

ENKRIPSI DATA HASIL ANALISIS KOMPONEN UTAMA (PCA) ATAS CITRA IRIS MATA
MENGUNAKAN ALGORITMA MD5

Sunaryo¹, Budi Setiyono², R. Rizal Isnanto²

Abstrak - Biometrik merupakan pengembangan dari metode dasar identifikasi seseorang dengan menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya. Setiap iris memiliki tekstur yang detail dan unik, bahkan berbeda antara mata kanan dan kirinya. Iris mata juga tidak dapat diubah serta stabil selama berpuluh-puluh tahun, sehingga dapat digunakan dalam sistem identifikasi. Tujuan penelitian ini adalah merancang algoritma PCA untuk pengenalan iris mata dan MD5 yang bermanfaat sebagai pengamanan pada proses transmisi data.

Pada Tugas Akhir ini dikembangkan teknik pengenalan iris mata dengan menggunakan metode Analisis Komponen Utama (PCA), dengan beberapa iris mata akan dikenali jika iris mata tersebut sama atau mirip sesuai dengan iris mata yang ada di dalam basis-data. Penelitian dimulai dengan merancang sebuah program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab. Program hasil rancangan tersebut digunakan untuk menguji metode PCA dengan menggunakan sejumlah citra iris mata. Sedangkan proses enkripsi data hasil Analisis Komponen Utama menggunakan Algoritma MD5.

Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa PCA sangat efektif untuk proses identifikasi iris mata, sedangkan algoritma MD5 tidak dapat digunakan untuk pengenalan secara langsung karena algoritma PCA menghasilkan keluaran yang sangat unik sehingga masukan yang sedikit berbeda, pada algoritma MD5 akan dihasilkan keluaran yang berbeda. MD5 hanya berfungsi sebagai pengamanan pada suatu transmisi data, apakah suatu data mengalami perubahan atau tidak selama proses transmisi. Dari sisi keamanan data, enkripsi MD5 dapat diandalkan karena bersifat satu arah sehingga data aslinya sangat sulit untuk diketahui.

Kata-kunci : identifikasi, iris mata, Analisis Komponen Utama (PCA), MD5.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsep identifikasi adalah mengenali seseorang dari komponen yang dimilikinya (misalnya kartu), dari kode yang diketahuinya (seperti *password* dan PIN), dari karakteristik alami (seperti wajah dan sidik jari), atau dari kombinasi ketiganya. Biometrik merupakan pengembangan dari metode dasar identifikasi dengan menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya.

Sistem yang mampu mengenali seseorang dari karakteristik iris matanya merupakan sistem

identifikasi otomatis yang relatif dapat diandalkan karena keunikan karakteristik yang ada pada iris itu sendiri. Tekstur iris unik untuk setiap orang, memiliki pola tekstur stabil selama hidup, bahkan iris mata kiri dan kanan seseorang pun memiliki tekstur yang tidak sama. Ciri tekstur itulah yang dianalisis untuk diidentifikasi.

Analisis Komponen Utama atau lebih dikenal dengan PCA (*Principal Components Analysis*) adalah suatu metode ekstraksi ciri atau pengkompresian data yang mampu mengidentifikasi ciri tertentu yang merupakan karakteristik suatu citra. PCA bertujuan mentransformasikan sejumlah besar variabel yang berkorelasi menjadi variabel yang tidak berkorelasi tanpa menghilangkan informasi penting di dalamnya.

Dari sisi keamanan data iris mata, perlu dilakukan proses penyandian informasi melalui suatu enkripsi satu arah (*one-way*). Dalam hal ini, algoritma *Message Digest 5* (MD5) merupakan suatu metode enkripsi satu arah yang relatif baru dan mampu merahasiakan suatu informasi tanpa ada kekhawatiran terhadap pembobolan informasi. Hal ini disebabkan oleh MD5 bersifat satu arah dan tanpa kunci.

1.2 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah merancang program pengenalan iris mata menggunakan analisis komponen utama (PCA) yang dienkripsi menggunakan algoritma MD5.

