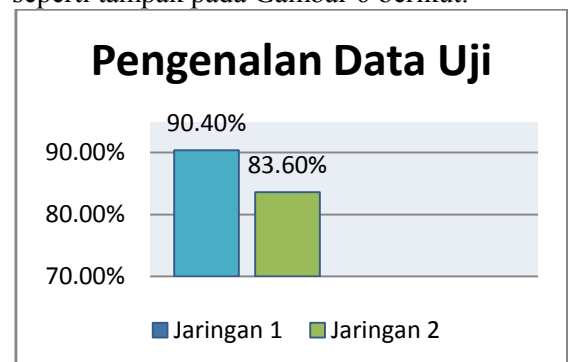
Pada pengujian data uji, data citra yang digunakan untuk melakukan pengujian merupakan data citra dari 50 responden yang telah diambil secara langsung menggunakan *Billionton Fingerprint Security*. Tiap responden memiliki 5 data uji, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat data uji sebanyak 250 sidik jari. Sidik jari yang akan dijadikan data uji tersebut, sebelumnya juga dikenakan proses perbaikan kualitas citra. Sidik jari yang sudah melewati proses perbaikan kualitas citra tersebut akan dijadikan sebagai basis data uji.

Sama halnya dengan pengujian data latih, pengujian data uji ini juga akan menganalisis 2 jaringan yang merupakan perpaduan dari variasi jenis *wavelet* induk dengan tingkat penguraian yang sama. Tabel berikut akan memaparkan hasil pengujian data uji kedua jaringan.

Tabel 2 Hasil Tingkat Pengenalan Jaringan Data Uji

No	Jaringan	Persentase Pengenalan
1	Daubechies4 Tingkat 2	90,4 %
2	Symlet2 Tingkat 2	83,6 %

Dari data hasil pengenalan jaringan pada Tabel 2 dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti tampak pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Tingkat Pengenalan Data uji

Berdasarkan data hasil pengujian data uji pada Gambar 6, dapat diketahui bahwa komposisi *wavelet* induk yang memberikan tingkat pengenalan paling tinggi adalah jaringan yang menggunakan *wavelet daubechies4 (db4)* dengan penguraian bertingkat 2 yaitu sebesar 90,4%.

4.3 Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Pengenalan Pengujian Data

Berdasarkan hasil pengujian data baik data latih maupun data uji, faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengenalan pada program pengenalan sidik jari menggunakan Transformasi *Wavelet* adalah sebagai berikut ini.

1. Penggunaan basis data

Basis data sangat berpengaruh pada akurasi pengenalan, semakin banyak basis data yang digunakan maka ciri karakteristik sidik jari yang diperoleh juga akan semakin beragam, sehingga peluang pengenalan sinyal yang diujikan akan semakin besar

2. Parameter yang digunakan

Penguraian *wavelet* yang tinggi dapat menyebabkan hasil pengenalan menurun. Hal ini dapat terjadi karena pada tingkat penguraian *wavelet* yang terlalu tinggi, citra dipadatkan sedemikian rupa sehingga ukurannya menjadi terlalu kecil dan karakteristik yang terdapat di dalamnya menjadi hilang sehingga tidak dapat dikenali lagi dalam tahap pengujian. Dengan kata lain, kandungan informasi dalam sinyal menjadi hilang.

3. Pelatihan Jaringan

Pelatihan jaringan sangat diperlukan sebagai pembentukan basis data. Pelatihan jaringan syaraf tiruan yang baik adalah pelatihan yang memiliki kesalahan yang sangat kecil dan pembelajaran yang lama. Dengan memiliki kesalahan yang kecil dan tingkat pembelajaran yang lama, maka suatu jaringan akan memiliki bobot yang baik. Bobot tersebut merupakan salah satu hal penting pada saat pengujian, baik itu pengujian data latih, ataupun pengujian

