

## Research Article

**Aplikasi Metode *Template Matching*  
untuk Klasifikasi Sidik Jari**Bowo Leksono<sup>1</sup>, Achmad Hidayatno<sup>2</sup>, R. Rizal Isnanto<sup>2</sup>

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

**Abstract**

The development of image processing technologies now provide the possibility of human to create a system that can recognize a digital image. One method to recognize a digital image is the template matching. This method serves to find small parts of the image that matches the template image. Among the technologies to solve the problem of image processing is a system of classifying fingerprints into the form of software that is able to process the fingerprint image enhancement and match fingerprint images that have been recorded by the database system and classify fingerprints into a particular class. In this final project made an application that aims to classify the fingerprint image into a particular class using template matching method. Classification process is started with fingerprint image acquisition, images size distorting 256x256, grayscale (gray level), histeq (histogram equalization), binary (image distorting becomes two scales black and white), thinning, image gets to aim, and resize 32x32. The process will then be calculated percentage of similarity with the template fingerprint image file by using the calculation of NC (Normalized Cross Correlation). The biggest percentage value indicates that the template matches the fingerprint image files. The experiment has been done classification process as much as 61 input fingerprint image with each 5 image formats are \*.bmp, \*.gif, \*.jpg, \*.png, and \*.tif, so the total input fingerprint image as much as 305. For image format type \*.bmp, \*. gif, \*. png, and \*.tif on type template Plain Arch, Plain Whorl, and Double Loop point out that its success zoom as big as 100%. On Tented Arch increase supreme success on image format \*.bmp, \*. jpg, \*. png, \*. tif, on Ulnair Loop increase supreme success on image format \*.png, \*. tif and Radial Loop increase supreme success on image format \*.bmp, \*. png, \*. tif. Image format that right usually experience fault which is on success zoom is contemned to image format \*.jpg to type template Plain Arch, Radial Loop, Plain Whorl and Double Loop, then for image format \*.gif on type template Tented Arch and Ulnair Loop.

**Keyword :** image processing, fingerprint, template matching

**I. PENDAHULUAN****1.1 Latar Belakang**

Perkembangan teknologi, terutama di bidang dunia digital, membawa perubahan cukup besar. Salah satunya dengan adanya digitalisasi data citra.

Selain di bidang teknologi, pengolahan citra juga dimanfaatkan sebagai pengenalan pola. Pola dari citra yang diolah adalah bentuk dari sidik jari terutama pada guratan-guratan sidik jari tersebut. Perbedaan pola dari sidik jari tersebut bisa digunakan sebagai pengklasifikasian.

**1.2 Tujuan**

Penelitian bertujuan untuk merealisasikan suatu algoritma sistem pengklasifikasian sidik jari dalam bentuk perangkat lunak yang mampu melakukan proses perbaikan citra sidik jari dan mencocokkan citra sidik jari yang telah diklasifikasikan dengan basisdata sidik jari yang telah direkam oleh sistem basisdata yang ada dalam *toolbox* MATLAB R2008a kepada kelas sidik jari tertentu.

**1.3 Pembatasan Masalah**

Pada penelitian ini masalah yang dibahas akan dibatasi pada :

1. Perangkat lunak yang akan dibuat digunakan untuk pengolahan citra sidik jari ibu jari tangan kanan yang

telah tersimpan menjadi berkas citra berekstensi '.jpg', '.tif', '.bmp', '.png', dan '.gif'.

2. Pola sidik jari yang diidentifikasi adalah pola-pola sidik jari dalam keadaan bersih dan normal.
3. Metode yang digunakan adalah pendekatan *template matching*.
4. Masukan untuk sistem pengolahan citra adalah berkas citra yang direkam sebelumnya, dan keluaran sistem adalah prosentase kecocokan suatu pola citra sidik jari pada kelas yang ada.
5. Hanya menggunakan enam kelas template sidik jari dari delapan kelas yang ada, karena keenam kelas tersebut merupakan tipe sidik jari yang paling sering ditemui.
6. Semua program dilakukan dengan *toolbox* MATLAB R2008a.

