

TESIS

**SISTEM PENGENALAN WAJAH PADA SUBRUANG ORTHOGONAL
DENGAN MENGGUNAKAN LAPLACIANFACES TERDEKOMPOSISI QR**

Oleh :

PURBANDINI
5104 201 002



**PROGRAM STUDI MAGISTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2006**

**SISTEM PENGENALAN WAJAH PADA SUBRUANG ORTHOGONAL
DENGAN MENGGUNAKAN LAPLACIANFACES TERDEKOMPOSISI QR**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

PURBANDINI
NRP. 5204 201 002

Tanggal ujian : 31 Juli 2006
Periode Wisuda : September 2006

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis :

Penguji,

Pembimbing

1. Dr.Ir. Joko Lianto Buliali, M.Sc
NIP. 131 996 151

Rully Soelaiman, S.Kom, M.Kom
NIP. 132 085 802

2. Ir. Esther Hanaya, M.Sc
NIP. 130 816 212

3. Yudhi Purwananto, S.Kom, M.Sc
NIP.

Direktur Program Pasca Sarjana,

Prof. Ir. Happy Ratna S, M.Sc, Ph.D
NIP. 130 541 829

FACE RECOGNITION SYSTEM ON ORTHOGONAL SUBSPACE

USING THE LAPLACIANFACES QR DECOMPOSITION

Name of Student : Purbandini
Student Number : 5204 201 002
Supervisor : Rully Soelaiman, S.Kom, M.Kom

ABSTRACT

The optimal system development of face recognition will depend mostly on employed characteristic selection process as on pattern recognition. In the characteristic selection process, there exists 2 aspects that mutually inclusive, i.e. reduction aspects with the number of used data on clarification and increasing discrimination ability aspect respect with the amount of used to on clasification. There are some methods of face recognition that currently developing, e.g. Eigenfaces, Fisherfaces and Laplacianfaces.

On the Eigenfaces method, the PCA is used. The Fisherfaces method further employs both PCA and LDA. However, on the Laplacianfaces method uses LPP. The PCA and LDA aim to help the global structure presentation, while the LPP is one of the bases of appearance method on face recognition, in which the presented manifold local structure is mapped into adjacency graph from trained data points.

To obtain highly speed and accuracy, and tiny space to keep data on the face recognition then it is required an algorithm having cheap computational cost, i.e. LPP/QR algorithm in which it consists of 2 stages. The first stage algorithm maximize the distance of *between-class scatter matrices* by using QR decomposition and following with the second stage algorithm minimizing the distance of *within-class scatter matrices*. Therefore, it is obtained an optimal discriminant on those data.

In this research, we conduct comparison of some algorithms on the face recognition, i.e. PCA, LDA/QR and LPP/QR algorithms, while on the clasification of the face recognition, we use the Euclidean distance method. We further employ face databases of the Olivetti-Att-ORL (ORL), Bern (UB) and Yale in our experiments. We obtain that the minimum error is achieved at the percentage of 4.17, 2.22 and 3.33 in the ORL, UB and Yale, respectively, by using LPP/QR method.

Keywords : LDA, dimension reduction, classification, QR decomposition, LPP

**SISTEM PENGENALAN WAJAH PADA SUBRUANG ORTHOGONAL
DENGAN MENGGUNAKAN LAPLACIANFACES TERDEKOMPOSISI QR**

Nama : Purbandini
NRP : 5204 201 002
Dosen Pembimbing : Rully Soelaiman, S.Kom, M.Kom

ABSTRAK

Pengembangan sistem pengenalan wajah yang optimal akan sangat bergantung pada proses seleksi ciri yang digunakan sebagai basis pada pengenalan pola. Dalam proses seleksi ciri tersebut akan terdapat 2 aspek yang akan saling berpengaruh yaitu aspek reduksi terhadap jumlah data yang digunakan pada klasifikasi serta peningkatan kemampuan pendiskriminasinya. Ada beberapa metode pengenalan wajah yang sekarang berkembang diantaranya Eigenfaces, Fisherfaces dan Laplacianfaces.

Pada metode Eigenfaces menggunakan PCA, Fisherfaces menggunakan PCA+LDA sedangkan Laplacianfaces menggunakan LPP. PCA dan LDA membantu penyajian struktur global sedangkan LPP merupakan salah satu metode yang berdasarkan penampakan dalam pengenalan wajah, dimana struktur lokal manifold yang disajikan dipetakan dalam adjacency graph dari titik-titik data pelatihan.

Untuk mendapatkan kecepatan dan keakuratan yang tinggi serta ruang yang dibutuhkan untuk menyimpan data lebih kecil dalam pengenalan wajah maka dibutuhkan algoritma yang mempunyai biaya komputasi yang murah yaitu algoritma LPP/QR, dimana algoritma tersebut terdiri dari 2 tingkat. Algoritma tingkat pertama memaksimumkan jarak *between-class scatter matrices* dengan menggunakan dekomposisi QR dan algoritma tingkat kedua meminimumkan jarak *within-class scatter matrices*. Sehingga didapatkan deskriminan yang optimal pada data tersebut.

