

**PENGENALAN CITRA WAJAH MENGGUNAKAN
MINIMUM DISTANCE CLASSIFIER BERDASARKAN
*PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS***

Laporan Tesis

**Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelas Magister Ilmu Komputer**



OLEH :

**BELLA ADINDA PUTRI
09042681620007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**Pengenalan Citra Wajah Menggunakan Minimum Distance
Classifier Berdasarkan Principal Component Analysis**

TESIS

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister

OLEH :

BELLA ADINDA PUTRI

09042681620007

Palembang,

2021

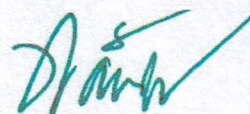
Pembimbing I,

Pembimbing II,



Prof. Drs. Saparudin, M.T., Ph.D.

NIP. 196904121995021001

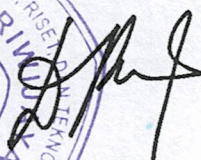


Samsuryadi, M.Kom., Ph.D.

NIP. 197102041997021003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer



Dian Palupi Rini, M. Kom., Ph. D.

NIP. 197802232006042002

HALAMAN PERSETUJUAN

Pada hari Kamis tanggal 30 Juli 2020 telah dilaksanakan ujian sidang Tesis II secara daring oleh Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Bella Adinda Putri

NIM : 09042681620007

Judul : Pengenalan Citra Wajah Menggunakan *Minimum Distance Classifier*
Berdasarkan *Principal Component Analysis*.

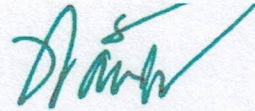
1. Pembimbing I

Prof. Drs. Saparudin, M.T., Ph.D.
NIP. 196904121995021001



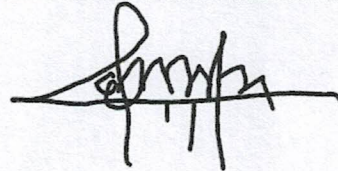
2. Pembimbing II

Samsurvadi, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197102041997021003



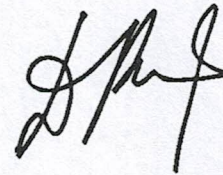
3. Penguji I

Dr. Ermatita, M.Kom.
NIP. 196709132006042001



4. Penguji II

Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002



Mengetahui,

Koordinator Program Studi
Magister Ilmu Komputer



Dian Palupi Rini, M. Kom., Ph. D.
NIP. 197802232006042002

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bella Adinda Putri

NIM : 09042681620007

Judul : Pengenalan Citra Wajah Menggunakan *Minimum Distance Classifier*
Berdasarkan *Principal Component Analysis*.

Hasil Pengecekan Software Turnitin : 17%

Menyatakan bahwa laporan tesis saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam laporan tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 11 November 2021



Bella Adinda Putri

NIM. 09042681620007

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan karunia-Nya, dan setiap kemudahan dan kesabaran yang telah diberikan-Nya kepada penulis yang akhirnya dapat menyelesaikan Tesis dengan judul **“Pengenalan Citra Wajah Menggunakan *Minimum Distance Classifier* Berdasarkan *Principal Component Analysis*”**. Dalam proses penyusunan dan penyelesaian Laporan Tesis ini, penulis sangat membutuhkan kerjasama, bantuan, bimbingan, pengarahan, petunjuk dan saran – saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya terutama kepada :

1. Mama, Papa, Maseyi, Dedek, Bebe, Mbak Ade 1, Mbak Ade 2, dan Culun yang memberikan dukungan berharga berupa kasih sayang, didikan, nasihat, motivasi, dan doa yang tidak pernah terputus.
2. Jaidan Jauhari, M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Dian Palupi Rini, M.Kom, Ph.D. selaku Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah memberikan kebijakan dan dukungannya selama pengerjaan Tesis.
4. Prof. Drs. Saparudin, M.T., Ph.D. selaku Pembimbing I Tesis yang memberikan arahan selama penelitian Tesis dan publikasi – publikasi sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister.
5. Samsuryadi, M.Kom., Ph.D. selaku Pembimbing II Tesis yang bersedia meluangkan waktu dan tenaga dalam memberi nasihat, saran, motivasi dan koreksi yang sangat berarti selama penelitian Tesis dan publikasi – publikasi sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister.

