

SISTEM PENGENALAN IRIS MATA BERDASAR TEKSTUR MENGGUNAKAN EKSTRAKSI CIRI ENERGI PADA ALIHRAGAM WAVELET HAAR

R. Rizal Isnanto¹, Imam Santoso², Teguh Dwi Prihartono³, Thomas Sri Widodo⁴, Suhardjo⁵, Adhi Susanto⁴

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. There is some texture analysis method, one of them is wavelet that extract the feature of image based on energy. The texture analysis using energy features which are in the wavelet transform.

Based on that reason, in this research made a simulation to identified eyes iris based on Haar wavelet transform. First, the image of iris is segmented from eye image then enhanced with histogram equalization. The method used to extract the feature is Haar wavelet transform. The features obtained is energy value. 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 Haar wavelet transform level, influence of different input image format and testing on eye images which are not in database.

As the result, the highest accuracy is achieved using Haar wavelet transform level 4 with two samples iris image saved is 85,58%. The lowest accuracy is achieved using Haar wavelet transform level 1 with one sample iris image saved is 65,27%. Then, from the test result for the influence of different input image format, the .bmp input image format is better than .jpg input image format. Whereas, from the test result for eye images which are not in database with threshold 2,3653, the recognition level is 81,48%.

Index Terms: biometric, human iris, texture analysis, Haar wavelet transform, 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.

Banyak algoritma telah diaplikasikan sebagai metode pengenalan iris, antara lain PCA (*Principal Component Analysis*), ICA (*Independent Component Analysis*), Algoritma Gabor-Wavelet^[17], *Characterizing Key Local Variation*, Piramida Laplace, Matriks Kookurensi Aras Keabuan (*Gray Level Co-occurrence Matrix - GLCM*)^[8] dan lain sebagainya. Alihragam wavelet Haar sebagai salah satu metode untuk menganalisis tekstur masih jarang digunakan sebagai pengekstraksi ciri pola iris mata. Dalam Penelitian ini, dibuat sebuah perangkat lunak pengenalan iris mata dengan menggunakan metode pencirian alihragam wavelet Haar.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan Penelitian ini adalah membuat aplikasi yang mampu melakukan pengenalan identitas pemilik mata menggunakan metode alihragam wavelet Haar dengan perhitungan jarak Euclidean.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang jauh dari permasalahan, maka Penelitian 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 alihragam wavelet Haar sebagai pengekstraksi ciri dan menggunakan ciri energi
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 dan contoh iris mata manusia.^[12]

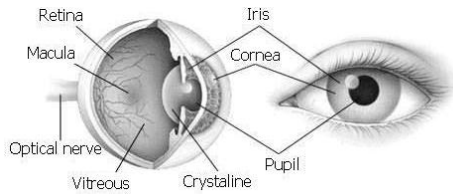
¹ Kandidat Program Doktor Teknik Elektro UGM; Dosen UNDIP

² Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

⁴ Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada

⁵ Dosen Fakultas Kedokteran UGM



Gambar 2.1 Anatomi mata dan contoh iris mata

Keuntungan dari pemakaian iris untuk sistem identifikasi yang dapat diandalkan adalah^[12] 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.

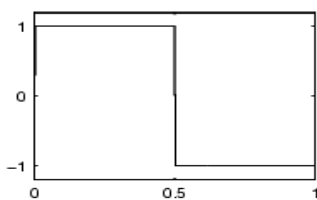
2.2 Alihragam Wavelet

Wavelet adalah fungsi yang memenuhi persyaratan matematika tertentu yang mampu melakukan dekomposisi terhadap sebuah fungsi^[16]. Secara hierarki untuk merepresentasikan data atau fungsi lainnya. Wavelet dapat digunakan untuk menggambarkan sebuah model atau gambar asli ke dalam fungsi matematis tanpa memperhatikan bentuk dari model berupa citra, kurva atau sebuah bidang. Alihragam wavelet merupakan sebuah fungsi yang mengubah sinyal dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi atau skala. Alihragam wavelet paling tepat digunakan dalam proses pengolahan citra karena tidak banyak informasi yang hilang saat dilakukan rekonstruksi ulang.