**II. DASAR TEORI**

Citra merupakan istilah lain dari gambar yang merupakan komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu kaya akan informasi. Citra digital adalah citra hasil digitalisasi citra kontinu (analog). Tujuan dibuatnya citra digital adalah agar citra tersebut dapat diolah menggunakan komputer atau piranti digital.

**2.1 Pengolahan Citra**

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra menjadi citra yang kualitasnya lebih baik, tujuannya agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (komputer). Beberapa contoh operasi pengolahan citra adalah perubahan kontras citra, penghilangan derau (*noise*) dengan operasi penapisan (*filtering*), penghasilan tepi objek, penajaman (*sharpening*), pemberian warna semu (*pseudocoloring*), dan sebagainya.

**2.2 Peningkatan Mutu Citra**

Peningkatan mutu citra dilakukan untuk memperoleh keindahan citra yang akan digunakan untuk kepentingan analisis citra.

**2.3 Sidik jari**

Sifat-sifat yang dimiliki oleh sidik jari, antara lain :

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

Gambar 2.1 menunjukkan gambar sidik jari.



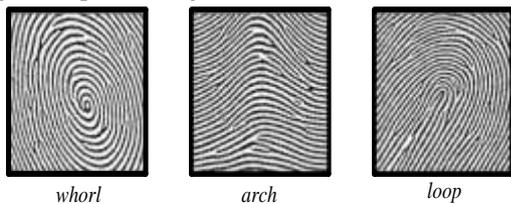
**Gambar 2.1** Sidik jari.

Dari ketiga sifat ini, sidik jari dapat digunakan sebagai sistem identifikasi yang dapat digunakan dalam penerapan teknologi informasi seperti :

1. Sistem akses keamanan, yaitu akses untuk masuk ke suatu area atau ruangan tertentu yang dibatasi.
2. Sistem autentikasi, yaitu untuk akses data yang sifatnya rahasia dan terbatas.  
Misalnya data pada perbankan, militer, dan diplomatik.

Ciri khas sidik jari yang digunakan adalah guratan sidik jari yang dapat diidentifikasi dengan cara menganalisis detail dari guratan-guratan sidik jari yang dinamakan dengan "*minutiae*".

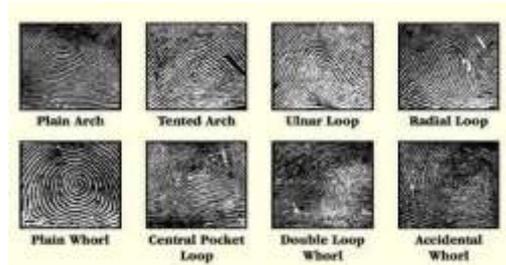
Berdasarkan klasifikasi, pola sidik jari dapat dinyatakan secara umum ke dalam tiga bentuk yaitu busur (*arch*), sangkutan (*loop*), dan lingkaran (*whorl*). Gambar 2.2 menunjukkan pola sidik jari.



**Gambar 2.2** Pola sidik jari.

**2.3.1 Klasifikasian sidik jari**

Pengklasifikasian sidik jari menggunakan klasifikasian eksklusif, citra dibagi menjadi beberapa kelas berdasarkan ciri makro. Gambar 2.3 menunjukkan citra sidik jari dari berbagai macam kelas.



**Gambar 2.7** Citra sidik jari dari berbagai macam kelas.

1. *Plain Arch* adalah bentuk pokok sidik jari dimana garis-garis datang dari sisi lukisan yang satu mengalir ke arah sisi yang lain, dengan sedikit bergelombang naik ditengah.
2. *Tented arch* (Tiang Busur) adalah bentuk pokok sidik jari yang memiliki garis tegak atau sudut atau dua atau tiga ketentuan sangkutan.
3. *Ulnar loop* adalah garisnya memasuki pokok lukisan dari sisi yang searah dengan kelingking, melengkung ditengah pokok lukisan dan kembali atau cenderung kembali ke arah sisi semula.
4. *Radial loop* adalah garisnya memasuki pokok lukisan dari sisi yang searah dengan jempol, melengkung di tengah pokok lukisan dan kembali atau cenderung kembali ke arah sisi semula.
5. *Plain Whorl* (Lingkaran) adalah bentuk pokok sidik jari, mempunyai dua delta dan sedikitnya satu garis melingkar di dalam pola area, berjalan didepan kedua delta.
6. *Double loop* (Sangkutan Kembar) adalah mempunyai dua delta dan dua garis melingkar di dalam pola area, berjalan didepan kedua delta.