1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini pembahasan dibatasi pada :

1. Masukan sistem adalah citra mata dalam aras RGB (*Red, Green, Blue*). Tanpa membahas proses pengambilan, pemotretan dan pemrosesan citra sebelum digunakan.
2. Format citra asli merupakan citra berwarna 24-bit dalam format Windows Bitmap Graphics (ekstensi ***.bmp**).
3. Jenis citra yang dipakai untuk pengolahan adalah citra aras keabuan.
4. Proses klasifikasi menggunakan teknik analisis komponen utama (PCA), sedangkan proses enkripsi data hasil PCA menggunakan algoritma MD5.

5. Perangkat yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah Matlab 6.5.
6. Perangkat lunak yang dihasilkan adalah untuk mengenali citra tersebut sebagai iris mata seseorang.

II. DASAR TEORI

2.1 Sistem Biometrik dan Iris Mata

Biometrik merupakan pengembangan dari metode dasar identifikasi dengan menggunakan karakteristik alami manusia sebagai basisnya. Biometrik mencakup karakteristik fisiologis dan karakteristik perilaku. Karakteristik fisiologis adalah ciri-ciri fisik yang relatif stabil seperti wajah, sidik jari, pembuluh darah pada tangan, iris mata, pola retina, dan spektrum suara.

Pada tugas akhir ini, karakteristik yang dibahas adalah tekstur iris mata. Hal ini disebabkan oleh tekstur iris mata memiliki tingkat akurasi untuk identifikasi yang cukup tinggi. Perbandingan tingkat akurasi teknologi biometrik dengan mengacu perbandingan antara kesalahan proses identifikasi dengan ketepatan proses identifikasi dalam kondisi yang acak dapat dilihat pada Tabel 2.1.

TABEL 2.1 PERBANDINGAN KEAKURATAN TEKNOLOGI BIOMETRIK

Biometrik	Tingkat Akurasi
Pemayaran retina	1 : 10.000.000
Pemayaran iris	1 : 131.000
Pola Sidik Jari	1 : 500
Geometri Tangan	1 : 500
Dinamika tanda tangan	1 : 50
Dinamika Suara	1 : 50

2.2 Analisis Komponen Utama

Sasaran utama digunakannya teknik Analisis Komponen Utama pada tugas akhir ini adalah untuk mereduksi dimensi citra sehingga menghasilkan variabel yang lebih sedikit.

Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis*) atau PCA adalah suatu metode yang melibatkan prosedur matematika yang mengubah dan mentransformasikan sejumlah besar variabel yang berkorelasi menjadi sejumlah kecil variabel yang tidak berkorelasi, tanpa menghilangkan informasi penting di dalamnya.

Sejumlah citra dua dimensi dari setiap objek tiga dimensi yang akan dikenali, dikumpulkan untuk mewakili objek tersebut sebagai citra acuan. Dari sekumpulan citra acuan tersebut, kemudian akan dilakukan ekstraksi ciri untuk memperoleh informasi karakteristik (ciri) dari objek tersebut. Hasil ekstraksi ciri digunakan untuk dalam proses pengenalan objek multiorientasi.

Analisis Komponen Utama banyak digunakan untuk memproyeksikan atau mengubah suatu kumpulan data berukuran besar menjadi bentuk sajian data dengan ukuran yang lebih kecil. Transformasi PCA terhadap sebuah ruang data yang besar akan menghasilkan sejumlah vektor basis ortonormal dalam bentuk kumpulan vektor eigen dari suatu matriks kovarian tertentu yang dapat secara optimal menyajikan distribusi data.

Sasaran dari PCA adalah menangkap variasi total dari citra iris mata yang ada di dalam basis data yang dilatihkan. Untuk kemudian mereduksinya sehingga menjadi variabel-variabel yang lebih sedikit. Dengan reduksi ini maka waktu komputasi dapat dikurangi dan kompleksitas dari iris mata yang tidak perlu dapat dihilangkan.

Dengan mereduksi sehingga dimensinya menjadi lebih kecil, maka vektor mana yang harus direduksi dan mana yang tidak direduksi dapat ditentukan dengan mengurutkan nilai eigen terbesar ke nilai eigen terkecil dan vektor eigen-nya diurutkan sesuai dengan nilai eigen yang bersangkutan. Vektor yang direduksi adalah vektor yang mempunyai nilai eigen yang kecil, karena nilai eigen yang kecil menandakan informasi yang dibawa tidaklah seberapa penting, sehingga dapat direduksi tanpa mempengaruhi ruang citra.

