

Pengenalan Iris Mata Menggunakan Pencarian Matriks Ko-okurensi Aras Keabuan

Aditya Angga Kusuma¹, R. Rizal Isnanto², Imam Santoso²

Abstract

Human iris has a very unique pattern which is different for each person so it is possible to use it as a basic of biometric recognition. To identify texture in an image, texture analysis method can be used. For this reason, it is necessary to perform further research on how far this method is able to identify the feature on human iris.

In this research, a software which is capable to recognize human iris using texture analysis has been developed. The image of iris is first segmented from eye image then enhanced with histogram equalization. The method used to extract the feature is Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM). The features obtained are energy, entropy, homogeneity, correlation, and contrast. The next step is recognition using normalized euclidean distance. Four experiments are done in the research, those are influence of number of sample in database, influence of GLCM distance, influence of GLCM angle and testing on eye images which are not in database.

As the result, the highest accuration is achieved using GLCM angle of $(0^\circ+45^\circ+90^\circ+135^\circ)$ and 2 pixels distance with two samples iris image saved is 90,625%. The lowest accuration is achieved using GLCM angle of 90° and 1 pixel distance is 51,43%.

Keywords: biometric, human iris, texture analysis, GLCM, euclidean distance

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Manusia sebagai individu, mempunyai karakteristik yang unik dan khas. Karakteristik tersebut dapat digunakan sebagai pengenalan atau identifikasi terhadap seseorang. Hal ini dikenal sebagai pengenalan biometrik. Iris atau selaput pelangi adalah bagian dari mata yang melingkari lingkaran pupil. Walaupun iris memiliki wilayah yang relatif sempit dibanding dengan luas tubuh manusia, iris memiliki pola yang sangat unik, berbeda pada tiap individu dan pola itu akan tetap stabil. Atas dasar inilah iris mata dapat dijadikan dasar bagi pengenalan biometrik.

Dalam tugas akhir ini, dibuat sebuah perangkat lunak pengenalan iris mata dengan menggunakan metode pencarian GLCM.

Citra mata yang digunakan adalah dari *The Chinese Academy of Sciences Institute of Automation (CASIA)*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Membuat aplikasi yang mampu melakukan pengenalan identitas pemilik mata menggunakan metode Matriks Ko-okurensi Aras Keabuan (*Grey Level Coocurrence Matrix - GLCM*) dengan perhitungan jarak Euclidean
2. Meneliti tingkat pengenalan iris mata ketika dicoba dengan iris mata CASIA dengan pemakaian sudut dan jarak pembuatan GLCM yang berbeda dan penggunaan jumlah sampel yang berbeda.

1.3 Batasan Masalah

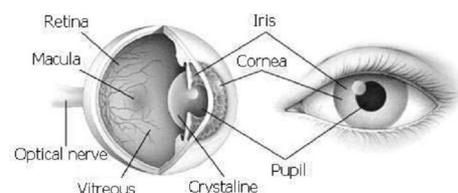
Agar tidak menyimpang jauh dari permasalahan, maka Tugas Akhir ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut :

1. Citra iris mata yang digunakan adalah citra yang sudah tersedia, yaitu menggunakan basisdata dari CASIA yaitu CASIA V1.0.
2. Penelitian dikhususkan pada penggunaan GLCM sebagai pengekstraksi ciri dan menggunakan lima ciri yaitu momen angular kedua atau energi, entropi, kontras, homogenitas dan korelasi
3. Metode pengenalan yang digunakan adalah metode jarak euclidean ternormalisasi

II. LANDASAN TEORI

2.1 Iris Mata

Iris atau selaput pelangi pada mata dapat dijadikan sebagai basis sistem biometrik. Setiap iris memiliki tekstur yang amat rinci dan unik untuk setiap orang serta tetap stabil berpuluh-puluh tahun. Bagian mata ini tidak dapat diubah melalui pembedahan tanpa menimbulkan kerusakan pada penglihatan. Gambar 2.1 menunjukkan anatomi mata manusia.^[3]



Gambar 2.1 Anatomi mata

¹ Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

²Dosen Teknik Elektro UNDIP

Keuntungan dari pemakaian iris untuk sistem identifikasi yang dapat diandalkan adalah^[3] sebagai berikut.

