

PENGENALAN SIDIK JARI MANUSIA DENGAN MATRIKS KOOKURENSI ARAS KEABUAN (*GRAY LEVEL CO-OCURRENCE MATRIX*)

Reza Syauqi Falasev
Achmad Hidayatno
R. Rizal Isnanto

Abstract : Biometric system is a recognition process by measuring of distinguish traits on human body or human behaviour, then comparing it with one in the database. One of human traits which is unique and specific, stable for long period, and measureable is fingerprint. The purpose of this research is to make application that is able to recognize fingerprints using Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) method and observe the recognition level of them.

Method used in this fingerprint recognition research is texture analysis. Firstly, fingerprint is captured using fingerprint scanner. Then, the fingerprint image is extracted using Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) featuring. The features obtained are energy, contrast, entropy, maximum probability, homogeneity, dissimilarity, mean, and correlation. The next step is recognition using normalized euclidean distance. Some tests performed in this research are the influence of GLCM's angle, GLCM's distance, and number of sample in database.

From the previous tests mentioned, the highest recognition, 83,3 percent, is achieved by using all of GLCM's angle ($0^{\circ}+45^{\circ}+90^{\circ}+135^{\circ}$) and 1 pixel distance with twelve samples stored in database.

Keywords : biometric, fingerprint, texture analysis, cooccurrence matrix, euclidean distance

Biometrika merupakan pengembangan dari metode dasar identifikasi dengan menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya. Sebelum teknologi biometrika, pengenalan identitas dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Metode konvensional ini masih digunakan secara luas sampai saat ini di berbagai bidang aplikasi. Penggunaan metode konvensional ini memiliki beberapa kelemahan, seperti dapat hilang atau dicuri, dapat terlupa atau dengan menggunakan algoritma *bruteforce*, *password* seseorang dapat diketahui.

Berbagai kelemahan metode konvensional di atas menjadi salah satu pemicu berkembangnya sistem biometrika. Pada sistem biometrika digunakan bagian tubuh (*something what you are*) atau perilaku (*something what you do*) pada seseorang, sehingga kelemahan pada metode konvensional dapat dikurangi. Pada biometrika tercakup karakteristik fisiologis dan karakteristik perilaku.

Dalam tugas akhir ini akan dibuat suatu sistem yang menggunakan algoritma Matriks Kookurensi Aras Keabuan (*Grey Level Co-occurrence Matrix* - GLCM) yang berupa perangkat lunak yang dibuat agar mampu mengenali sidik jari manusia secara otomatis, sehingga mampu menyerupai kemampuan manusia untuk mengidentifikasi citra.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat aplikasi yang mampu melakukan pengenalan sidik jari dengan menggunakan metode Matriks Kookurensi Aras Keabuan (*Grey Level Cooccurrence Matrix* - GLCM) dengan penghitungan jarak Euclidean dan meneliti tingkat pengenalan perangkat lunak terhadap citra sidik jari dengan pemakaian sudut dan jarak pembuatan GLCM yang berbeda dan penggunaan jumlah sampel yang berbeda.

LANDASAN TEORI

Biometrika

Sistem biometrika merupakan teknologi pengenalan diri dengan menggunakan bagian tubuh atau perilaku manusia. Sidik jari dan tanda tangan, masing-masing merupakan contoh biometrika berdasarkan bagian tubuh dan tingkah laku manusia. Secara harfiah, biometrika atau *biometrics* berasal dari kata *bio* dan *metrics*. *Bio* berarti sesuatu yang hidup dan *metrics* berarti mengukur. Biometrika berarti mengukur karakteristik pembeda (*distinguish traits*) pada tubuh atau perilaku seseorang yang digunakan untuk melakukan pengenalan secara otomatis terhadap identitas orang tersebut, dengan membandingkannya dengan karakteristik yang sebelumnya telah disimpan pada suatu *database*.