Secara singkat langkah-langkah dari proses pembentukan ruang eigen menggunakan Analisis Komponen Utama adalah sebagai berikut:

1. Misalnya, terdapat sejumlah n citra.

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

2. Menghitung citra rata-rata dari matriks X dengan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.2)$$

3. Mengurangi matriks X dengan citra rata-rata, sehingga didapatkan matriks Y sebagai berikut.

$$Y = \begin{bmatrix} x_1 - \bar{x} & x_2 - \bar{x} & \dots & x_n - \bar{x} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

4. Menentukan matriks kovarians C dengan dimensi $m \times m$, yaitu jumlah piksel \times jumlah piksel sebagai berikut.

$$C = Y_i * Y_i^T \quad (2.4)$$

5. Mencari nilai eigen dan vektor eigen dari C sehingga memenuhi persamaan:

$$C \cdot b = \lambda \cdot b \quad (2.5)$$

dimana b adalah vektor eigen dan λ adalah nilai eigen.

6. Jika $[e_1 \ e_2 \ \dots \ e_M]$ dan $[\lambda_1 \ \lambda_2 \ \dots \ \lambda_M]$ adalah Analisis Komponen Utama atau vektor eigen dan nilai eigen dari matriks kovarians C , maka harga e dapat dihitung dari λ hasil langkah 6.

$$e_i = [Y_1 \ Y_2 \ \dots \ Y_M]^* \lambda_i \quad (2.6)$$

$$\lambda_i = \sigma_i$$

7. Menentukan jumlah vektor eigen (e_m) berdasarkan nilai ambang, yaitu dengan mengambil sejumlah tertentu dari vektor eigen e .

Proses pengenalan yang terjadi pada suatu sistem pengenalan pola pada umumnya adalah dengan membandingkan suatu pola masukan dengan pola yang telah tersimpan pada sistem tersebut. Sebagai bagian dari pengenalan pola, pengenalan iris mata dengan metode PCA pun bekerja dengan prinsip yang sama.

Setelah melakukan proses pelatihan, maka akan dihasilkan suatu pola latih yang pada metode ini berupa vektor ciri yang berisi komponen utama dari sejumlah citra latih. Sejumlah vektor ciri tersebut disimpan dalam suatu matrik dan akan dikeluarkan pada saat proses pengenalan. Untuk proses pengenalan, suatu citra uji yang memiliki dimensi yang sama dengan citra latih telah disajikan ke sistem. Citra uji tersebut kemudian diekstraksi ciri dengan cara mengalikan dengan vektor eigen citra latih dan akan menghasilkan vektor ciri berisikan komponen utama yang memiliki dimensi yang sama dengan vektor ciri citra latih.

Setelah didapatkan vektor ciri dari citra uji, maka proses selanjutnya adalah membandingkan vektor ciri dari citra uji dengan vektor ciri citra latih. Perbandingan tersebut dapat dilakukan dengan cara menghitung jarak euclidean. Jarak euclidean adalah akar dari jumlah selisih kuadrat antara 2 vektor dan secara matematis dapat dirumuskan:

$$dist(a, b) = \sqrt{\sum_{i=1}^K (a_i - b_i)^2} \quad (2.7)$$

dengan $dist(a, b)$ adalah jarak euclidean antara vektor a dan vektor b ;

a_i adalah komponen ke i dari vektor a ;

b_i adalah komponen ke i dari vektor b ;

K adalah jumlah komponen pada vektor a dan vektor b

Dari hasil perhitungan jarak euclidean tersebut dapat ditentukan suatu citra iris mata adalah mirip bila memiliki jarak yang paling dekat.

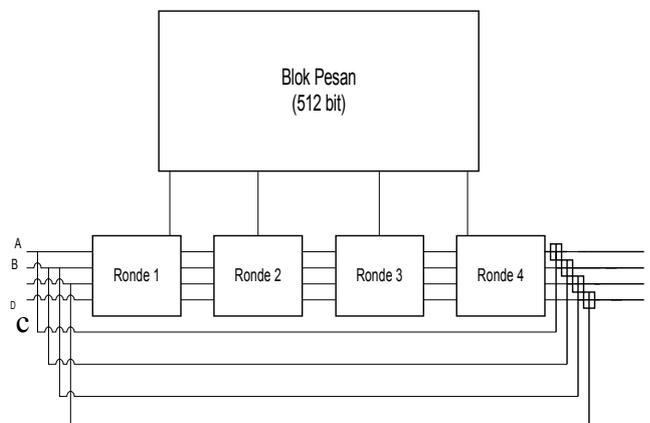
2.3 Prinsip Dasar Message Digest 5 (MD5)