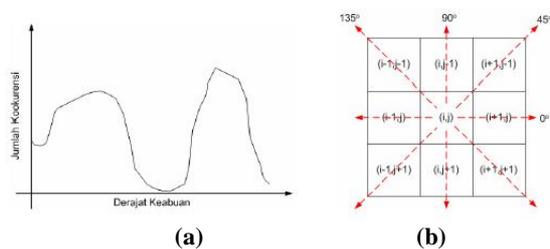
1. Iris terisolasi dan terlindung dari lingkungan luar.
2. Pada iris tidak mungkin dilakukan operasi untuk modifikasi tanpa menyebabkan cacat pada mata.
3. Iris memiliki tanggapan fisiologis terhadap cahaya, yang memungkinkan pengujian alami terhadap kemungkinan adanya penipuan serta penggunaan lensa mata palsu dan lain sebagainya.

2.2 Tekstur

Tekstur adalah konsep intuitif yang mendeskripsikan tentang sifat kehalusan, kekasaran, dan keteraturan dalam suatu daerah/wilayah (*region*).^{[1][11]} Dalam pengolahan citra digital, tekstur juga dapat didefinisikan sebagai karakteristik intrinsik dari suatu citra yang terkait dengan tingkat kekasaran (*roughness*), granularitas (*granulation*), dan keteraturan (*regularity*) susunan struktural piksel. Aspek tekstural dari sebuah citra dapat dimanfaatkan sebagai dasar dari segmentasi, klasifikasi, maupun interpretasi citra.

1. Analisis Tekstur

Suatu proses klasifikasi citra berbasis analisis tekstur pada umumnya membutuhkan tahapan ekstraksi ciri, yang dapat terbagi dalam tiga macam metode yaitu metode statistik, metode spektral dan metode struktural. Metode statistik dibagi menjadi dua yaitu: metode statistik orde pertama dan metode statistik orde kedua. Ilustrasi ekstraksi ciri menggunakan metode statistik ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi ekstraksi ciri statistik

- (a) Histogram citra sebagai fungsi probabilitas kemunculan nilai intensitas pada citra
- (b) Hubungan ketetanggaan antar piksel sebagai fungsi orientasi dan jarak spasial

Ekstraksi ciri orde pertama merupakan metode pengambilan ciri yang didasarkan pada karakteristik histogram citra. Histogram menunjukkan probabilitas kemunculan nilai derajat keabuan piksel pada suatu citra. Dari nilai-

nilai pada histogram yang dihasilkan, dapat dihitung beberapa parameter ciri orde pertama, antara lain adalah *mean*, *skewness*, *variance*, *kurtosis*, dan *entropy*.

Pada beberapa kasus, ciri orde pertama tidak lagi dapat digunakan untuk mengenali perbedaan antar citra. Pada kasus seperti ini, kita membutuhkan pengambilan ciri statistik orde dua. Salah satu teknik untuk memperoleh ciri statistik orde dua adalah dengan menghitung probabilitas hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu. Pendekatan ini bekerja dengan membentuk sebuah matriks kookurensi dari data citra, dilanjutkan dengan menentukan ciri sebagai fungsi dari matriks antara tersebut.

Kookurensi berarti kejadian bersama, yaitu jumlah kejadian satu level nilai piksel bertetangga dengan satu level nilai piksel lain dalam jarak (d) dan orientasi sudut (θ) tertentu. Jarak dinyatakan dalam piksel dan orientasi dinyatakan dalam derajat. Orientasi dibentuk dalam empat arah sudut dengan interval sudut 45° , yaitu 0° , 45° , 90° , dan 135° . Sedangkan jarak antar piksel biasanya ditetapkan sebesar 1 piksel. Matriks kookurensi merupakan matriks bujursangkar dengan jumlah elemen sebanyak kuadrat jumlah level intensitas piksel pada citra. Setiap titik (p, q) pada matriks kookurensi berorientasi θ berisi peluang kejadian piksel bernilai p bertetangga dengan piksel bernilai q pada jarak d serta orientasi θ dan $(180-\theta)$.

Setelah memperoleh matriks kookurensi, dapat dihitung ciri statistik orde dua yang merepresentasikan citra yang diamati. Haralick et al mengusulkan berbagai jenis ciri tekstural yang dapat diekstraksi dari matriks kookurensi. Beberapa di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. Momen Angular Kedua (*Angular Second Moment*) atau Energi

Menunjukkan ukuran sifat homogenitas citra

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

dimana $p(i, j)$ merupakan menyatakan nilai pada baris i dan kolom j pada matriks kookurensi.