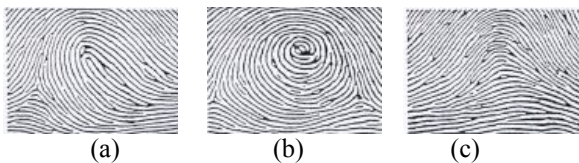
Untuk dapat digunakan sebagai pengenalan individu, karakteristik-karakteristik tersebut harus unik dan khas, sehingga peluang dua orang individu memiliki karakteristik yang sama adalah minimal. Syarat yang kedua, karakteristik tersebut haruslah stabil, tidak berubah sesuai bertambahnya umur ataupun karena kondisi lingkungan tertentu.

Sidik jari adalah karakteristik yang umum digunakan pada sistem biometrika. Pengenalan karakteristik sidik jari yang telah digunakan sejak awal abad 19, yang merupakan salah satu sistem biometrika paling tua, dan telah digunakan di seluruh dunia yang terbukti sangat efektif dalam pengenalan individu. Saat ini, penelitian mengenai sistem biometrik menggunakan sidik jari telah meningkat secara signifikan. Hal ini dikarenakan sidik jari adalah karakteristik yang sangat unik (khas), lebih stabil, dan lebih akurat dibanding karakteristik yang lain.

Sidik Jari

Sidik jari merupakan karakteristik biometrika yang memiliki tingkat keandalan (*reliability*) paling tinggi di antara karakteristik-karakteristik biometrika yang lain. Karakteristik biometrika pada sidik jari didasarkan pada pola alur dari bukit (*ridge*) dan lembah (*valley*) pada ujung jari, alur bukit dan lembah pada sidik jari menunjukkan ciri yang unik pada tiap ujung jari. Meskipun belum dapat dibuktikan secara ilmiah, sidik jari seseorang dipercaya berbeda antara satu orang dengan orang yang lain dan berbeda dengan sidik jari pada jari yang lain pada tangan orang yang sama. Kembar identik yang secara DNA sama persis dapat dipastikan memiliki sidik jari yang berbeda.

Secara umum, sidik jari dibagi menjadi 3 tipe pola utama, yaitu *arches*, *loops*, dan *whorls*. Tipe *loops* merupakan pola yang paling banyak ditemukan pada manusia. Menurut Francis Galton, sekitar 60% sidik jari bertipe *loops*, 30% bertipe *whorls*, dan 10% bertipe *arches*. Gambar 2.1 menunjukkan ketiga tipe pola utama sidik jari manusia.



Gambar 2.1 Pola Utama Sidik Jari (a) *loop*, (b) *whorl*, (c) *arches*.

Tekstur

Tekstur adalah konsep intuitif yang mendeskripsikan tentang sifat kehalusan, kekasaran, dan keteraturan dalam suatu

daerah/wilayah (*region*). Dalam pengolahan citra digital, tekstur didefinisikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel yang bertetangga.

Secara umum tekstur mengacu pada pengulangan elemen-elemen tekstur dasar yang disebut primitif atau teksel (*texture element-textel*). Syarat-syarat terbentuknya suatu tekstur antara lain :

1. Adanya pola-pola primitif yang terdiri dari satu piksel atau lebih. Bentuk-bentuk pola primitif ini dapat berupa titik, garis lurus, garis lengkung, luasan, dan lain-lain yang merupakan elemen dasar dari sebuah tekstur.
2. Pola-pola primitif tersebut muncul berulang-ulang dengan interval dan arah tertentu sehingga dapat diprediksi atau ditemukan karakteristik pengulangannya.

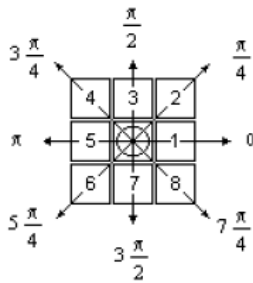
Suatu citra memberikan interpretasi tekstur yang berbeda apabila dilihat dengan jarak dan sudut yang berbeda. Manusia memandang tekstur berdasarkan deskripsi yang bersifat acak, seperti halus, kasar, teratur, tidak teratur, dan sebagainya. Hal ini merupakan deskripsi yang tidak tepat dan non-kuantitatif, sehingga diperlukan adanya suatu deskripsi yang kuantitatif (matematis) untuk memudahkan analisis.