6. Dr. Ermatita, M.Kom. dan Dian Palupi Rini, M.Kom, Ph.D selaku Penguji 1 dan Penguji 2 yang sejak awal telah memberikan masukan berupa arahan dan saran untuk penelitian Tesis yang lebih baik.
7. Dr. Ir. Sukemi, M.T. dan seluruh dosen Program Studi Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah sangat berjasa dalam melimpahkan ilmunya kepada penulis selama proses perkuliahan.
8. Jeo, Anggi, Yaya, Dya, Chanyeol, dan Nana atas *unlimited support* nya.
9. Teman – teman seperjuangan Verlly, Dwi, Kak Nia, Yulia, Susan, dan Nurul atas dorongan – dorongan tanpa hentinya.
10. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung yang tidak dapat penulis jelaskan satu persatu.

Dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf bila terdapat kekurangan dalam penyusunan Laporan Tesis ini. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, dengan lapang dada dan keterbukaan, penulis menerima segala saran dan kritik yang membangun demi lebih baiknya penyusunan laporan serupa di masa mendatang. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya Magister Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Palembang, Agustus 2020

Penulis

FACE RECOGNITION USING MINIMUM DISTANCE CLASSIFIER BASED ON PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

Bella Adinda Putri

Abstract

The combination of Principal Component Analysis (PCA) and Minimum Distance Classifier methods in face recognition can work well on more than one standard datasets. The addition of pre-processing stages in the form of image enhancement in this study is very important in improving the quality of the input image so that it can provide better accuracy than previous studies without slowing down the system. However, to achieve this goal, it is necessary to conduct a literature study to understand the concepts and theoretical basis in order to strengthen the assumptions of image enhancement techniques, Principal Component Analysis as feature extraction method, and Minimum Distance Classifier as recognition method. Recognition result with ORL database get an accuracy of 97%, while recognition result with YALE database get an accuracy of 94.6%. So it can be concluded that the addition of image enhancement techniques in the combination of the Principal Component Analysis and Minimum Distance Classifier methods can provide a fast and simple solution by increasing or without reducing its standard accuracy.

Keywords: Face Recognition, Image Enhancement, Feature Extraction, Principal Component Analysis, Minimum Distance Classifier

PENGENALAN CITRA WAJAH MENGGUNAKAN *MINIMUM DISTANCE* *CLASSIFIER* BERDASARKAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS*

Bella Adinda Putri

Abstrak

Penggabungan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Minimum Distance Classifier* dalam pengenalan wajah dapat bekerja dengan baik pada lebih dari satu dataset standar. Penambahan tahapan *pre-processing* berupa *image enhancement* di penelitian ini sangat berperan penting dalam memperbaiki kualitas citra input sehingga dapat memberikan akurasi yang lebih baik dari penelitian sebelumnya dengan tanpa memperlambat kerja sistem tersebut. Namun untuk mencapai tujuan tersebut, perlu dilakukan studi kepustakaan untuk memahami konsep dan landasan teori agar dapat memperkuat asumsi teknik *image enhancement*, metode *Principal Component Analysis* sebagai metode ekstraksi ciri, dan *Minimum Distance Classifier* sebagai metode pengenalan. Hasil pengenalan dengan menggunakan data uji dari ORL database mendapatkan keakuratan sebesar 97%, sedangkan hasil pengenalan menggunakan data uji dari YALE database mendapatkan keakuratan sebesar 94,6%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan teknik *image enhancement* di dalam penggabungan metode *Principal Component Analysis* dan *Minimum Distance Classifier* dapat memberikan solusi yang cepat dan sederhana dengan meningkatkan atau tanpa mengurangi akurasi standar.