Wavelet merupakan sebuah basis. Basis wavelet berasal dari sebuah fungsi penskala. Fungsi penskala memiliki sifat yaitu dapat disusun dari sejumlah salinan yang telah didilasikan, ditranslasikan dan diskalakan. Fungsi ini diturunkan dari persamaan dilasi (*dilation equation*), yang dianggap sebagai dasar dari teori wavelet.

2.3 Wavelet Haar

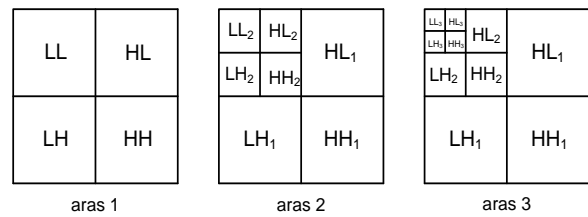
Jenis wavelet yang digunakan pada Penelitian ini adalah wavelet Haar. Wavelet Haar merupakan wavelet yang *compactly supported*, wavelet yang tertua dan sederhana. Wavelet Haar masuk dalam kategori ortogonal dan terdukung secara kompak, karena wavelet Haar sama dengan wavelet db1 (Daubechies orde 1). Panjang tapis wavelet Haar adalah 2. Fungsi penskala pada Wavelet Haar ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Fungsi penskala wavelet Haar

2.4 Dekomposisi Citra

Alihragam wavelet terhadap citra adalah menapis citra dengan tapis wavelet. Hasil dari penapisan ini adalah 4 subbidang citra dari citra asal, keempat subbidang citra ini berada dalam kawasan wavelet. Keempat subbidang citra ini adalah pelewat rendah-pelewat rendah (LL), pelewat rendah-pelewat tinggi (LH), pelewat tinggi-pelewat rendah (HL), dan pelewat tinggi-pelewat tinggi (HH). Proses ini disebut dekomposisi, dekomposisi dapat dilanjutkan kembali dengan citra pelewat rendah-pelewat rendah (LL) sebagai masukannya untuk mendapatkan tahap dekomposisi selanjutnya. Gambar 2.3 menunjukkan suatu citra dekomposisi dari aras 1 sampai aras 3.



Gambar 2.3 Diagram dekomposisi citra

2.5 Pengukuran Energi pada Wavelet

Perhitungan energi berfungsi untuk menghitung energi yang dihasilkan setiap citra hasil alihragam wavelet. Energi tersebut merupakan koefisien masukan perhitungan jarak Euclidean.

Dalam penelitian ini, energi dibagi dalam 4 (empat) ciri, yaitu:

- a. Presentase energi yang berhubungan dengan nilai pendekatan (aproksimasi), E_a dihitung berdasarkan presentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien aproksimasi C_a dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C (koefisien aproksimasi ditambah koefisien detail).

$$E_a = \frac{\sum C_a^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (2.1)$$

- b. Presentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah horisontal, E_h dihitung berdasarkan presentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horisontal C_h dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C .

$$E_h = \frac{\sum C_h^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (2.2)$$

- c. Presentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah vertikal, E_v dihitung berdasarkan presentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horisontal C_v dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C .

$$E_v = \frac{\sum C_v^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (2.3)$$

- d. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah diagonal, E_d dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah diagonal C_d dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien C .

$$E_d = \frac{\sum C_d^2}{\sum C^2} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.6 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.^[12] 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 :

$$D(A, B) = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(A_i - B_i)^2}{A_i}} \quad (2.5)$$

dengan:

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

A_i = Vektor ciri Iris A

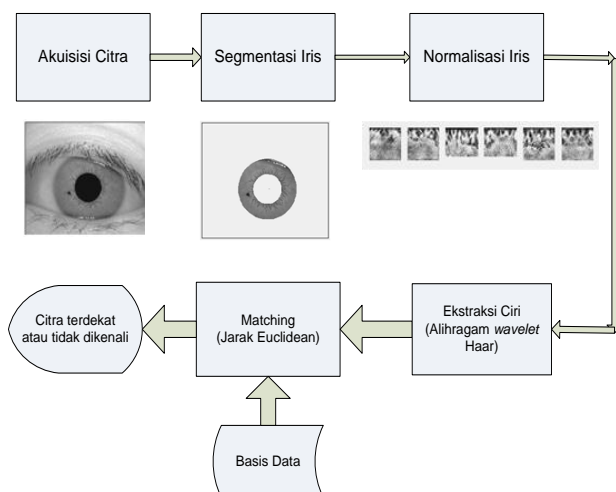
B_i = Vektor ciri Iris B

n = panjang vektor (jumlah ciri tekstural) vektor A dan vektor B

III. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Diagram Alir Sistem Pengenalan

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 alihragam *wavelet* Haar

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 alihragam *wavelet* Haar
- 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 pengambangan (*thresholding*), penghalusan (*smoothing*), kemudian penentuan titik tengah pupil dan jari-jarinya menggunakan Transformasi Hough.

2. Pengubahan citra iris mata menjadi citra rektangular

Citra pupil dan iris mata yang berbentuk lingkaran dengan diameter tertentu yang berubah ubah, diubah menjadi bentuk rektangular (kotak) dengan ukuran yang tetap. Ukurannya adalah 128×512 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 128×384 piksel.

3. Peningkatan Kualitas Citra

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

4. Ekstraksi Ciri Dengan Alihragam *Wavelet* Haar

Citra iris dibagi menjadi 6 bagian. Ekstraksi ciri dilakukan pada semua citra yang telah dibagi tersebut.

Ciri-ciri yang didapatkan dari ekstraksi ciri adalah energi.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Ekstraksi Ciri

Pengujian ini menggunakan parameter aras dekomposisi alihragam *wavelet* Haar. Tabel 4.1 menunjukkan energi E_a , E_h , E_v , dan E_d pada 3 (tiga) sampel citra polar iris mata yang digunakan pada penelitian. Jenis *wavelet* yang digunakan adalah Haar dan aras dekomposisi adalah 1.

4.2 Pengujian Pengenalan

Pengujian dibagi dalam empat jenis penelitian yaitu :

1. Pengaruh pemakaian aras yang berbeda terhadap pengenalan iris mata

Pada pengujian ini, dilakukan variasi pemakaian aras alihragam *wavelet* Haar. Aras yang digunakan adalah aras 1, 2, 3 dan 4.

Dari pengujian, didapatkan bahwa tingkat pengenalan tertinggi adalah pemakaian aras 4 yaitu sebesar 81,20%, kemudian pemakaian aras 3 memiliki tingkat pengenalan sebesar 76,50%, aras 2 memiliki tingkat pengenalan sebesar 74,15%

Tabel 4.1 Data nilai energi E_a , E_h , E_v , dan E_d pada 3 (tiga) sampel citra polar dengan tapis Haar, aras dekomposisi 1.