Analisis Tekstur

Analisis tekstur merupakan dasar dari berbagai macam aplikasi, aplikasi dari analisis tekstur antara lain : penginderaan jarak jauh, pencitraan medis, identifikasi kualitas suatu bahan (kayu, kulit, tekstil, dan lain-lain), dan juga berbagai macam aplikasi lainnya. Pada analisis citra, pengukuran tekstur dikategorikan menjadi lima kategori utama yaitu : statistis, struktural, geometri, model dasar, dan pengolahan sinyal. Pendekatan statistis mempertimbangkan bahwa intensitas dibangkitkan oleh medan acak dua dimensi, metode ini berdasar pada frekuensi-frekuensi ruang. Contoh metode statistis adalah fungsi autokorelasi, matriks ko-okurensi, transformasi Fourier, frekuensi tepi. Teknik struktural berkaitan dengan penyusunan bagian-bagian terkecil suatu citra. Contoh metode struktural adalah model fraktal. Metode geometri berdasar atas perangkat geometri yang ada pada elemen tekstur. Contoh metode model dasar adalah medan acak. Sedangkan metode pengolahan sinyal adalah metode yang berdasarkan analisis frekuensi seperti transformasi Gabor dan transformasi wavelet.

Matriks Kookurensi Aras Keabuan (*Gray Level Cooccurrence Matrix*)

Matriks ko-okurensi adalah salah satu metode statistik yang dapat digunakan untuk analisis tekstur. Matriks ko-okurensi dibentuk dari suatu citra dengan melihat pada piksel-piksel yang berpasangan yang memiliki intensitas tertentu. Penggunaan metode ini berdasar pada hipotesis bahwa dalam suatu tekstur akan terjadi perulangan konfigurasi atau pasangan aras keabuan. Misal, d didefinisikan sebagai jarak antara dua posisi piksel, yaitu (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) ; dan θ didefinisikan sebagai sudut diantara keduanya. Maka matriks ko-okurensi didefinisikan sebagai matriks yang menyatakan distribusi spasial antara dua piksel yang bertetangga yang memiliki intensitas i dan j , yang memiliki jarak d diantara keduanya, dan sudut θ diantara keduanya. Matriks ko-okurensi dinyatakan dengan $P_{d\theta}(i, j)$. Suatu piksel yang bertetangga yang memiliki jarak d diantara keduanya, dapat terletak di delapan arah yang berlainan, hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Piksel bertetangga dalam delapan arah

Dalam matriks ko-okurensi, terdapat sebelas ciri tekstur yang dapat diperoleh dari suatu citra yang digunakan sebagai pembeda antara citra dengan kelas tertentu, dengan kelas lainnya. Ciri-ciri tersebut adalah :

1. Energi (*Energy*)

$$f_1 = \sum_i \sum_j p_d^2(i, j) \quad (2.1)$$

2. Entropi (*Entropy*)

$$f_2 = -\sum_i \sum_j p_d(i, j) \log(p_d(i, j)) \quad (2.2)$$

3. Kontras (*Contrast*)

$$f_3 = \sum_i \sum_j (i - j)^2 p_d(i, j) \quad (2.3)$$

4. Homogenitas (*Homogeneity*)

$$f_4 = \sum_i \sum_j \frac{p_d(i, j)}{1 + |i - j|} \quad (2.4)$$

5. Korelasi (*Correlation*)

$$f_5 = \sum_i \sum_j \frac{ij p_d(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.5)$$

μ_x adalah nilai rata-rata elemen kolom pada matriks $P_{d\theta}(i, j)$.

μ_y adalah nilai rata-rata elemen baris pada matriks $P_{d\theta}(i, j)$.