Kata kunci: Pengenalan Wajah, *Image Enhancement*, Ekstraksi Ciri, *Principal Component Analysis*, *Minimum Distance Classifier*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengolahan Citra	6
2.2 Pengenalan Pola	7
2.3 Sistem Pengenalan Wajah	8
2.4 Penelitian Sebelumnya	9
2.5 Pra-Pengolahan (<i>Pre-Processing</i>)	10
2.5.1 Pencerahan Citra (<i>Image Brightening/Brightness</i>)	11
2.5.2 Perbaikan Kontras (<i>Contrast Enhancement</i>)	11
2.6 <i>Principal Component Analysis</i>	12
2.7 <i>Minimum Distance Classifier</i>	14
2.8 Pengukuran Kinerja Standar	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Kerangka Kerja	16
3.2 Analisis Data Citra Wajah	17
3.3 Analisis Pra-Pengolahan	18
3.4 Analisis Ekstraksi Ciri (<i>Principal Component Analysis</i>)	19
3.5 Analisis <i>Minimum Distance Classifier</i>	26
3.6 Analisis Kebutuhan Sistem	26
3.6.1 Deskripsi Umum Sistem	26
3.6.2 Spesifikasi Kebutuhan Sistem	26
3.7 Perancangan Antar Muka	27
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	
4.1 Implementasi Sistem	30
4.1.1 Lingkungan Implementasi	30
4.1.2 Implementasi Kelas	30
4.1.3 Implementasi Antar Muka	34
4.2 Pengujian Sistem	36
4.2.1 Lingkungan Pengujian	36
4.2.2 Rencana Pengujian	36
4.2.3 Kasus Uji	38
4.2.4 Hasil Pengujian Sistem	42
4.3 Pengujian Penelitian	42
4.3.1 Hasil Pengujian Penelitian	42
4.3.2 Pengujian Data Citra yang Sama dengan Data Latih	42
4.3.3 Pengujian Data Citra yang Berbeda dengan Data Latih	45
4.3.4 Analisis Hasil Penelitian	49
4.4 Analisis Hasil dari Perspektif PCA dan MDC	52
4.5 Perbandingan dengan Metode Lain	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	..

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Proses Pra-Pengolahan 10
Gambar 2.2	Contoh Pencerahan Citra 11
Gambar 2.3	<i>Contrast Enhancement & Thresholding</i> 11
Gambar 3.1	Kerangka Kerja Sistem Pengenalan Wajah 16
Gambar 3.2	Proses dalam Sistem Pengenalan Wajah 17
Gambar 3.3	Diagram Alir proses Pra-Pengolahan 18
Gambar 3.4	Hasil Pra-Pengolahan <i>Image Enhancement</i> Citra Wajah dari ORL <i>Database</i> 19
Gambar 3.5	Proses Ekstraksi Ciri Menggunakan PCA 20
Gambar 3.6	Proses Pengenalan Wajah dengan <i>Minimum Distance</i> <i>Classifier</i> 26
Gambar 3.4	Rancangan Antarmuka Pengenalan Wajah 28
Gambar 3.5	Rancangan Antarmuka Pelatihan Wajah 29
Gambar 4.1	Antar Muka Main Form 34
Gambar 4.2	Antar Muka Pelatihan Wajah 35
Gambar 4.3	Antar Muka Pengenalan Wajah 35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1	Daftar Implementasi Kelas 31
Tabel 4.2	Rencana Pengujian Pelatihan Citra Wajah 36
Tabel 4.3	Rencana Pengujian Pengenalan Citra Wajah 37
Tabel 4.4	Pengujian Pelatihan Citra Wajah 38
Tabel 4.5	Pengujian Pengenalan Citra Wajah 40
Tabel 4.6	Persentase Hasil Pengujian Data yang Sama dengan Data Latih ORL Database) 43
Tabel 4.7	Persentase Hasil Pengujian Data yang Sama dengan Data Latih (YALE Database) 44
Tabel 4.8	Persentase Hasil Pengujian Data yang Berbeda dengan Data Latih (ORL Database) 46
Tabel 4.9	Persentase Hasil Pengujian Data yang Berbeda dengan Data Latih (YALE Database) 47
Tabel 4.10	Batas Pengaruh Tiap Citra Wajah (Treshold Pengenalan) 49
Tabel 4.11	Nilai Maksimum Perbedaan Nilai Eigen dan Persentasenya 51
Tabel 4.12	Perbandingan Tingkat Pengenalan untuk Beberapa Penelitian dalam Pengenalan Wajah pada database ORL 53
Tabel 4.13	Perbandingan Tingkat Pengenalan untuk Beberapa Penelitian dalam Pengenalan Wajah pada database YALE 54

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang dilakukannya penelitian yang berjudul *“Pengenalan Citra Wajah Menggunakan Minimum Distance Classifier Berdasarkan Principal Component Analysis”*. Kemudian dari latar belakang tersebut dirumuskan permasalahan yang akan diangkat, tujuan dan manfaat penelitian, dan terakhir diberikan batasan masalah agar permasalahan tidak meluas.