Message Digest 5 (MD5) adalah salah satu penggunaan fungsi hash satu arah yang paling banyak digunakan. MD5 merupakan fungsi hash kelima yang dirancang oleh Ron Rivest. MD5 merupakan pengembangan dari MD-4 dimana terjadi penambahan satu ronde. MD5 memproses teks masukan ke dalam blok-blok bit sebanyak 512 bit, kemudian dibagi ke dalam 32 bit sub blok sebanyak 16 buah. Keluaran dari MD5 berupa 4 buah blok yang masing-masing 32 bit yang mana akan menjadi 128 bit yang biasa disebut nilai hash.

Pertama, pesan akan ditambahkan bitnya sehingga akan menjadi kelipatan $448 \bmod 512$ sehingga membutuhkan 64 bit lagi. Pengisian dilakukan dengan cara mengisikan bit '1' lalu diikuti bit '0' sebanyak yang diperlukan. 64 bit tersebut yang menggambarkan panjang pesan sebelum dilakukan pengisian ditambahkan pada hasil setelah dilakukan pengisian bit sehingga panjang bit keseluruhan adalah kelipatan 512 bit (dibutuhkan untuk algoritma selanjutnya).

Kedua, yaitu dilakukan inialisasi buffer berupa empat buah variabel yang masing-masing berjumlah 32 bit yang biasa disebut variabel berantai. Kemudian pesan tersebut masuk ke dalam simpul utama sebanyak 4 ronde.

Pada Gambar 2.1 terlihat simpul utama dari MD5. Simpul utama MD5 mempunyai blok pesan dengan panjang 512 bit yang masuk ke dalam 4 buah ronde. Hasil keluaran dari MD5 adalah berupa 128 bit dari word terendah A dan tertinggi word D.



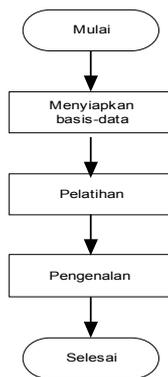
Gambar 2.1 Simpul Utama MD5

MD5 dipergunakan untuk aplikasi tanda tangan digital, penggunaan *Password, Pretty Good Privacy* (PGP) yang dibuat oleh Ian Zimmerman ataupun dalam memberi garansi dalam men-download file yang benar terbebas dari trojan atau file yang rusak.

Pembuatan MD5 dilakukan berdasarkan kemampuan para kriptologis untuk menembus MD-4, walaupun baru 2 blok pertama saja tetapi membuat Ron Rivest ingin membuat metode yang lebih kuat. MD5 lebih lambat dari pada MD-4 tetapi mempunyai desain yang lebih baik. MD-4 mempunyai kecepatan yang tinggi tetapi sudah mencapai “tepi batas” kritis dari kemampuan para analis untuk menembusnya.

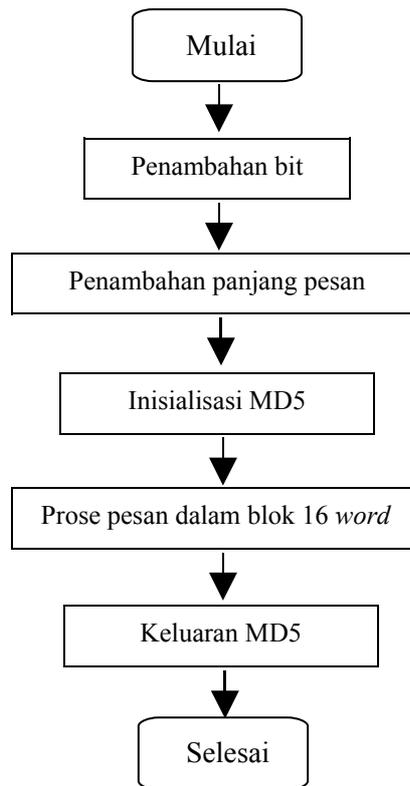
III. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas perencanaan simulasi sistem pengenalan iris mata yang secara umum terdiri atas tiga proses penting. Ketiga proses tersebut yang pertama adalah menyiapkan basis-data yaitu diperlukan sekumpulan citra iris mata dengan ukuran piksel yang sama yang disiapkan untuk pelatihan. Kedua adalah pelatihan sistem yang merupakan proses ekstraksi ciri terhadap sejumlah citra iris mata dengan menggunakan metode PCA sehingga menghasilkan sejumlah vektor ciri citra latih. Ketiga adalah proses pengenalan, yaitu penyajian suatu citra untuk dikenali dengan cara membandingkan vektor ciri citra tersebut dengan vektor ciri citra latih. Secara garis besar diagram alir sistem pengenalan iris mata ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir sistem pengenalan iris mata