σ_x adalah nilai standar deviasi elemen kolom pada matriks $P_{d\theta}(i, j)$.

σ_y adalah nilai standar deviasi elemen baris pada matriks $P_{d\theta}(i, j)$.

6. Momentum Selisih Invers (*Inverse Difference Momentum*)

$$f_6 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i - j)^2} p_d(i, j) \quad (2.6)$$

7. Rata-rata Jumlah (*Sum Average*)

$$f_7 = \sum_{k=2}^{2N_g} k \sum_{i+j=k} p_d(i, j) \quad (2.7)$$

8. Entropi Jumlah (*Sum Entropy*)

$$f_8 = -\sum_{k=2}^{2N_g} \sum_{i+j=k} p_d(i, j) \log(p_d(i, j)) \quad (2.8)$$

9. Varians Jumlah (*Sum Variance*)

$$f_9 = \sum_{k=2}^{2N_g} \sum_{i+j=k} (k - f_7)^2 p_d(i, j) \quad (2.9)$$

10. Varians Selisih (*Difference Variance*)

$$f_{10} = \text{var} \left\{ \sum_{\substack{i,j \\ |i-j|=k}} p_d(i,j) \right\}_{k=0, \dots, Ng-1} \quad (2.10)$$

11. Entropi Selisih (*Difference Entropy*)

$$f_{11} = - \sum_{k=0}^{Ng-1} \sum_{\substack{i,j \\ |i-j|=k}} p_d(i,j) \log(p_d(i,j)) \quad (2.11)$$

Jarak Euclidean Ternormalisasi (*Normalized Euclidean Distance*)

Setelah melalui proses ekstraksi ciri dan dihasilkan suatu nilai-nilai parameter tertentu, maka dilanjutkan dengan perhitungan jarak terdekat (Jarak Euclidean) nilai vektor ciri citra. Nilai jarak Euclidean yang mendekati nilai nol, akan menunjuk pada citra tertentu. Nilai vektor ciri citra masukan yang memiliki nilai vektor ciri yang sama dengan vektor ciri citra tertentu akan memiliki nilai jarak Euclidean yang mendekati nol. Misal nilai vektor ciri masukan citra $A_i = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ nilai vektor ciri citra ke- j adalah $B_j = (B_{1j}, B_{2j}, \dots, B_{nj})$, jarak Euclidean antara nilai vektor ciri citra masukan dan nilai vektor ciri citra ke- j dinyatakan oleh :

$$D(A, B) = \sqrt{\sum_{i=0}^{30} \frac{(A_i - B_i)^2}{A_i}} \quad (2.6)$$

dengan:

$D(A, B)$ Jarak Euclidean antara sidik jari A dan B

A_i = Vektor ciri sidik jari A

B_i = Vektor ciri sidik jari B

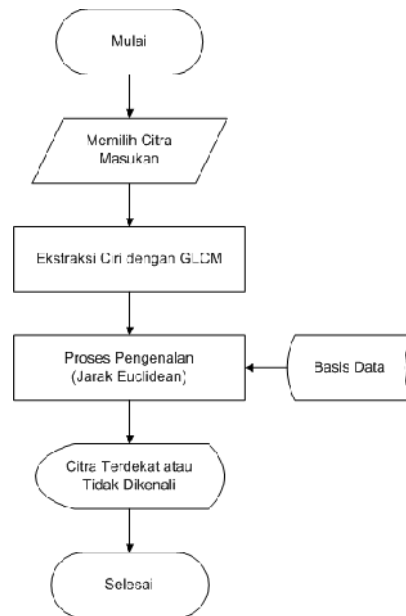
PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Diagram Alir Perangkat Lunak

Dalam perangkat lunak pengenalan sidik jari ini, terdapat proses-proses yang dilakukan, mulai dari data dipilih, hingga pada akhirnya data tersebut dapat teridentifikasi. Secara garis besar, proses-proses tersebut dikelompokkan pada lima proses utama yaitu :

1. Memilih citra masukan yang berupa sidik jari.
2. Melakukan ekstraksi ciri menggunakan pencirian GLCM.
3. Melakukan proses pengenalan dengan menggunakan penghitungan jarak Euclidean.