1.1 Latar Belakang

Teknologi berbasis biometrik meliputi identifikasi berdasarkan karakteristik fisiologis seperti wajah, sidik jari, telapak tangan, iris, retina, telinga, suara, dan berdasarkan sifat-sifat perilaku seperti gaya berjalan, dan dinamika tanda tangan. Teknologi biometrik seperti ini cenderung membutuhkan tindakan sukarela oleh pengguna. Sedangkan, pengenalan wajah dapat dilakukan secara pasif tanpa tindakan eksplisit atau partisipasi dari pengguna, karena citra wajah dapat diperoleh dari jarak jauh dengan kamera (Satone & Kharate, 2014).

Wajah manusia adalah salah satu pola biometrik yang paling umum dijumpai dalam sistem visual manusia. Seiring berkembangnya teknologi, pengenalan wajah adalah salah satu teknik keamanan yang paling banyak digunakan dalam bidang biometrik, karena memiliki potensi luas yang telah banyak diaplikasikan di dunia nyata, misalnya: video pemantau, sistem akses kontrol, forensik dan keamanan, jaringan sosial, dan berbagai bidang lainnya (Ding & Tao, 2017).

Pengenalan wajah bukan merupakan sesuatu yang asing lagi di bidang sistem pengenalan pola dalam dua dekade terakhir ini. Seiring berkembangnya teknologi, pengenalan wajah adalah salah satu teknik keamanan yang paling banyak digunakan dalam bidang biometrik, karena memiliki potensi luas yang telah banyak diaplikasikan di dunia nyata, misalnya: video pemantau, sistem akses kontrol, forensik dan keamanan, jaringan sosial, dan berbagai bidang lainnya (Ding, 2016). Pengenalan wajah memiliki suatu tantangan yang menarik karena telah memikat para peneliti dari berbagai bidang untuk mengembangkannya. Namun, proses pengenalan wajah rentan terhadap sejumlah faktor, misalnya: pose, pencahayaan,

oklusi, dan variasi ekspresi, sehingga berbagai teknik telah diusulkan untuk menangani masalah-masalah yang berbeda tersebut. Tantangan utama adalah mencapai pra-pengolahan (*preprocessing*) optimal, pemilihan fitur ekstraksi yang tepat, dan pengenalan yang akurat. Proses pengenalan wajah secara keseluruhan terbagi menjadi dua bagian yaitu: pelatihan dan pengenalan.

Pokok perhatiannya adalah bagaimana mendapatkan karakteristik unik yang dapat membedakan antara wajah satu dengan yang lainnya. Hasilnya merupakan sistem berbasis komputer yang dapat digunakan untuk mengenali wajah dengan menggunakan citra wajah itu sendiri. Ada banyak kemungkinan untuk menyelesaikan permasalahan ini sehingga diperlukan metode-metode yang tepat dalam penyelesaiannya. Beberapa metode yang telah dikembangkan dalam bidang pengenalan wajah adalah: PCA dan Logistic Regression Analysis (Zhou *et al.*, 2014), PCA dan ANFIS (Sharma & Patterh, 2015), Adaptive Local Ternary Patterns (Yang *et al.*, 2016), PCA dan Minimum Distance Classifier (Bag dan Sanyal, 2011), PCA dengan Distance Classifier yang Berbeda (Gawande & Agrawal, 2014), Improved Artificial Bee Colony (Khan & Gupta, 2016), PCA dan Wavelet Packet Decomposition (Sable & Talbar, 2016), ORB-PCA-FLANN (Vinay *et al.*, 2015), dan masih banyak metode-metode lainnya.