Terdapat lima langkah dalam perancangan program enkripsi MD5 yaitu penambahan bit, penambahan panjang pesan, inisialisasi MD5, proses pesan di dalam blok 16 word, dan keluaran dari MD5 adalah 128 bit dari word terendah A dan tertinggi word D masing-masing 32 bit. Secara garis besar diagram alir algoritma MD5 dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Diagram alir algoritma MD5

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hal-hal yang diteliti dalam Tugas Akhir ini adalah pengaruh nilai ambang terhadap hasil pengenalan, nilai PCA untuk citra-citra yang bersesuaian, dan nilai MD5 atas PCA citra iris mata.

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dari penelitian diperoleh hasil bahwa penentuan nilai ambang sangat mempengaruhi hasil pengenalan. Nilai ambang yang lebih kecil dari jarak euclidean akan menyebabkan sebuah citra tidak dikenali oleh sistem. Sedangkan jika tidak digunakan nilai pengembangan sistem akan mengenali semua citra yang diujikan, meskipun itu sebenarnya bukan identitas dari sebuah citra tersebut. Nilai ambang optimal untuk sistem ini adalah 9, dimana pada nilai ambang ini sistem mampu mengenali citra-citra yang diujikan dengan tingkat keberhasilan 100%.

Hasil PCA untuk citra-citra yang bersesuaian adalah sangat berbeda. Apabila nilai-nilai tersebut di masukkan ke dalam algoritma MD5 akan menghasilkan keluaran yang berbeda. Hal ini

menyebabkan nilai MD5 dari citra-citra yang bersesuaian akan berbeda pula, sehingga apabila yang dibandingkan nilai MD5-nya citra-citra tersebut akan dikenali sebagai individu yang berbeda.

TABEL 4.1 HASIL PENGUJIAN DENGAN NILAI AMBANG 9

Citra uji	Dikenal Sebagai	Jarak Euclidean
mata1	tidak dikenal	3155.0351
mata2	tidak dikenal	1789.0018
mata3	iris1	8.6698
mata4	tidak dikenal	2275.3173
mata5	tidak dikenal	2985.777
mata6	tidak dikenal	1766.6331
mata7	tidak dikenal	2563.0959
mata8	tidak dikenal	2440.0701
mata9	iris1	6.3766
mata10	tidak dikenal	2383.6107
mata11	tidak dikenal	2473.8815
mata12	tidak dikenal	2143.3435
mata13	tidak dikenal	2062.5539
mata14	tidak dikenal	1920.4249
mata15	tidak dikenal	2116.6028
mata16	iris1	1.0915×10^{-11}
mata17	iris2	1.5323×10^{-11}
mata18	iris3	3.0371×10^{-11}
mata19	iris4	2.5241×10^{-11}
mata20	iris5	2.1876×10^{-11}
mata21	iris6	2.0798×10^{-11}
mata22	iris7	2.1508×10^{-11}
mata23	iris8	3.068×10^{-11}
mata24	iris9	1.857×10^{-11}
mata25	iris10	8.0778×10^{-12}

Pada algoritma MD5 masukan yang sedikit saja berbeda akan menghasilkan keluaran yang sangat berbeda, sehingga tidak dapat digunakan secara langsung dalam proses pengenalan. MD5 hanya dapat digunakan sebagai pembanding atau pengaman pada suatu transmisi data.

Sebagai contoh hasil MD5 untuk nilai PCA yang asli dengan yang dibulatkan akan menghasilkan keluaran yang sangat berbeda, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2.