- b. Kontras (*Contrast*)

Menunjukkan ukuran penyebaran (momen inersia) elemen-elemen matriks citra. Jika letaknya jauh dari diagonal utama, nilai kontrasnya besar. Secara visual, nilai kontras adalah ukuran variasi antar derajat keabuan suatu daerah citra.

$$Con = \sum_i \sum_j (i - j)^2 p_d(i, j) \quad (2.2)$$

c. Korelasi (*Correlation*)

Menunjukkan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra sehingga dapat memberikan petunjuk adanya struktur linear dalam citra.

$$Cor = \frac{\sum_i \sum_j ij p_d(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.3)$$

μ_x adalah nilai rata-rata elemen kolom pada matriks $P_{d0}(i, j)$.

μ_y adalah nilai rata-rata elemen baris pada matriks $P_{d0}(i, j)$.

σ_x adalah nilai standar deviasi elemen kolom pada matriks $P_{d0}(i, j)$.

σ_y adalah nilai standar deviasi elemen baris pada matriks $P_{d0}(i, j)$.

d. Momen Selisih Terbalik (*Inverse Different Moment*)

Disebut juga homogenitas. Menunjukkan kehomogenan citra yang berderajat keabuan sejenis. Citra homogen akan memiliki harga *IDM* yang besar.

$$IDM = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i - j)^2} p_d(i, j) \quad (2.4)$$

e. Entropi (*Entropy*)

Menunjukkan ukuran ketidakteraturan bentuk. Harga *ENT* besar untuk citra dengan transisi derajat keabuan merata dan bernilai kecil jika struktur citra tidak teratur (bervariasi).

$$En = - \sum_i \sum_j p_d(i, j) \log(p_d(i, j)) \quad (2.5)$$

1.4 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.^[3] 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 :

$$D(A, B) = \sqrt{\sum_{i=0}^{255} \frac{(A_i - B_i)^2}{A_i}} \quad (2.6)$$

dengan:

$D(A, B)$ = Jarak Euclidean antara iris A dan B

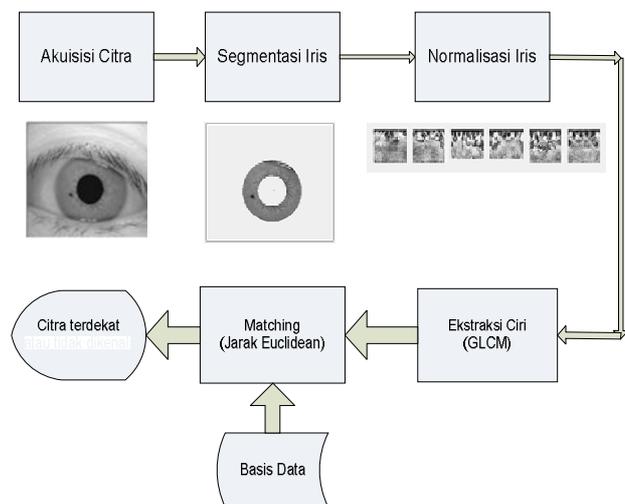
A_i = Vektor ciri Iris A

B_i = Vektor ciri Iris B

III. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

3.1 Diagram Alir Perangkat Lunak

Alur sistem pengenalan iris mata dapat dilihat pada diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem Pengenalan Iris Mata menggunakan metode ekstraksi ciri GLCM

Secara garis besar, proses ini dikelompokkan pada lima proses utama yaitu:

1. Memilih citra masukan yang berupa citra mata
2. Melakukan segmentasi iris untuk memisahkan citra iris mata dari citra mata
3. Melakukan normalisasi iris untuk mendapatkan citra iris mata yang lebih mudah dimanipulasi
4. Melakukan ekstraksi ciri menggunakan pencirian GLCM
5. Melakukan proses pengenalan dengan menggunakan perhitungan jarak euclidean.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

1. Segmentasi Citra Iris Mata

Dalam basisdata, lingkaran pupil dan lingkaran iris mata bukan merupakan lingkaran yang bulat sempurna. Sehingga untuk memperolehnya sangat sulit dan diperlukan perhitungan yang rumit. Untuk mempermudah pencarian, dalam segmentasi ini, dilakukan

pendekatan bahwa lingkaran pupil dan iris memiliki lingkaran yang bulat sempurna. Langkah pertama dalam segmentasi iris mata adalah mencari lingkaran pupil, titik tengah dan radiusnya. Langkah-langkah yang dilakukan adalah pengambungan (*thresholding*), penghalusan (*smoothing*), kemudian penentuan titik tengah pupil dan jari-jarinya menggunakan Transformasi Hough.