data uji.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian data latih, komposisi *wavelet* induk yang memberikan tingkat pengenalan paling baik adalah jaringan yang menggunakan *wavelet* induk *Daubechies4 (db4)* dengan penguraian bertingkat 2 yaitu sebesar 92 %.
2. Berdasarkan hasil pengujian data latih, tingkat pengenalan terendah pada jaringan pertama terdapat pada responden Dewi, Ery, Farah, Retno, dan Wati dengan persentase pengenalan 60 %.
3. Berdasarkan hasil pengujian data latih, tingkat pengenalan terendah pada jaringan kedua terdapat pada responden Rizki dengan persentase pengenalan 40 %.
4. Berdasarkan hasil pengujian data uji, komposisi *wavelet* induk yang memberikan tingkat pengenalan paling baik adalah jaringan yang menggunakan *wavelet Daubechies4 (db4)* dengan penguraian bertingkat 2 yaitu sebesar 90,4 %.
5. Berdasarkan hasil pengujian data uji, tingkat pengenalan terendah pada jaringan pertama terdapat pada responden Farah dengan persentase pengenalan sebanyak 20 %.
6. Berdasarkan hasil pengujian data uji, tingkat pengenalan terendah pada jaringan kedua terdapat pada responden Rizki dengan persentase pengenalan 20 %.
7. Koefisien dari transformasi *wavelet* sangat mempengaruhi pada proses pengujian. Semakin kecil koefisien yang didapat maka semakin kecil pula persentase pengenalannya dan sebaliknya.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sehubungan dengan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dapat dilanjutkan dengan perancangan sistem pengenalan sidik jari secara online sehingga dapat diaplikasikan secara luas.
 2. Data yang digunakan pada pengenalan sidik jari ini adalah sidik jari yang seragam posisi pengambilannya, pada penelitian selanjutnya, dapat digunakan data sidik jari yang diambil pada beragam posisi pengambilan data.
 3. Pada penelitian berikutnya dapat digunakan induk *wavelet* selain *symlet* dan *daubechies* dan dibandingkan hasil pengenalannya dengan *wavelet* induk *symlet* dan *daubechies*.
- [8] Thay, Raymond. *Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction*. School of Computer Science and Software Engineering, University of Western Australia, 2003.
- [9] Usman Ahmad, *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Division of Health Improvement, *Fingerprint Techniques Manual*, New Mexico Department of Health, 2002.
- [2] Eko Sedyono, Yessica Nataliani, Chrisanty Mariana Rorimpandey, *Klasifikasi Sidik Jari dengan Menggunakan Wavelet Symlet*, Jurnal Informatika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, 2009.
- [3] Endi, Siang, J. J., *“Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab”*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005.
- [4] Legawa Tri, *Pengenalan Pengenalan Sidik Jari Menggunakan Algoritma Pencocokan Adaptif Berdasarkan Penjajaran Minutiae*, Tugas Akhir S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [5] Murmu, Neeta. *Fingerprint Recognition*. Department of Electrical Engineering, National Institute of Technology, 2008.
- [6] Sri Kusumadewi, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB & EXCEL LINK*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.
- [7] Suta Wijaya, Gede Pasek, *Perbandingan beberapa Transformasi Wavelet*

BIODATA PENULIS

Ruhi Agatha Tarigan, lahir di kota Tangerang pada tanggal 27 Januari 1988. Dari TK hingga tamat SMP, penulis menempuh studinya di sekolah Strada Santa Maria I Tangerang. Setelah itu penulis melanjutkan studinya ke SMA AGAPE BK3

Tangerang. Anak kedua dari dua bersaudara ini sedang menyelesaikan studi strata 1 di Teknik Elektro Universitas Diponegoro mengambil Konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I,

Achmad Hidayatno, S.T., M.T.
NIP. 196912211995121001

Dosen Pembimbing II,

Ajub Ajulian Zahra, ST., MT.
NIP. 19710719199802201