**2.4 Metode Template Matching**

*Template matching* adalah sebuah teknik dalam pengolahan citra digital untuk menemukan bagian-bagian kecil dari gambar yang cocok dengan template gambar. Metode *Template matching* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menjelaskan bagaimana otak kita mengenali kembali bentuk-bentuk atau pola-pola.

Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan pembagian arah partisi citra sidik jari dengan menggunakan *template*. Pada tahap klasifikasi, *template* tersebut dicocokkan dengan berkas citra sidik jari. Pencocokan *template* dengan berkas citra sidik jari menghasilkan prosentase kecocokan antara *template* dengan berkas citra sidik jari.

Untuk mengetahui prosentase tingkat kemiripan *template* dengan berkas citra sidik jari digunakan perhitungan NC (*Normalized Cross Corelation*). Nilai NC diperoleh dengan membandingkan *template* dengan berkas citra sidik jari. Semakin prosentase nilai NC mendekati 100 %, maka perbandingan *template* dengan berkas citra sidik jari semakin cocok. Untuk menentukan nilai NC digunakan rumus :

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} w'_{ij}}{\sum_i \sum_j [w_{ij}]^2}$$

Prosentase kecocokan = NC x 100

Keterangan :

NC : *Normalized Cross Corelation*

w<sub>ij</sub> : *Piksel citra template*

w'<sub>ij</sub> : *Piksel citra berkas sidik jari*

i, j : *Elemen citra*

**2.5 Penipisan Citra (*image thinning*)**

Proses penipisan digunakan untuk mengekstraksi ciri dari suatu objek, dengan mengambil rangka setebal satu piksel dari citra, dengan cara membuang titik-titik atau lapisan terluar dari citra sampai semua garis atau kurva hanya setebal satu piksel.

**2.6 Segmentasi Citra Berarah**

Citra berarah adalah matriks diskret yang elemennya menyatakan arah rata-rata lokasi dari alur sidik jari. Citra berarah berisi informasi yang dimiliki citra sidik jari dan dapat dihitung walaupun pada citra yang berisi derau (*noise*). Arah lokal dalam area yang rusak dapat diperbaiki dengan aturan yang umum. Kebanyakan metode klasifikasi yang ada menggunakan citra sidik jari berarah, meyerahkan citra dengan membaginya kedalam beberapa area yang memiliki arah yang sama.

**2.7 Pengenalan Pola (*pattern recognition*)**

Pengenalan pola merupakan proses pengenalan suatu objek dengan menggunakan berbagai metode. Teknik pencocokan pola adalah salah satu teknik dalam pengolahan citra digital yang berfungsi untuk mencocokkan tiap-tiap bagian dari suatu citra dengan citra yang menjadi acuan (*template*).

**III. PERANCANGAN SISTEM**

Diagram alir untuk perancangan sistem adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram alir menu utama

**3.1 Proses Klasifikasi Sidik Jari**

Pada tahap klasifikasi sidik jari, citra sidik jari hasil prapengolahan diproses dalam tahap ini. Terdapat lima proses dalam tahap klasifikasi sidik jari yaitu: konversi citra abu-abu (*grayscale*) ke citra hitam putih (biner), penipisan alur (*thinning*) untuk memperoleh alur sidik jari satu piksel,

segmentasi citra berarah yaitu membagi arah alur sidik jari menjadi empat arah partisi, pengubahan ukuran (*resize*) citra berarah menjadi 32x32 piksel dan klasifikasi sidik jari kedalam enam kelas sidik jari.

**3.1.1 Pengambilan Citra Sidik Jari.**

Citra yang dimasukkan adalah berkas citra dengan format JPEG (\*.jpg), BMP (\*.bmp), TIFF (\*.tif), dan GIF (\*.gif), dan PNG (\*.png).

**3.1.2 Resize citra menjadi 256x256 piksel.**

Proses *resize* ini bertujuan untuk menyamakan citra masukan yang akan diproses dalam aplikasi sistem.