2. Pengubahan citra iris mata menjadi citra rektanguler

Citra pupil dan iris mata yang berbentuk lingkaran dengan diameter tertentu yang berubah ubah, diubah menjadi bentuk rektanguler (kotak) dengan ukuran yang tetap. Ukurannya adalah 128x512 piksel. Pengubahan ini juga bertujuan untuk memudahkan pemrograman dan perhitungan.

Kehadiran kelopak mata dan bulu mata pun dapat mengganggu proses pengenalan iris dan mengurangi tingkat keakurasiannya. Oleh karena itu, tidak semua bagian dari iris mata diambil. Untuk citra iris mata CASIA, bagian atas dipotong sehingga bagian bawah iris mata saja yang di ambil. Ukuran citra adalah 128x384 piksel.

3. Peningkatan Kualitas Citra

Citra iris mata yang telah diubah menjadi bentuk rektanguler tersebut memiliki tingkat kontras yang rendah sehingga tingkat akurasi yang dihasilkan kurang baik. Oleh karena itu, citra iris mata tersebut ditingkatkan kontrasnya menggunakan Ekualisasi Histogram Adaptif (*Adaptive Histogram Equalization*). Terlebih dahulu citra dipecah menjadi 3 x 12 bagian masing-masing bagian berukuran 20 x 32 piksel. Cara ini bertujuan untuk mendapatkan citra dengan kontras yang baik namun tidak akan merusak kualitas citra secara keseluruhan.

4. Ekstraksi Ciri Dengan GLCM

Citra iris dibagi menjadi 6 bagian. Ekstraksi ciri dilakukan pada semua citra yang telah dibagi tersebut. Ciri-ciri yang didapatkan dari ekstraksi ciri adalah momen angular kedua atau energi, kontras, entropi, momen selisih invers atau homogenitas dan korelasi.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Ekstraksi Ciri

Pengujian ini menggunakan parameter sudut GLCM (θ) 0° , 45° , 90° , dan 135° digunakan secara bersamaan dan jarak (d) sebesar 2 piksel. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Dari pengujian pada Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa setiap parameter pada masing-masing citra iris menunjukkan nilai-nilai yang berbeda dengan jarak yang relatif jauh. Oleh sebab itu, pengenalan dengan metode ini bisa dilakukan.

Tabel 4.1 Hasil Ekstraksi Ciri pada berkas citra 002_22_.bmp dan 028_1_1.bmp

	Parameter	0°	45°	90°	135°
002_22_.bmp	Kontras	1,3352	1,3442	1,0942	1,7842
	Korelasi	0,6534	0,6446	0,7106	0,5308
	Energi	0,0557	0,5645	0,0619	0,0514
	Entropi	3,0990	3,0893	3,0073	3,1806
	Homogenitas	0,6380	0,6312	0,6728	0,9666
028_1_1.bmp	Kontras	0,9161	1,0116	1,0067	1,2611
	Korelasi	0,5597	0,4575	0,5158	0,3851
	Energi	0,0902	0,0859	0,0875	0,0832
	Entropi	2,6503	2,7094	2,6846	2,7387
	Homogenitas	0,6869	0,6527	0,6671	0,6355

4.2 Pengujian Pengenalan

Pengujian dibagi dalam empat jenis penelitian yaitu :

1. Pengaruh pemakaian sudut yang berbeda pada pembuatan matriks GLCM terhadap pengenalan iris mata

Pada pengujian ini, dilakukan variasi pemakaian sudut untuk menghasilkan matriks GLCM. Sudut yang digunakan adalah sudut GLCM (θ) 0° , 45° , 90° , dan 135° atau gabungan dua atau lebih sudut yang digunakan secara bersamaan. Jarak yang digunakan dibuat tetap yaitu sebesar 1 piksel.

Dari pengujian, didapatkan bahwa untuk matriks GLCM tunggal (hanya memakai salah satu sudut dari (0° , 45° , 90° atau 135°)) tingkat pengenalan tertinggi adalah pemakaian sudut GLCM 45° yaitu sebesar 76,24%, kemudian pemakaian sudut GLCM 135° memiliki tingkat pengenalan sebesar 74,83%, sudut GLCM 0° memiliki tingkat pengenalan sebesar 70,49% dan yang paling rendah adalah sudut GLCM 90° yaitu dengan tingkat pengenalan sebesar 51,43%.