Pada penelitian ini, peneliti membandingkan beberapa algoritma dalam pengenalan wajah yaitu algoritma PCA, LDA/QR dan LPP/QR sedangkan pengklasifikasiannya menggunakan metode jarak Euclidean. Sedangkan basis data wajah yang digunakan dalam pengujian yaitu Olivetti-Att-ORL (ORL), Bern (UB) dan Yale. Kesalahan minimum dalam pengenalan wajah dengan menggunakan metode LPP/QR pada masing-masing basis data wajah tersebut 4.17%, 2.22% dan 3.33%.

Kata kunci : LDA, reduksi dimensi, klasifikasi, dekomposisi QR, LPP

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur keharidat Allah SWT, atas rahmad, taufik hidayah dan inayahNya, maka penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul :

Sistem Pengenalan Wajah Pada Subruang Orthogonal

Dengan Menggunakan Laplacianfaces Terdekomposisi QR

dapat selesai tepat waktu. Semoga apa yang telah dihasilkan dari penelitian ini dapat berguna dan memberikan manfaat bagi pembaca. Tesis ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan memenuhi gelas Magister Komputer (MKom) di jurusan Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dengan limpahan dan bimbinganNya, serta dukungan dan bantuan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Rully Soelaiman, S.Kom, M.Kom, selaku pembimbing yang dengan penuh pengertian selalu memberikan waktu, bimbingan dan arahan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
2. Ibu Prof. Ir. Happy Ratna S, M.Sc, Ph.D, selaku Direktur Pasca Sarjana ITS Surabaya
3. Bapak Dr. Ir. Joko Lianto Buliali, M.Sc, ibu Ir. Esther Hanaya, M.Sc dan bapak Yudhi Purwananto, S.Kom, M.Sc, selaku dosen penguji yang telah menguji dan memberikan saran pada hasil penelitian ini.

4. Bapak Ir. F.X Arunanto, M.Sc, selaku ketua Program Studi Pasca Sarjana Jurusan Teknik Informatika ITS Surabaya
5. Ibu Ir. Nanik Suciati, M.Sc, selaku dosen wali beserta seluruh dosen Jurusan Teknik Informatika yang telah memberikan bekal ilmu bagi penulis.
6. Bakti dan terima kasih kepada kedua orang tua, Bapak Ibu Soeparman, atas doa dan kasihnya yang sepanjang jalan menyertai kehidupan penulis.
7. Kakak-kakakku tercinta Dr. Basuki Widodo, M.Sc dan Sistriono, SH, atas segala doa, harapan, dorongan dan pengorbanan yang diberikan sehingga mampu menjadi motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.
8. Teman-teman seperjuangan Pasca Sarjana Teknik Informatika angkatan 2004, terima kasih atas segala kebersamaan selama menuntut ilmu di ITS dan motivasi sehingga terselesainya penelitian ini.
9. Segenap karyawan Jurusan Teknik Informatika ITS beserta semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya, terima kasih atas segala bentuk bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Semoga Allah SWT selalu melimpahkan inayahNya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penelitian ini. Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang dihasilkan dari penelitian ini, untuk itu penulis mengharapkan bagi pembaca yang berminat, dapat mengembangkan lebih lanjut demi kesempurnaan penelitian ini. Seiring dengan doa “Semoga Allah menunjukkan jalan yang diridhoi dan selalu menerangi kehidupan kita semua. Amin”

Surabaya, Juli 2006

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRACT.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SIMBOL DAN NOTASI.....	xi
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah.....	3
1.3 Batasan masalah.....	3
1.4 Tujuan dan manfaat penelitian.....	4
1.5 Kontribusi	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Vektor dan Ruang Wajah.....	6
2.2 Tranformasi Matriks	8
2.3 Metode Principal Component Analysis (PCA).....	10
2.4 Metode Linier Discriminant Analysis (LDA).....	18
2.4.1 Metode Pengenalan Pola dengan Pendekatan Statistik.....	18
2.4.2 Fungsi Diskriminasi Linier	21
2.4.3 Linier Discriminant Analysis (LDA).....	22
2.5 Locality Preserving Projection (LPP).....	24
2.5.1 LPP Dihubungkan dengan PCA	25
2.5.2 LPP Dihubungkan dengan LDA	26
2.6 Dekomposisi QR.....	29
2.7 LDA/QR.....	32