Nama citra	Potongan citra ke...	Aras dekomposisi ke...	E_a	E_h	E_v	E_d	Prosentase energi
001_1_1.bmp	1	1	99,0147	0,4899	0,3786	0,1168	100
	2	1	98,5324	0,782	0,5073	0,1782	99,9999
	3	1	98,7893	0,4912	0,5794	0,1401	100
	4	1	98,8635	0,4097	0,6082	0,1186	100
	5	1	98,9289	0,5288	0,4132	0,129	99,9999
	6	1	98,9398	0,5535	0,3623	0,1443	99,9999
002_1_1.bmp	1	1	99,2719	0,2793	0,3718	0,0769	99,9999
	2	1	99,2564	0,348	0,3216	0,0739	99,9999
	3	1	99,079	0,2836	0,5611	0,0763	100
	4	1	98,809	0,3445	0,7536	0,0929	100
	5	1	98,8761	0,3701	0,6461	0,1076	99,9999
	6	1	98,9976	0,3461	0,573	0,0834	100,000
003_1_1.bmp	1	1	99,0175	0,4481	0,4239	0,1104	99,9999
	2	1	98,976	0,4852	0,427	0,1118	100
	3	1	98,7578	0,4092	0,7307	0,1023	100
	4	1	98,879	0,4116	0,598	0,1114	100
	5	1	98,2253	0,7636	0,8301	0,181	100
	6	1	98,213	0,7259	0,8963	0,1649	100,000

dan yang paling rendah adalah aras 1 yaitu dengan tingkat pengenalan sebesar 65,27%. Hal ini disebabkan semakin tinggi aras alihragam *wavelet* Haar, semakin banyak pula ciri-ciri yang diekstraksikan sehingga pengenalnya pun semakin baik.

2. 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 81,20%, sedangkan pengujian dengan dua sampel tersimpan menghasilkan tingkat pengenalan sebesar 85,58%. Hal ini dikarenakan pada penggunaan sampel tersimpan yang lebih banyak, ciri-ciri yang disimpan pun lebih banyak pula.

3. Pengaruh Pemakaian Format yang Berbeda (.jpg) Terhadap Pengenalan Iris Mata

Penggunaan iris mata dalam format .bmp yang diambil dari 64 individu yang masing-masing diambil 1 sampel menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih besar yaitu sebesar 73,44% dibandingkan dengan penggunaan format .jpg yang memiliki tingkat pengenalan sebesar 70,31%.

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 pengenalnya menggunakan jarak Euclidean yang terdekat atau paling kecil.

Dalam penentuan nilai ambang pada Penelitian ini, digunakan penjumlahan dua parameter statistik, yaitu rerata dan simpangan baku dari hasil pengujian sebelumnya menggunakan aras alihragam *wavelet* Haar dan menggunakan dua sampel citra tersimpan. Nilai ambang yang dicari adalah penjumlahan antara rerata dan simpangan baku, maka nilainya adalah $1,873+0,491=2,364$. 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	1,8117	Iris001-2	Benar
2	008_1_2.bmp	2,9612	Tidak Dikenali	Benar
3	017_1_2.bmp	3,5121	Tidak Dikenali	Salah
4	099_1_2.bmp	2,8431	Tidak Dikenali	Benar
5	108_1_2.bmp	1,7259	Iris108-1	Benar
6	S1020R01.jpg	2,6536	Tidak Dikenali	Benar
7	S1210L01.jpg	2,6985	Tidak Dikenali	Benar
8	S1228L07.jpg	2,4298	Tidak Dikenali	Benar
9	004_2_2.bmp	2,2455	Iris004-2	Benar
10	005_2_3.bmp	1,9825	Iris005-2	Benar