Untuk matriks GLCM jamak dengan penggunaan matriks GLCM lebih dari satu, pemakaian semua sudut secara bersamaan ($0^\circ + 45^\circ + 90^\circ + 135^\circ$) memiliki tingkat pengenalan yang lebih besar dibandingkan pemakaian dua sudut yaitu sudut ($45^\circ + 135^\circ$). Hal ini disebabkan semakin banyak matriks GLCM, semakin banyak pula ciri-ciri yang diekstraksikan sehingga pengenalanya pun semakin baik.

2. Pengaruh jarak pada pembuatan matriks GLCM

Pada pengujian ini, dilakukan variasi pengujian yang berupa jarak GLCM. Jarak yang

bisa divariasikan pada program ini adalah jarak 1 piksel, 2 piksel, 3 piksel, atau gabungan diantara ketiga piksel tersebut. Sudut yang dipakai pada pengujian ini dibuat tetap yaitu gabungan semua sudut ($0^\circ + 45^\circ + 90^\circ + 135^\circ$) karena pemakaian semua sudut terbukti memiliki tingkat pengenalan yang lebih tinggi dibandingkan pemakaian sudut tunggal maupun dua sudut.

Untuk pemakaian matriks GLCM dengan jarak tunggal pengenalan tertinggi dihasilkan pada pemakaian jarak 2 piksel yaitu sebesar 86,16%. Tingkat pengenalan dengan menggunakan jarak GLCM 3 piksel yaitu sebesar 85,27%. Tingkat pengenalan paling rendah adalah dengan menggunakan jarak GLCM 1 piksel yaitu sebesar 84,33%.

Pemakaian matriks GLCM dengan jarak gabungan antara jarak 1 piksel + 2 piksel + 3 piksel memiliki tingkat pengenalan yang paling tinggi yaitu sebesar 86,42%. Pengenalan dengan matriks GLCM yang lebih banyak jumlahnya memiliki tingkat pengenalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemakaian matriks GLCM yang lebih sedikit. Hal ini dikarenakan matriks GLCM yang lebih banyak dapat menghasilkan ciri-ciri yang lebih banyak pula. Namun, pemakaian lebih banyak matriks GLCM membuat komputasi yang dijalankan oleh program menjadi lebih banyak pula. Hal ini berakibat program berjalan lebih lama dan terkesan berat. Untuk komputer dengan spesifikasi tinggi tidak akan berpengaruh banyak, akan tetapi untuk komputer dengan spesifikasi standar, tentu hal ini akan memberatkan. Oleh karena itu, untuk pengujian selanjutnya, digunakan parameter semua sudut ($0^\circ+45^\circ+90^\circ+135^\circ$) dan menggunakan jarak GLCM 2 piksel.

3. Pengaruh Banyaknya Sampel yang Disimpan

Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa penggunaan dua sampel yang disimpan menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan satu sampel. Pengujian dengan satu sampel tersimpan menghasilkan tingkat pengenalan sebesar 86,16%, sedangkan pengujian dengan dua sampel tersimpan menghasilkan tingkat pengenalan sebesar 90,625%. Hal ini dikarenakan pada penggunaan sampel tersimpan yang lebih banyak, ciri-ciri yang disimpan pun lebih banyak pula.

4. Pengujian dengan Citra Luar

Untuk dapat melakukan pengujian dengan citra luar yang tidak termasuk dalam basisdata, digunakan nilai ambang. Tanpa menggunakan

nilai ambang, citra luar akan tetap dikenali sebagai salah satu citra dalam basisdata karena proses pengenalannya menggunakan jarak euclidean yang terdekat atau paling kecil.

Dalam penentuan nilai ambang pada Tugas Akhir ini, digunakan penjumlahan dua parameter statistik, yaitu rerata dan simpangan baku dari hasil pengujian sebelumnya menggunakan semua sudut GLCM, jarak 2 piksel dan menggunakan dua sampel citra tersimpan. Nilai ambang yang dicari adalah penjumlahan antara rerata dan simpangan baku, maka nilainya adalah $0,709+0,074=0,783$. Nilai ambang ini kemudian digunakan untuk pengujian menggunakan citra uji luar, diharapkan nilainya lebih kecil dari nilai jarak hasil pengujian tersebut.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 10 citra iris mata gabungan antara CASIA V1.0 dan CASIA V3 yang dipilih secara acak. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel. 4.2 Hasil pengujian dengan citra uji luar