Salah satu metode ekstraksi fitur yang sering digunakan dalam pengenalan pola adalah *Principal Component Analysis* (PCA) yang berdasarkan penelitian terdahulu, memiliki kelebihan diantaranya adalah: dapat mengurangi kompleksitas dalam pengelompokan gambar, sensitivitas derau yang rendah, mengurangi kebutuhan kapasitas dan memori, dan meningkatnya efisiensi mengingat proses yang terjadi dalam dimensi yang lebih kecil. Sedangkan metode pengenalan yang digunakan adalah Minimum Distance Classifier, karena metode tersebut sederhana dan cepat jika dibandingkan dengan metode pengenalan lainnya. Namun, untuk lebih memaksimalkan hasil yang didapat dari penggabungan kedua metode tersebut, penambahan tahapan *pre-processing* yang dalam penelitian ini berupa *image enhancement* sangat berperan penting dalam memperbaiki kualitas citra masukan sehingga dapat memberikan akurasi yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya, dengan tanpa memperlambat kerja sistem tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Keragaman karakteristik wajah menjadi hal yang paling berpengaruh dalam mendapatkan ciri (fitur) dari citra wajah. Dengan demikian, tingkat kesulitan dalam mendapatkan ciri dari setiap citra wajah pun akan berbeda. Perhatian utama dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan proses *pre-processing* yang maksimal, memperoleh fitur terunik dari citra wajah yang dapat membedakan wajah satu sama lain dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) sebagai ekstraksi fitur, dan mendapatkan pengenalan yang tepat dengan menggunakan algoritma Minimum Distance Classifier.

Berikut ini adalah beberapa pertanyaan pendukung dalam penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh penambahan proses pra-pengolahan terhadap akurasi pengenalan citra wajah?
2. Bagaimana proses pencarian fitur menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA)?
3. Bagaimana menerapkan algoritma pengenalan wajah menggunakan Minimum Distance Classifier dalam mengenali wajah?
4. Bagaimana menganalisis hasil dari perspektif *Principal Component Analysis*, dan Minimum Distance Classifier terhadap pengenalan wajah?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis pengaruh penambahan proses pra-pengolahan berupa *image enhancement* terhadap akurasi pengenalan citra wajah.
2. Mengembangkan sistem pengenalan wajah menggunakan ekstraksi fitur *Principal Component Analysis* (PCA).
3. Menerapkan algoritma pengenalan wajah menggunakan Minimum Distance Classifier dalam mengenali wajah.
4. Menganalisis hasil dari perspektif *Principal Component Analysis*, dan Minimum Distance Classifier terhadap pengenalan wajah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian yang lebih besar dengan masukan data yang berkaitan dengan pengenalan wajah, dan
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Sebagai ruang lingkup perancangan tesis ini, batas cakupan permasalahan untuk menjaga konsistensi tujuan dari penelitian, sehingga masalah yang dihadapi tidak meluas dan pembahasan menjadi terarah.

Batasan masalah tersebut adalah:

1. Citra wajah yang digunakan berasal dari *ORL Database* dan *YALE Database*.
2. Semua citra wajah yang digunakan merupakan citra dengan format file PGM yang dilakukan proses *resize* menjadi ukuran 50 x 50 dengan 256 tingkat abu-abu per piksel.
3. Citra wajah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 400 citra yang berasal dari *ORL Database*, dan 150 citra yang berasal dari *YALE Database* dengan 10 citra untuk masing-masing wajah.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tesis ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun laporan tesis ini.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi landasan dasar teori yang berhubungan dengan pengenalan wajah yang digunakan sebagai dasar dalam melakukan penelitian.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi metode yang dilakukan pada penelitian untuk membantu dalam pengimplementasian, dan juga berisi penjelasan secara bertahap dan terperinci tentang fase-fase (metodologi) yang dilalui dalam mencapai tujuan penelitian.

4. BAB IV Hasil dan Analisis

Bab ini menjelaskan mengenai hasil pengujian yang telah dilakukan dan analisis terhadap hasil yang diperoleh.

5. BAB V Kesimpulan

Bab ini berisi kesimpulan tentang apa yang diperoleh dalam penelitian serta merupakan jawaban dari setiap tujuan yang ingin dicapai pada Bab I (Pendahuluan).