**3.1.3 Perataan Histogram.**

Perataan histogram bertujuan untuk meratakan efek kontras pada citra.

**3.1.4 Konversi citra aras keabuan ke biner.**

Proses konversi citra aras keabuan ke biner diperlukan untuk proses selanjutnya yaitu proses penipisan alur (*thinning*) yang hanya bisa dilakukan pada citra biner.

**3.1.5 Penipisan alur (*thinning*).**

Penipisan alur (*thinning*) dilakukan bila diinginkan bentuk kerangka dari objek-objek yang dikandung dalam citra.

**3.1.6 Segmentasi Citra Berarah.**

Citra berarah merupakan ciri yang khas pada sidik jari yang mendefinisikan posisi sudut tiap koordinat alur sidik jari per area citra.

**3.1.7 Resize Citra menjadi 32x32 piksel.**

Proses ini bertujuan untuk menyederhanakan citra sidik jari setelah melalui proses segmentasi citra berarah agar pola yang dibentuk tidak terlalu banyak.

**3.1.8 Klasifikasi Citra Sidik Jari.**

Untuk mengetahui nilai prosentase kemiripan *template* dengan berkas sidik jari yang dibutuhkan pada tahap klasifikasi sidik jari.

**3.1.9 Simpan Citra Sidik Jari**

Fungsi untuk menyimpan citra hasil klasifikasi sidik jari dengan metode *template matching*.

**IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS**

**4.1 Hasil Pengujian**

**4.1.1 Implementasi Rancangan Antarmuka**

Fungsi yang tersedia dalam perangkat lunak ini meliputi fungsi untuk membuka citra sidik jari OPEN FINGERPRINT, STEP TO CLASSIFY (RESIZE 256x256, GRAYSCALE, HISTEQ, BINER, THINNING, CITRA BERARAH, RESIZE 32x32), KLASIFIKASI sidik jari ke dalam kelas tertentu, membatalkan masukan citra sidik jari (CANCEL INPUT FINGERPRINT), membatalkan semua proses klasifikasi sidik jari (RESET), menyimpan citra sidik jari hasil klasifikasi (SAVE AS DATABASE), *template* citra sidik jari, bantuan untuk mendapatkan petunjuk penggunaan aplikasi (HELP), dan fungsi untuk keluar dari program (EXIT).

4.1.2 Form Utama

Tampilan utama dari aplikasi metode *template matching* untuk klasifikasi sidik jari.

Form utama dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Form Utama

4.2 Pelaksanaan Pengujian

Untuk melaksanakan pengujian, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu :

4.2.1 Memasukkan data

Memasukkan data dengan menekan tombol “OPEN FINGERPRINT”. Pada pengujian digunakan citra 3.bmp.

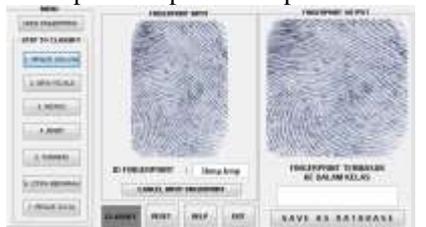
1. Masukan citra awal adalah seperti yang terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tampilan citra asli dan informasinya

2. Proses klasifikasi dijalankan dengan menekan tombol “1. RESIZE 256x256” sampai tombol “7. RESIZE 32x32” secara berurutan pada kelompok *pushbutton* “STEP TO CLASSIFY”

- a. Tombol “1. RESIZE 256X256” berfungsi untuk menjalankan perintah *resize* citra sidik jari menjadi 256x256 piksel dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Citra hasil *resize* 256x256 piksel

- b. Tombol “2. GRAYSCALE” berfungsi untuk menjalankan citra menjadi aras keabuan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Citra hasil *grayscale*

- c. Tombol “3. HISTEQ” berfungsi untuk menjalankan perintah perataan histogram dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Citra hasil perataan histogram

- d. Tombol “4. BINER” berfungsi untuk menjalankan perintah konversi citra aras keabuan menjadi citra biner dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Citra hasil konversi ke biner

- e. Tombol “5. THINNING” berfungsi untuk menjalankan perintah proses penipisan alur citra sidik jari (*thinning*) dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Citra hasil penipisan alur (*thinning*)

- f. Tombol “6. CITRA BERARAH” berfungsi untuk menjalankan perintah fungsi segmentasi citra berarah dapat dilihat pada Gambar 4.8.