BAB III : METODE DAN IMPLEMENTASI	35
3.1 Reduksi Dimensi	36
3.2 Membangun Graph Ketetanggaan Terdekat	37
3.3 Pemilihan Bobot	38
3.4 Pengenalan Wajah dengan Laplacianfaces Terdekomposisi QR.....	38
3.5 Pengklasifikasian Data.....	39
3.6 Kompleksitas Waktu dari Algoritma LPP/QR.....	40
3.7 Skalabilitas dari Algoritma LPP/QR.....	42
BAB IV : UJI COBA DAN ANALISA HASIL	44
4.1 Spesifikasi Sistem	45
4.2 Metodologi Pengujian.....	46
4.3 Hasil Pengujian	51
4.3.1 Akurasi Pengklasifikasian.....	51
4.3.2 Pengukuran Waktu.....	60
4.4 Analisis Hasil.....	61
4.4.1 Akurasi Pengklasifikasian.....	61
4.4.2 Efisiensi	63
4.4.3 Skalabilitas.....	64
4.5 Perbandingan Metode LPP/QR dengan Metode PCA dan LDA/QR ...	65
4.5.1 LPP/QR dengan PCA.....	65
4.5.2 LPP/QR dengan LDA/QR	66
BAB V : KESIMPULAN	67
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gb. 2.4 Himpunan data pelatihan sebanyak 16 subyek dengan dimensi 10304	8
Gb. 2.6 Eigenfaces dari himpunan data pelatihan gambar 2.4	16
Gb. 2.7 Representasi inner product dua matriks eigenface	16
Gb. 2.8 Distribusi normal dengan mean $\begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}$ dan matriks kovarian $\begin{bmatrix} 5.5 & 0 \\ 0 & 5.5 \end{bmatrix}$	19
Gb. 2.9 Daerah Keputusan Hyperplane & Kontur Fungsi Padat Peluang tiap kelas pola.....	21
Gb. 3.1 Blok diagram sistem.....	35
Gb. 3.2 Graph ketetanggaan terdekat untuk 2 kelas	37
Gb. 4.1 Akurasi pengenalan wajah untuk tiap variasi pengujian pada Basis Data Wajah (a) Yale, (b) UB dan (c) ORL	62
Gb. 4.2 Pengukuran waktu pengenalan wajah Uji data 5, Uji data 6 dan Uji data 7	64
Gb. 4.3 Pengukuran skalabilitas terhadap jumlah data pelatihan pada Basis Data Wajah UB	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matriks kovarian berordo 16x16 berdasarkan gambar 2.4.....	11
Tabel 3.1 Perbandingan kompleksitas waktu dan ruang pada metode PCA, LDA/QR dan LPP/QR	43
Tabel 4.1 Statistik dari basis data wajah yang digunakan dalam pengujian	45
Tabel 4.2 Himpunan data citra pelatihan pada Basis Data Wajah Yale.....	47
Tabel 4.3 Himpunan data citra pelatihan pada Basis Data Wajah UB.....	48
Tabel 4.4 Himpunan data citra pelatihan pada Basis Data Wajah ORL	49
Tabel 4.5 Hasil pengujian Basis Data Wajah Yale dengan metode Eigenfaces.....	51
Tabel 4.6 Hasil pengujian Basis Data Wajah Yale dengan metode LDA/QR	52
Tabel 4.7 Hasil pengujian Basis Data Wajah Yale dengan metode LPP/QR.....	53
Tabel 4.8 Hasil pengujian Basis Data Wajah UB dengan metode Eigenfaces.....	54
Tabel 4.9 Hasil pengujian Basis Data Wajah UB dengan metode LDA/QR	55
Tabel 4.10 Hasil pengujian Basis Data Wajah UB dengan metode LPP/QR.....	56
Tabel 4.11 Hasil pengujian Basis Data Wajah ORL dengan metode Eigenfaces	57
Tabel 4.12 Hasil pengujian Basis Data Wajah ORL dengan metode LDA/QR.....	58
Tabel 4.13 Hasil pengujian Basis Data Wajah ORL dengan metode LPP/QR.....	59
Tabel 4.14 Pengukuran waktu terhadap pada basis data wajah UB, ORL dan Yale.....	60
Tabel 4.15 Hasil pengukuran akurasi pengklasifikasian pengenalan wajah (%)	61
Tabel 4.16 Kesalahan pengenalan dan dimensi yang dicapai pada basis data Yale.....	62
Tabel 4.17 Kesalahan pengenalan dan dimensi yang dicapai pada basis data UB.....	63
Tabel 4.18 Kesalahan pengenalan dan dimensi yang dicapai pada basis data ORL	63

DAFTAR SIMBOL DAN NOTASI

N	:	Jumlah data training
n	:	Jumlah dimensi
k	:	Jumlah kelas
A	:	Data matriks
H_b	:	Precursor dari antar kelas scatter
H_w	:	Precursor dari within-class scatter
S_b	:	Antar kelas scatter matrix
S_w	:	Within-class scatter matrix
S_t	:	Total scatter matrix
G	:	Matriks transformasi
l	:	Jumlah dimensi yang dihasilkan oleh LDA
A_i	:	Data matriks dari kelas ke- i
m_i	:	Titik berat kelas ke- i
N_i	:	Jumlah data dalam kelas ke- i
m	:	Titik berat keseluruhan dari training dataset
K	:	Jumlah nearest neighbor dalam KNN
p	:	Jumlah dimensi yang dihasilkan oleh PCA
σ	:	Perturbasi dalam Regularized LDA