No	Nama berkas citra	Jarak euclidean	Pengenalan	Ket.
1	001_1_2.bmp	0,7054	Iris001-2	Benar
2	008_1_2.bmp	1,4049	Tidak Dikenali	Benar
3	017_1_2.bmp	0,4518	Iris017-2	Benar
4	099_1_2.bmp	1,4461	Tidak Dikenali	Benar
5	108_1_2.bmp	0,7108	Iris180-2	Benar
6	S1020R01.jpg	1,1871	Tidak Dikenali	Benar
7	S1210L01.jpg	1,0841	Tidak Dikenali	Benar
8	S1228L07.jpg	1,0284	Tidak Dikenali	Benar
9	004_2_2.bmp	0,8737	Tidak Dikenali	Salah
10	005_2_3.bmp	0,9664	Tidak Dikenali	Salah

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut.

1. Ciri-ciri dari matriks ko-okurensi memiliki nilai yang berbeda dan jarak yang relatif jauh.
2. Ciri yang memiliki nilai hampir sama adalah homogenitas.
3. Tingkat pengenalan untuk sudut GLCM 0° , sudut GLCM 90° , sudut GLCM 45° dan sudut GLCM 135° masing-masing adalah 70,49%, 51,43%, 76,24%, dan 74,83%.
4. Penggunaan sudut GLCM ($0^\circ+45^\circ+90^\circ+135^\circ$) memiliki tingkat pengenalan yang lebih tinggi yaitu sebesar 84,16% dibandingkan penggunaan satu sudut GLCM dan sudut GLCM ($45^\circ+135^\circ$).

5. Penggunaan jarak GLCM 2 piksel memiliki tingkat pengenalan paling tinggi yaitu sebesar 86,16%, kemudian jarak GLCM 3 piksel dengan tingkat pengenalan sebesar 85,27%. Sedangkan tingkat pengenalan jarak 1 piksel adalah yang paling rendah yaitu dengan tingkat pengenalan sebesar 84,33%.
6. Penggunaan sampel tersimpan sebanyak dua buah citra menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih besar yaitu sebesar 90,625% dibandingkan dengan penggunaan satu citra tersimpan yang memiliki tingkat pengenalan sebesar 86,16%.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian terhadap program pengenalan iris mata menggunakan matriks kookurensi ini, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengurangi kesalahan pada proses segmentasi citra iris mata yang disebabkan oleh lingkaran pupil dan iris yang tidak bulat sempurna.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan pengambilan citra mata secara langsung sehingga pengembangan untuk aplikasi lebih luas dan nyata dapat diwujudkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, R., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Informatika, Bandung, 2004.
- [2] Masek, L. *Recognition of Human Iris Pattern for Biometric Identification*. The University of Western Australia, 2003.
- [3] Moreno R.P. and A. Gonzaga, *Features Vector For Personal Identification Based On Iris Texture*. Departamento de Engenharia Elétrica - EESC – USP, Februari, 2009.
- [4] Wijayanto, W.S., *Identifikasi Iris Mata dengan Tapis Gabor Wavelet dan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ)*, Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [5] Daugman, J., “How Iris Recognition Works“, *IEEE Transaction on Circuits and system for Video Technology*, vol 14, no.1, January 2004.
- [6] CASIA. *Iris Image Database*, <http://www.sinobiometrics.com>.
- [7] Ma, L and T. Tan, *Personal Identification Based on iris Textural Analysis*”, *IEEE Transaction on Pattern Analysis and machine intelligence*, December 2003.
- [8] Daugman, J., “High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15, No.11, pp. 1148-1161, 1993.
- [9] ---, *Image Processing Toolbox, for User's with MATLAB*, User's Guide Version 3, The Mathwork Inc, 2001.
- [10] Listyaningrum, R., *Analisis Tekstur Menggunakan Metode Transformasi Wavelet*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- [11] ---, *Modul 3 – Analisis Tekstur Imaging & Image Processing Research Group*. Institut Teknologi Bandung, Februari, 2009

BIOGRAFI



Aditya Angga Kusuma, lahir di Kudus, 13 Agustus 1986. Menempuh pendidikan dasar di SD 4 Hadipolo, SLTPN 1 Jekulo dan SMAN 1 Kudus. Sekarang sedang menempuh pendidikan strata satu di Universitas Diponegoro Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

Menyetujui dan Mengesahkan,
Pembimbing I,

R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.
NIP. 132 288 515
Tanggal

Pembimbing II,

Imam Santoso, S.T., M.T.
NIP. 132 162 546
Tanggal.....