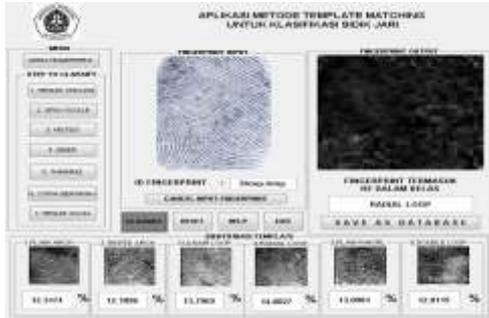
Gambar 4.8 Citra hasil segmentasi citra berarah

- g. Tombol “7. RESIZE 32X32” berfungsi untuk menjalankan perintah *resize* citra berarah 32x32 piksel dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Citra hasil *Resize* 32x32 piksel

- h. Setelah dilakukan proses **STEP TO CLASSIFY** kemudian tekan tombol "**CLASSIFY**", prosentase kemiripan *template* dengan berkas citra sidik jari akan ditunjukkan pada **IDENTIFIKASI TEMPLATE**. Hasil dari proses klasifikasi sidik jari dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil proses klasifikasi sidik jari

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang diperoleh dan analisis yang telah dilakukan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada jenis *template Plain Arch* menunjukkan prosentase tingkat keberhasilan yang mencapai 100% yaitu pada format citra \*.bmp, \*.gif, \*.png dan \*.tif. Prosentase keberhasilan terendah 67% yaitu untuk format citra \*.jpg.
2. Pada jenis *template Tented Arch* format citra \*.bmp, \*.jpg, \*.png dan \*.tif prosentase keberhasilan mencapai 100%. Prosentase keberhasilan terendah 80% pada format citra \*.gif.
3. Pada jenis *template Ulnair Loop* pada format citra \*.png dan \*.tif prosentase tingkat keberhasilan mencapai 100%. Pada format citra \*.bmp tingkat keberhasilan hanya 89% dan \*.jpg sebesar 78% saja. Prosentase keberhasilan terendah 67% pada format citra \*.gif.
4. Pada jenis *template Radial Loop* prosentase keberhasilan yang mencapai 100% yaitu pada format citra \*.bmp, \*.png dan \*.tif. Pada format citra \*.gif tingkat keberhasilan sebesar 94% saja. Kemudian prosentase keberhasilan terendah 76% yaitu pada format citra \*.jpg.
5. Pada jenis *template Plain Whorl* prosentase keberhasilan yang mencapai 100% yaitu pada format citra \*.bmp, \*.gif, \*.png dan \*.tif. Prosentase keberhasilan terendah 75% pada format citra \*.jpg.
6. Pada jenis *template Double Loop* pada format citra \*.bmp, \*.gif, \*.png dan \*.tif prosentase keberhasilannya mencapai 100%. Prosentase keberhasilan terendah 50% yaitu pada format citra \*.jpg.
7. Untuk jenis format citra \*.bmp, \*.gif, \*.png, dan \*.tif pada jenis *template Plain Arch, Plain Whorl* dan **Double Loop** menunjukkan bahwa tingkat keberhasilannya paling tinggi. Pada **Tented Arch** tingkat keberhasilan tertinggi pada format citra \*.bmp, \*.jpg, \*.png, \*.tif, pada **Ulnair Loop** tingkat keberhasilan tertinggi pada format citra \*.png, \*.tif dan pada **Radial Loop** tingkat keberhasilan tertinggi pada format citra \*.bmp, \*.png, \*.tif.
8. Format citra yang paling sering mengalami kesalahan yaitu pada tingkat keberhasilan terendah untuk format citra \*.jpg untuk jenis *template Plain Arch, Radial Loop, Plain Whorl* dan **Double Loop**, kemudian untuk format citra \*.gif pada jenis *template Tented Arch* dan **Ulnair Loop**.

5.2 Saran

Dalam Penelitian ini, masih terdapat banyak kekurangan yang dapat diperbaiki untuk pengembangan berikutnya. Beberapa saran yang dapat diberikan diantaranya adalah.