Diagram alir dari proses pengenalan sidik jari di atas dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir program utama

Perancangan Perangkat Lunak

1. Memilih Citra Masukan

Pada program pengenalan sidik jari ini, basisdata yang digunakan adalah citra sidik jari dari ibu jari tangan kiri yang dikenali oleh program Matlab 7.6.0 yang diambil dengan menggunakan media *Billionton Fingerprint Security System* yang merupakan alat pemindai sidik jari manusia.

Citra sidik jari yang digunakan diambil dari 20 individu (sidik jari) yang masing-masing individu diambil citra ibu jarinya sebanyak minimal 5 kali pengambilan. Hal ini dimaksudkan untuk membuat variasi pola pengambilan dan ketepatan saat pengambilan sidik jari dari individu yang bersangkutan.

2. Ekstraksi Ciri dengan GLCM

Citra masukan yang berupa citra sidik jari selanjutnya akan diekstraksi ciri dengan menggunakan metode GLCM. Ciri yang diperoleh dari ekstraksi ciri ini adalah momen angular kedua atau energi, kontras, entropi, peluang maksimal, homogenitas, ketidaksamaan, merata, dan korelasi.

3. Membentuk Data Acuan

Sebelum dilakukan pengenalan sidik jari, terlebih dahulu harus dibentuk data acuan yang berupa sidik jari yang telah terlebih dahulu disimpan. Data acuan ini berupa sekumpulan sidik jari yang mendapat perlakuan yang sama dengan proses ekstraksi ciri di atas, mulai dari pembentukan matriks kookurensi hingga penghitungan ciri matriks tersebut.

4. Pengenalan Sidik Jari

Tahap terakhir setelah proses ekstraksi ciri dan pembentukan data acuan adalah proses pengenalan sidik jari. Metode yang digunakan

dalam proses pengenalan sidik jari ini adalah jarak euclidean ternormalisasi.

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian Proses Pengenalan

1. Pengujian Pemakaian Sudut yang Berbeda pada Pembentukan Matriks GLCM terhadap Pengenalan Sidik Jari.

Pada pengujian ini digunakan variasi penggunaan sudut untuk membentuk matriks GLCM. Sudut GLCM (θ^0) yang digunakan adalah 0^0 , 45^0 , 90^0 , dan 135^0 atau gabungan sudut, dua atau lebih, yang digunakan secara bersamaan. Jarak (d) pada pengujian ini dibuat tetap, yaitu sebesar 1 piksel. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tingkat pengenalan program dengan variasi pemakaian sudut pada pembentukan matriks GLCM

Sudut GLCM (θ^0)	Tingkat Pengenalan (P)
0^0	70 %
45^0	68,3 %
90^0	69,2 %
135^0	73,3 %
$(0^0+45^0+90^0+135^0)$	80 %

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa masing-masing sudut memiliki tingkat pengenalan yang berbeda. Hal ini disebabkan karena penggunaan sudut GLCM yang berbeda yang menghasilkan matriks GLCM yang berbeda pula. Sehingga proses ekstraksi ciri dari masing-masing sudut akan menghasilkan nilai yang berbeda dari masing-masing ciri.

Pada matriks GLCM tunggal (hanya memakai salah satu sudut), tingkat pengenalan tertinggi terdapat pada sudut 135^0 yang memiliki presentase sebesar 73,3 %. Kemudian berturut-turut untuk sudut 0^0 sebesar 70 %, sudut 90^0 sebesar 69,2 %, dan yang paling terendah yaitu sudut 45^0 sebesar 68,3 %.