DAFTAR PUSTAKA

- Arivazhagan, S., Shebiah, R. N., Nindhyandhan, S. S. and Ganesan, L. 2010. Fruit Recognition using Color and Texture Features. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*. 1(2), 90-94.
- Asht, S. and Dass, R., 2012. Pattern Recognition Techniques: A Review. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*.
- Bag, S. and Sanyal, G. 2011. An Efficient Face Recognition Approach using PCA and Minimum Distance Classifier. *International Conference on Image Information Processing*.
- Chun, L. H., Lam, L. and Suen, C. Y. 2009. A Novel Rejection Measurement in Handwritten Numeral Recognition Based on Linear Discriminant Analysis. *10th International Conference on Document Analysis and Recognition*. 451-455.
- Deepa, G. M., Keerthi, R., Meghana, N., & Manikantan, K. 2012. Face recognition using spectrum-based feature extraction. *Applied Soft Computing*, 12(9), 2913-2923.
- Ding, C., & Tao, D. 2017. Pose-invariant face recognition with homography-based normalization. *Pattern Recognition*, 66, 144-152.
- Gawande, M. P., & Agrawal, D. G., 2014. Face recognition using PCA and different distance classifiers. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, 9(1), 1-5.
- Hegadi, R.S., 2010. Image Processing: Research Opportunities and Challenges. *National Seminar on Research in Computers*. Bharathiar University, Coimbatore, India.
- Holalad, H. S., Warriar, P. and Sabarad, A. D. (2012). An FPGA based Efficient Fruit Recognition System Using Minimum Distance Classifier. *Journal of Information Engineering and Applications*. 2(6), 1-10.
- Karamizadeh, S., Abdullah, S. M., Manaf, A. A., Zamani, M., & Hooman, A. 2013. An overview of principal component analysis. *Journal of Signal and Information Processing*, 4(3B), 173.

- Khan, N., & Gupta, M., 2016. Face Recognition System Using Improved Artificial Bee Colony Algorithm. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)* (pp. 3731-3735). IEEE.
- Kukreja, S., & Gupta, R. 2011. Comparative study of different face recognition techniques. In *2011 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks* (pp. 271-273). IEEE.
- Mondal, S., & Bag, S., 2017. Face Recognition Using PCA and Minimum Distance Classifier. *Proceedings of the 5th International Conference on Frontiers in Intelligent Computing: Theory and Applications* (pp. 397-405). Springer, Singapore.
- Oh, S. K., Yoo, S. H., & Pedrycz, W. 2016. A comparative study of feature extraction methods and their application to P-RBF NNs in face recognition problem. *Fuzzy Sets and Systems*, 305, 131-148.
- Putri, B. A. & Hapsari, Y., 2017. Penggunaan Principal Component Analysis dan Minimum Distance Classifier untuk Pengenalan Citra Buah. *Annual Research Seminar (ARS)* (Vol. 2, No. 1, pp. 355-358).
- Sable, A. H., & Talbar, S. N., 2016. A Novel Illumination Invariant Face recognition Method Based on PCA and WPD Using YCbCr Color Space. *Procedia Computer Science*, 92, 181-187.
- Satone, M., & Kharate, G., 2014. Feature selection using genetic algorithm for face recognition based on PCA, wavelet and SVM. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, 6(1), 39.
- Sharma, R., & Patterh, R.S., 2015. A new pose invariant face recognition system using PCA and ANFIS.
- Smith, Linsay I., 2002. A Tutorial on Principal Component Analysis. University of Otago, New Zealand.
- Sutoyo, T. & Mulyanto, E., 2009. Teori Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: Andi.
- Vinay.A, Vinay.S.Shekhar, K.N.Balasubramanya Murthy, S.Natarajan. 2016. Face Recognition using Gabor Wavelet Features with PCA and KPCA - A Comparative Study. *3rd International Conference on Recent Trends in Computing 2015 (ICRTC-2015)*.

- Yang, W., Wang, Z., and Zhang, B. 2016. Face recognition using adaptive local ternary patterns method.
- Zhou, C., Wang, L., Zhang, Q., & Wei, X. 2013. Face recognition based on PCA image reconstruction and LDA. *Optik*, 124(22), 5599-5603.
- Zhou, C., Wang, L., Lang, Q., and Wei, X., 2014. Face recognition based on PCA and logistic regression analysis.
- The Database of Faces - AT&T Laboratories Cambridge, 2001.
ftp://ftp.uk.research.att.com:pub/data/att_faces.tar.Z (Accessed 11 Januari 2017)
- YALE Face Database, 2011.
http://vision.ucsd.edu/datasets/yale_face_dataset_original/yalefaces.zip. (Accessed 29 Januari 2020)