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Untuk satu citra dari 6 potongan citra iris mata, terlihat adanya kemiripan ciri energi secara visual. Hal ini menunjukkan pada iris yang sama, ciri dapat ditentukan secara parsial (bagian per bagian), sehingga hal ini sebenarnya bisa digunakan untuk penghematan waktu maupun memori komputer saat pengolahan.
2. Untuk citra yang berbeda pada potongan iris yang sama, sebenarnya tidak begitu tampak adanya perbedaan nilai energi yang ada dengan nilai jumlah prosentase energi terendah 99,9% dan tertinggi 100%. Namun demikian hal ini bukan berarti kombinasi dari ciri-ciri iris (E_a , E_h , E_v , dan E_d) tidak bisa digunakan. Justru hal ini yang akan diteliti pada penelitian ini, yaitu saat pengenalan menggunakan jarak Euclidean. Jarak Euclidean rata-rata dikenali benar bernilai 1,9474.
3. Tingkat pengenalan untuk alihragam *wavelet* Haar aras 1, 2, 3 dan 4 masing-masing adalah 65,27%, 74,15%, 76,50%, dan 81,20% untuk jumlah satu citra tersimpan pada basis data 1.
4. Penggunaan sampel tersimpan sebanyak dua buah citra menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih besar yaitu sebesar 85,58% dibandingkan dengan penggunaan satu citra tersimpan yang memiliki tingkat pengenalan sebesar 81,20%.
5. Penggunaan iris mata dalam format .bmp yang diambil dari 64 individu yang masing-masing diambil 1 sampel menghasilkan tingkat pengenalan yang lebih besar yaitu sebesar 73,44% dibandingkan dengan penggunaan format .jpg yang memiliki tingkat pengenalan sebesar 70,31%.
6. Pengujian citra mata luar yang tidak terdapat pada basisdata dengan pengembangan sebesar 2,3653, tingkat pengenalannya sebesar 81,48%.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian terhadap program pengenalan iris mata menggunakan alihragam *wavelet* Haar 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. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menggunakan keluarga *wavelet* yang lain, misalnya Daubechies, Coiflet, Symlet, Mexican Hat, dan sebagainya untuk kemudian dibandingkan dengan hasil penelitian ini sehingga diperoleh kesimpulan keluarga *wavelet* yang paling sesuai untuk identifikasi iris mata.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan akuisisi citra iris mata secara langsung sehingga

pengembangan untuk aplikasi identifikasi waktu nyata dapat diwujudkan.

4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji pengaruh format citra lainnya pada masukan, seperti .tif, .gif, .png dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CASIA. *Iris Image Database*, <http://www.sinobiometrics.com>.
- [2] Daugman, J., "How Iris Recognition Works", *IEEE Transaction on Circuits and system for Video Technology*, vol 14, no.1, January 2004.
- [3] 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.
- [4] Daugman, J., "Iridology", <http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000/>, Februari, 2009.
- [5] Drygajlo, A., "Biometrics Lecture 7 Part 1-2008", Speech Processing and Biometrics Group Signal Processing Institute Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 2008.
- [6] Du, Y., Robert Ives, Bradford Bonney, and Delores Etter, "Analysis of Partial Iris Recognition", U.S. Naval Academy, 2004
- [7] Haralick, Robert M., K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Textural Feature for Image Classification", *IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics* Vol smc-3, November, 1973.
- [8] Kusuma, A.A., "Pengenalan Iris Mata Menggunakan Pencirian Matriks Ko-Okurensi Aras Keabuan", Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2009.
- [9] Listyaningrum, R., *Analisis Tekstur Menggunakan Metode Transformasi Wavelet*, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- [10] Ma, L and T. Tan, "Personal Identification Based on iris Textural Analysis", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and machine intelligence*, December 2003.
- [11] Masek, L. *Recognition of Human Iris Pattern for Biometric Identification*. The University of Western Australia, 2003.
- [12] Moreno R.P. and A. Gonzaga, *Features Vector For Personal Identification Based On Iris Texture*. Departamento de Engenharia Elétrica - EESC - USP, Februari, 2009.
- [13] Munir, R., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Informatika, Bandung, 2004.
- [14] Peng, T., "Circular Hough Based on Gradient", Department of Mechanical Engineering University of Maryland, College Park, Maryland, USA, Maret, 2007.
- [15] Putriningsih, D., "Identifikasi Kelebihan Kolesterol Berdasarkan Pengamatan Citra Iris Mata", *Skripsi S-1*, Universitas Diponegoro, 2007.

- [16] Rahmawati, Indah., “*Pemampatan Citra Digital Dengan Wavelet Paket*”, Skripsi S-1, Universitas Diponegoro, 2007.
- [17] 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.
- [18] ---, *Image Processing Toolbox, for User's with MATLAB, User's Guide Version 3*, The Mathwork Inc, 2001.