Pada matriks GLCM jamak, penggunaan matriks GLCM dengan lebih dari satu sudut ($0^0 + 45^0 + 90^0 + 135^0$), ditemui tingkat pengenalan yang cukup tinggi dibandingkan pada matriks GLCM tunggal, yaitu sebesar 80 %. Hal ini disebabkan semakin banyak matriks GLCM yang dibentuk, semakin banyak pula ciri-ciri yang diekstraksikan sehingga pengenalannya pun semakin baik dibandingkan dengan sudut tunggal yang hanya membentuk satu matriks GLCM.

2. Pengujian Pemakaian Jarak yang Berbeda pada Pembentukan Matriks GLCM terhadap Pengenalan Sidik Jari.

Pada pengujian yang kedua ini, digunakan variasi penggunaan jarak yang berbeda untuk membentuk matriks GLCM. Variasi jarak yang digunakan adalah 1 piksel, 2 piksel, 3 piksel, atau gabungan tiga piksel tersebut. Sudut pengujian dibuat tetap, yaitu gabungan semua sudut ($0^0 + 45^0 + 90^0 + 135^0$) karena penggunaan semua sudut telah terbukti memiliki tingkat pengenalan yang tinggi diantara penggunaan sudut secara tunggal. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tingkat pengenalan program dengan variasi pemakaian jarak pada pembentukan matriks GLCM

Jarak GLCM (d)	Tingkat Pengenalan (P)
1 piksel	80 %
2 piksel	79,2 %
3 piksel	73,3 %
$(1+2+3)$ piksel	72,67 %

Berdasarkan Tabel 4.2, didapatkan tingkat pengenalan yang berbeda untuk masing-masing jarak GLCM. Hal ini dikarenakan penggunaan jarak GLCM yang berbeda menghasilkan matriks GLCM yang berbeda sehingga ciri yang diekstraksikan akan menghasilkan nilai yang berbeda satu dengan lainnya.

Untuk penggunaan jarak GLCM dengan jarak tunggal diperoleh tingkat pengenalan tertinggi pada jarak 1 piksel, yaitu sebesar 80%. Kemudian dengan jarak 2 piksel dan 3 piksel yang masing-masing sebesar 79,2% dan 73,3% untuk yang 3 piksel.

Pada penyusunan matriks GLCM dengan ketiga jarak ($1+2+3$ piksel) memiliki tingkat pengenalan terkecil, yaitu sebesar 72,67%. Pada gabungan ketiga jarak ini dapat diperoleh tingkat pengenalan yang rendah karena pada citra sidik jari semakin jauh jarak ketetangaan akan menghasilkan nilai pengenalan yang semakin jauh atau buruk. Hal ini dikarenakan pola sidik jari memiliki jarak ketetangaan yang dekat yang akan berbeda pada masing-masing individu yang pada akhirnya akan mempengaruhi proses pembentukan matriks GLCM dan akan menyebabkan tingkat pengenalan yang rendah. Pada pengujian selanjutnya, digunakan parameter semua sudut ($0^0+45^0+90^0+135^0$) dan menggunakan jarak GLCM 1 piksel yang terbukti telah menghasilkan tingkat pengenalan tertinggi.

3. Pengujian dengan Jumlah Citra yang Berbeda dalam Basisdata terhadap Pengenalan Sidik Jari

Pengujian ini dilakukan dengan variasi jumlah citra sidik jari yang tersimpan dalam basisdata program. Variasi yang digunakan adalah delapan citra tersimpan dan duabelas citra tersimpan di dalam basisdata. Parameter GLCM yang digunakan adalah semua sudut ($0^0+45^0+90^0+135^0$) dan jarak 1 piksel. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tingkat pengenalan program dengan variasi jumlah citra tersimpan dalam basisdata

Jumlah Citra Tersimpan dalam Basisdata	Tingkat Pengenalan (P)
Delapan	80 %
Dua belas	83,3 %

Berdasarkan Tabel 4.3 diperoleh bahwa penggunaan citra tersimpan dalam basisdata sebanyak dua belas menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan citra tersimpan dalam basisdata sebanyak delapan. Hal ini dikarenakan semakin banyak citra yang tersimpan dalam basisdata, ciri yang disimpan lebih banyak dan semakin banyak pula ciri citra yang mendekati ciri citra uji.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa tingkat pengenalan tertinggi pada program pengenalan sidik jari dengan menggunakan matriks kookurensi aras keabuan ini sebesar 83,3% yang diperoleh dengan penggunaan sudut jamak ($0^0+45^0+90^0+135^0$) dan jarak 1 piksel dengan citra sidik jari yang tersimpan dalam basisdata sebanyak dua belas citra.