TABEL 4.2 PERBANDINGAN HASIL MD5 ATAS PCA ASLI DENGAN YANG DIBULATKAN

PCA tidak dibulatkan	PCA dibulatkan 2 digit pecahan
2732,3938	2732,39
365,3553	365,36
398,7627	398,76

-357,7071	-357,71
-237,6302	-237,63
-1913,4739	-1913,47
326,28	326,28
1048,2993	1048,3
-340,2956	-340,3
361,1059	361,11
AAB61F2877C2BB54DC 0DEFA4304DDFD8	C6B4DAE767A40316E8C A8E555D469B0C

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa perubahan data nilai PCA sedikit saja akan menyebabkan nilai MD5 berbeda.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil pengolahan PCA atas citra-citra uji dari iris mata seseorang ternyata menghasilkan matriks hasil yang sangat unik.
2. Algoritma MD5 tidak dapat dimanfaatkan secara langsung untuk pengenalan karena matriks hasil PCA sangat berbeda. Enkripsi MD5 dapat dimanfaatkan sebagai pengaman pada proses transmisi data dari *client* ke server.
3. Penentuan nilai ambang yang optimal akan sangat mempengaruhi hasil pengenalan. Apabila nilai ambang lebih kecil dari jarak euclidean suatu citra, maka citra tersebut tidak akan dikenali. Nilai ambang optimal untuk program ini adalah 9.
4. Untuk citra-citra yang bersesuaian, dapat dikenali sebagai sebuah citra yang sama meskipun hasil enkripsi MD5-nya berbeda karena yang dibandingkan dalam pengenalan adalah keluaran hasil PCA.

5.2 Saran

1. Penelitian dapat dilanjutkan dengan menambahkan perangkat keras, yaitu kamera bergerak untuk membuat sistem pengenalan iris mata dengan kondisi bergerak atau bersifat *online*.
2. Perlu penelitian dengan metode lain, sebagai contoh menggunakan metode ICA dan Jaringan Saraf Tiruan. Setelah itu hasil-hasil tersebut dibandingkan satu sama lain, termasuk di dalamnya PCA untuk dapat diketahui hasil pengenalan terbaik.
3. Perlu penelitian menggunakan algoritma enkripsi yang lain, misalnya RSA maupun yang lainnya untuk kemudian dibandingkan

agar dapat diketahui algoritma yang cocok untuk enkripsi data citra iris mata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Cullen, Charles G., *Aljabar Linier dengan Penerapannya*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1993.
- [2]. Jain, A. K., *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1989.
- [3]. Murni, A., *Pengantar Pengolahan Citra*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1992.
- [4]. Munir, R., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Informatika, Bandung, 2004.
- [5]. Romdhani, S., *Face Recognition Using Principal Components Analysis*, <http://www.elec.gla.ac.uk/~romdhani>, Juli 2004.
- [6]. Santoso, S.J., *Pengenalan Jenis-Jenis Ikan Menggunakan Metode Analisis Komponen Utama (Principal Components Analysis)*, Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- [7]. Silaban, Anton., *Aljabar Linier Elementer*, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, 1990.
- [8]. Susanto, T., *Aplikasi Kriptografi Dengan Algoritma Message Digest 5 (MD5)*, Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2004.
- [9]. Wibowo, B.B., *Pengenalan Wajah Menggunakan Analisis Komponen Utama*, Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [10]. Wijayanto, W.S., *Identifikasi Iris Mata Menggunakan Tapis Gabor Wavelet Dan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ)*, Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang, 2005.
- [11]. ----, *Image Processing Toolbox User's Guide MATLAB Help v. 6.5*, The MathWorks, Inc., Natick, MA., 2003.
- [12]. ----, *Principal Components Analysis*, <http://www.fon.hum.uva.nl/praat>, Juli 2004.



SUNARYO dilahirkan di Demak, 29 Maret 1982. Menempuh pendidikan di SDN Pundenarum 3 lulus tahun 1994, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Karangawen lulus tahun 1997, dilanjutkan lagi di SMU Negeri 2 Semarang lulus tahun 2000, dan sampai saat ini masih menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang Konsentrasi Elektronika Telekomunikasi dan semoga dapat lulus tahun 2007.

Menyetujui dan Mengesahkan,

Pembimbing I,

Budi Setiyono, S.T., M.T.

NIP. 132 283 184

Tanggal

Pembimbing II,

R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.

NIP. 132 288 515

Tanggal