Rizal Isnanto menyelesaikan pendidikan sarjana dan pascasarjana (S2) pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta berturut-turut pada tahun 1994 dan 2002. Sekarang sedang mengambil program Doktor pada Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi pada Universitas yang sama. Selain itu, aktif sebagai pengajar di Jurusan Teknik Elektro dan Program

Studi Sistem Komputer, Universitas Diponegoro, Semarang. Kepeminatan penelitian adalah Pengolahan Citra Biomedis dan Pengenalan Pola.



Imam Santoso, menyelesaikan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro dan pascasarjana (S2) pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Sekarang sedang mengambil program Doktor pada Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi pada Universitas Gadjah Mada. Selain itu, aktif sebagai pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang. Kepeminatan

penelitian adalah pada bidang Teknik Telekomunikasi dan Pengolahan Sinyal Digital.



Teguh Dwi Prihartono, lahir di Semarang, 19 Mei 1986. Menempuh pendidikan dasar di SD N Mangkang Kulon 1 Semarang, SLTPN 1 Semarang, SMAN 5 Semarang dan Diploma 3 di Universitas Diponegoro. Menyelesaikan pendidikan strata satu di Universitas Diponegoro Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi pada tahun 2011.



Thomas Sri Widodo, Profesor pada Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, dan memperoleh gelar Master pada Diploma d'Ingenieur de Specialisation, Ecole Nationale Supérieure d'Electronique et de

de Grenoble, Perancis. Sementara itu, gelar Doktor diraih pada Science and Technique, Universite of Montpellier 2, Perancis, pada tahun 1988. Kepeminatan penelitian adalah pada bidang Instrumentasi dan Kendali, Telekomunikasi, dan Pengolahan Isyarat. Sementara itu, klaster penelitiannya adalah *Signals, Systems, and Circuits*.



Suhardjo, Profesor pada Jurusan Oftalmologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia. Gelar Sarjana (1977), Magister (1983), dan Spesialis Oftalmologi (1989) diraih pada Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Selain itu, sebagai Spesialis Konsultan diraih pada tahun 1998. Sekarang ini, juga sebagai *member* dari *American Academy of Ophthalmology*, *member* dari *European Society of Cataract*, juga sebagai Ketua Persatuan Dokter Spesialis Mata (PERDAMI)

Cabang Yogyakarta (2004-sekarang), dan Wakil Ketua *The Indonesia Ophthalmology Consultant Collegium* (2010-sekarang)



Adhi Susanto, Profesor (emeritus) pada Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Menerima gelar sarjana bidang Fisika (1963), gelar M.Sc. dan Ph.D. pada bidang teknik Elektro diraih dari UC Davis, California, berturut-turut pada tahun 1966 dan 1986. Bidang keilmuan yang ditekuni adalah Sistem Elektronis, Teknik Pengolahan Isyarat dan Citra, Sistem Komunikasi, dan Sistem Adaptif. Kepeminatan penelitian

Adalah Sistem Adaptif, Pengenalan Pola Biomedis, Pengenalan Suara, dan pengolahan Citra

Daftar Penulis

A
Aditya, Firdaus 23

B
Berahim, Hamzah 17

D
Dwi Prihartono, Teguh 29

H
Hermawan, Hermawan 17

I
Ika Susilawati, Dyah 17
Iman Satoto, Kodrat 23
Isnanto, Rizal 23, 29

K
Kridalukmana, Rinta 1

R
Rochmadi, Rochmadi 17

S
Santoso, Imam 29

Sri Widodo, Thomas 29
Subanar, Subanar 9
Suhardjo, Suhardjo 29
Susanto, Adhi 29
Syakur, Abdul 17