Dari hasil pengujian juga diperoleh bahwa penggunaan jarak 1 piksel memberikan tingkat pengenalan yang tertinggi pada pengenalan sidik jari karena pola sidik jari manusia menunjukkan jarak ketetangaan (kookurensi) yang kecil, sehingga pada jarak piksel ketetangaan (kookurensi) yang lebih besar akan menyebabkan pengenalan yang berbeda dan mengalami penurunan tingkat pengenalan. Selain itu dapat disimpulkan pula faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengenalan citra, yaitu proses akuisisi citra, pembentukan basisdata, dan pemilihan parameter penyusun matriks GLCM.

Saran

Berdasarkan pengujian terhadap program pengenalan sidik jari menggunakan matriks kookurensi ini, dapat diberikan beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu penelitian lebih lanjut mengenai jumlah ciri GLCM yang diekstraksikan agar diperoleh penggunaan ciri GLCM yang lebih efektif dan efisien dalam pengenalan sidik jari. Perlu dikembangkan pula penelitian yang menjembatani antara proses akuisisi citra dengan proses pengenalan citra, yaitu proses klasifikasi sidik jari berdasarkan pola sidik jari sehingga diharapkan diperoleh tingkat pengenalan sidik jari yang lebih baik. Dan sebagai saran terakhir, Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan pengambilan sidik jari secara langsung yang terhubung dengan program sehingga pengembangan untuk aplikasi lebih luas dan nyata dapat diwujudkan.

Daftar Pustaka

- Elvayandri. "Sistem Keamanan Akses Menggunakan Pola Sidik Jari Berbasis Jaringan Saraf Tiruan", Projek Akhir, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2002.
- Haralick, R. M., K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Textural Feature for Image Classification", IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics Vol smc-3, November, 1973.
- Kristiawan, Y. G. , "Klasifikasi Biji-Bijian dengan Matriks Kookurensi Aras Keabuan", Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.
- Kusuma, A. A. , "Pengenalan Iris Mata Menggunakan Pencirian Matriks Kookurensi Aras Keabuan", Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2009.
- Munir, R., "Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik", Informatika, Bandung, 2004.
- Putra, D. . "Sistem Biometrika ; Konsep Dasar, Teknik Analisis Citra, dan Tahapan Membangun Aplikasi Sistem Biometrika". Penerbit Andi, Yogyakarta, 2009.
- Ross, A. A. , "Information Fusion in Fingerprint Authentication", Michigan State University, Departement of Science and Engineering, 2003.
- Tuceryan, M and A.K. Jain, *Texture Analysis*, <http://www.cs.iupui.edu/~tuceryan/research/ComputerVision/texture-review.pdf> , Agustus 2008.
-, *Digital Image Processing*, http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image_processing , Juli 2008.

Biografi Penulis



Reza Syauqi Falasev, penulis yang mempunyai motto *keep moving forward* ini lahir di Kudus 23 tahun yang lalu (16 Mei 1986). Memulai menempuh pendidikan di SD Islam Sultan Agung 03, dilanjutkan di SMP Negeri 3, SMA Negeri 3 yang

semuanya di Semarang, dan kini sedang menyelesaikan pendidikan program Strata 1 di Universitas Diponegoro Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, mengambil konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

Menyetujui dan Mengesahkan
Pembimbing 1,

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

Pembimbing 2,

R. Rizal Isnanto, S.T, M.M., M.T.
NIP. 197007272000121001
Tanggal :