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh rotasi dan posisi citra sidik jari terhadap hasil klasifikasi.
2. Metode pengklasifikasian menggunakan *template matching* bisa diganti dengan metode pengenalan yang lainnya misalnya menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST).

4.2. Analisis

Pada pengujian telah dilakukan proses klasifikasi sebanyak 61 citra masukan sidik jari dengan masing-masing 5 format citra yaitu \*.bmp, \*.gif, \*.jpg, \*.png, dan \*.tif, jadi total citra masukan sidik jari sebanyak 305. Hasil pengujian klasifikasi citra sidik jari ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian klasifikasi citra sidik jari.

Citra masuk an	Jenis-jenis <i>template</i> (%)						Hasil Klasifikasi
	Plain Arch	Tented Arch	Ulnair Loop	Radial Loop	Plain Whorl	Double Loop	
1.bmp	10,89	9,275	9,532	11,52	9,524	11,06	Radial loop
1.gif	1	6,778	6,862	6	7,880	7,520	Plain arch
1.jpg	10,89	9,275	9,532	11,52	9,524	11,06	Radial loop
1.png	10,89	9,275	9,532	11,52	9,524	11,06	Radial loop
1.tif	10,89	9,275	9,532	11,52	9,524	11,06	Radial loop
2.bmp	10,32	12,22	11,92	11,14	11,71	10,57	Tented arch
2.gif	3	2	6	6	7	8	Ulnair loop
2.jpg	7,254	7,303	9,435	9,249	8,983	8,645	Ulnair loop
2.png	10,32	12,22	11,92	11,14	11,71	10,57	Tented arch
2.tif	10,32	12,22	11,92	11,14	11,71	10,57	Tented arch

Untuk jenis format citra \*.bmp, \*.gif, \*.png, dan \*.tif pada jenis *template Plain Arch, Plain Whorl* dan **Double Loop** menunjukkan bahwa tingkat keberhasilannya sebesar 100%. Pada **Tented Arch** tingkat keberhasilan tertinggi pada format citra \*.bmp, \*.jpg, \*.png, \*.tif, pada **Ulnair Loop** tingkat keberhasilan tertinggi pada format citra \*.png, \*.tif dan pada **Radial Loop** tingkat keberhasilan tertinggi pada format citra \*.bmp, \*.png, \*.tif. Format citra yang paling sering mengalami kesalahan yaitu pada tingkat keberhasilan terendah untuk format citra \*.jpg untuk jenis *template Plain Arch, Radial Loop, Plain Whorl* dan **Double Loop**, kemudian untuk format citra \*.gif pada jenis *template Tented Arch* dan **Ulnair Loop**.

Daftar Pustaka

- [1] Achmad Basuki, Jozua F. Dan Fatchurrochman, *Pengolahan Citra Digital menggunakan Visual Basic*, Graha Ilmu, 2005.
- [2] Arymurthy, Aniati M., dan Setiawan, Suryana, *Pengantar Pengolahan Citra*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1992.
- [3] Gonzales, R.C. dan R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [4] Gunar Hendarko, *Identifikasi Citra Sidik Jari Menggunakan Alihragam Wavelet Dan Jarak Euclidean*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [5] Herawati, *Pengenalan Wajah Menggunakan Alihragam Wavelet Daubechies Sebagai Pengolahan Awal*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [6] Marvin, W. dan A. Priyono, *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab*, Informatika, Bandung, 2007.
- [7] Muhammad, N.H, *Pengenalan Sidik Jari Menggunakan Metode Tapis Gabor*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [8] Munir, R., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Informatika Bandung, 2004.
- [9] Murni, A. dan S. Setiawan, *Pengantar Pengolahan Citra*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 1992.
- [10] Sugiharto, A., *Pemrograman GUI dengan Matlab*, Andi Yogyakarta, 2006.
- [11] Wardhana, A. W. dan Y. Prayudi, *Penggunaan Metode Template Matching Untuk Identifikasi Kecacatan Pada PCB*, SNATI Jogjakarta, 2008.
- [12] ---, *Image processing Toolbox User's Guide*, version 2, The Mathwork, Inc., Natick, MA., 1997