T
Tumiran, Tumiran 17

W
Wahyono, Teguh 9

**PEDOMAN PENULISAN ARTIKEL / MAKALAH
JURNAL SISTEM KOMPUTER**

1. Redaksi menerima tulisan/ naskah karya ilmiah bidang rumpun ilmu komputer dari kalangan staf pengajar Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dan dari kalangan umum.
2. Jurnal Sistem Komputer dapat menerima naskah-naskah karya ilmiah yang berupa:
 - Hasil Penelitian yang asli
 - Catatan Penelitian
 - Kajian Pustaka yang mempunyai kontribusi yang baru bagi ilmu pengetahuan
 - Komentar/ kritik tentang naskah yang pernah dimuat oleh Jurnal Sistem Komputer
3. Naskah yang dikirim ke Redaksi Jurnal Sistem Komputer akan di- *review* terlebih dahulu oleh Dewan Redaksi atau Mitra Bestari atau Pakar-Pakar di bidangnya. Keputusan diterima atau tidak diterimanya suatu artikel merupakan hak dari Dewan Redaksi berdasarkan saran-saran dari Reviewer.
4. Proses review akan dilaksanakan oleh Dewan Redaksi sehingga untuk kelancaran transfer file sebaiknya lewat e-mail agar lebih cepat prosesnya dan korespondensi akan ditujukan kepada alamat penulis pertama atau *Corresponding Author* (setiap makalah harus ditandai siapa yang menjadi Penulis Penanggungjawabnya). Penulis harus segera memperbaiki artikel sesuai petunjuk Referees dan petunjuk penulisan jurnal dan dikirimkan kembali dengan segera.
5. Makalah yang ditulis harus sesuai format yang ditentukan (mengikuti standard Transaction Journal IEEE) dan harus mengandung komponen-komponen berikut (sesuai urutan):
 - Judul, Nama Penulis, Kata Kunci, Abstrak (dalam bahasa Inggris yang baik dan benar)
 - Pendahuluan
 - Bahan dan Metodologi Penelitian
 - Hasil dan Pembahasan
 - Kesimpulan
 - Ucapan terima kasih (jika ada)
 - Daftar Pustaka
 - Biografi singkat penulis di akhir bagian
6. Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris. Naskah berisi maksimum 10 halaman kuarto (A4) termasuk gambar dan tabel, dikirimkan sebanyak dua eksemplar disertai dengan rekaman dalam disket ukuran 3.5" atau dalam CD. Naskah yang dikirimkan harus sudah siap untuk dicetak (*Camera ready*).
7. Artikel harus ditulis pada kertas ukuran HVS ukuran A4 (210 x 297 mm) dan dengan format margin kiri 25 mm, margin kanan 20 mm, margin bawah 30 mm dan margin atas 20 mm, serta harus diketik dengan jenis huruf Times New Roman dengan font 10 pt (kecuali judul), satu spasi dan dalam format dua kolom (kecuali judul, nama penulis, abstrak dan kata kunci dalam format satu kolom) yang terpisah sejauh 10 mm.
8. Judul tulisan dibuat sesingkat mungkin dan jelas, menunjukkan dengan tepat masalah yang hendak dikemukakan, tidak memberi peluang penafsiran yang beraneka raga.
9. Nama Penulis ditulis dibawah Judul Artikel tanpa disertai gelar akademik. Apabila Penulis lebih dari satu orang, nama-nama ditulis pada satu baris dipisahkan oleh koma. Nama instansi ditulis di catatan kaki halaman pertama makalah.
10. Abstrak (dalam bahasa Inggris yang baik dan benar) harus memuat inti permasalahan yang dikemukakan, metode pemecahannya, dan hasil-hasil yang diperoleh serta kesimpulan, dan tidak lebih dari 200 kata.
11. Kata-kata atau istilah asing yang digunakan huruf miring (*Italic*). Paragraf baru dimulai pada ketikan ke enam dari batas kiri, sedangkan antar paragraf tidak diberi antara. Semua bilangan ditulis dengan angka, kecuali pada awal kalimat. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.

