

SKRIPSI

**PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN *SPARSE*
REPRESENTATION FOR CLASSIFICATION DENGAN REDUKSI
DIMENSI SECARA *SEMI-RANDOM PROJECTION* UNTUK
SISTEM PENGENALAN CITRA**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

**Oleh:
IZZATUL JANNAH
03041181924131**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN *SPARSE* *REPRESENTATION FOR CLASSIFICATION* DENGAN REDUKSI DIMENSI SECARA *SEMI-RANDOM PROJECTION* UNTUK SISTEM PENGENALAN CITRA



Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

IZZATUL JANNAH

03041181924131

Indralaya, 21 Maret 2024

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Puspa Kurniasari, S. T., M. T.

NIP. 198404162012122002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro




Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197108141999031005

LEMBAR PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Puspa Kurniasari, S.T., M.T.

Tanggal : 21/Maret/2024

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Izzatul Jannah
NIM : 03041181924131
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate*/Turnitin: 1%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Pengolahan Citra Menggunakan *Sparse Representation For Classification* Dengan Reduksi Dimensi Secara *Semi-Random Projection* Untuk Sistem Pengenalan Citra” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 21 Maret 2024



Izzatul Jannah
NIM. 03041181924131

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Izzatul Jannah
NIM : 03041181924131
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN *SPARSE REPRESENTATION*
FOR CLASSIFICATION DENGAN REDUKSI DIMENSI SECARA *SEMI-*
RANDOM PROJECTION UNTUK SISTEM PENGENALAN CITRA**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal: 21 Maret 2024



Izzatul Jannah

NIM. 03041181924131

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat, serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengolahan Citra Menggunakan *Sparse Representation For Classification* Dengan Reduksi Dimensi Secara *Semi-Random Projection* Untuk Sistem Pengenalan Citra”. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari banyaknya bantuan serta dukungan yang diberikan oleh banyak pihak. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis berikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya.
2. Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi sosok teladan terbaik bagi umat.
3. Bapak Ernadi, Ibu Gusnawati, Kakak Gina Razimona, A.Md. Kakak Nita Astasya, S.T., M.T. dan Kakak Kamal Hamdi, S.T., M.Sc. yang telah memberikan dukungan serta bantuan yang luar biasa selama ini.
4. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Puspa Kurniasari, S.T., M.T. selaku pembimbing skripsi penulis yang telah memberikan arahan serta nasihat selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen dari konsentrasi Teknik Telekomunikasi dan Informasi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yaitu Bapak Dr. Iwan Pahendra Anto Saputra, S.T., M.T., Ibu Desi Windisari, S.T., M.Eng., Bapak Abdul Haris Dalimunthe, S.T., M.TI., Ibu Nadia Thereza, S.T., M.T., dan Ibu Melia Sari, S.T., M.T.
7. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku Sekretaris Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu serta nasihat yang bermanfaat untuk penulis.
9. Alya Aprian Sari, Dessy Rahma Fitri, Annisa Eni Salsabila, Kiki Wulandari dan Disha Quamila Rhezvinandira yang telah menjadi rekan terbaik selama perkuliahan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
10. Martarisa Putri Utami dan Apriyani yang telah memberikan dukungan selama ini.
11. Pihak-pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Indralaya, Maret 2024

Penuli

ABSTRAK

PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN *SPARSE REPRESENTATION FOR CLASSIFICATION* DENGAN REDUKSI DIMENSI SECARA *SEMI-RANDOM PROJECTION* UNTUK SISTEM PENGENALAN CITRA

(Izzatul Jannah, 03041181924131, 2024, 127 Halaman)

Pengenalan citra adalah teknologi pengidentifikasian objek, tempat, orang dan beberapa variabel lain dalam citra digital. Algoritma yang dapat dijalankan dalam sistem pengenalan citra adalah *Sparse Representation for Classification* (SRC). Namun, beban komputasi yang tinggi dan kebutuhan *training data* yang banyak untuk memenuhi kondisi *sparse* menjadi kekurangan dari algoritma ini. Dengan demikian, reduksi dimensi dapat dilakukan pada citra untuk mengatasi permasalahan tersebut menggunakan metode *Semi-Random Projection* (SRP). Pada penelitian ini, penulis menggunakan *software PyCharm* untuk memproses *Guide User Interface* dari sistem reduksi dimensi dan pengenalan citra menggunakan SRP-SRC. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 100 data latih berupa 50 citra RGB dan 50 citra *grayscale* dan dibagi ke dalam 10 kelas serta menggunakan sepuluh citra uji yang sudah ditambahkan *noise* dan oklusi. Pengujian dilakukan masing-masing lima kali pada setiap citra uji. Dari pengujian pada penelitian ini didapatkan hasil pada parameter kinerja yang baik dengan rata-rata akurasi sebesar 98.93%, rata-rata PSNR sebesar 33.392741 dB dan rata-rata waktu komputasi sebesar 1112.57952 ms.

Kata kunci: Sparse Representation for Classification, Semi-Random Projection, PyCharm, Guide User Interface, PSNR.

ABSTRACT

IMAGE PROCESSING USING SPARSE REPRESENTATION FOR CLASSIFICATION WITH SEMI-RANDOM PROJECTION DIMENSION REDUCTION FOR THE IMAGE RECOGNITION SYSTEM

(Izzatul Jannah, 03041181924131, 2024, 127 pages)

Image recognition is a technology for identifying objects, places, people and several other variables in digital images. The algorithm that can be used in an image recognition system is Sparse Representation for Classification (SRC). However, the high computational load and the need for a lot of training data to meet the sparse conditions are disadvantages of this algorithm. Thus, dimension reduction can be carried out on the image to overcome this problem using the Semi-Random Projection (SRP) method. In this research, the author uses PyCharm software to process the Guide User Interface of the dimension reduction and image recognition system using SRP-SRC. Testing was carried out using 100 training data in the form of 50 RGB images and 50 grayscale images and divided into 10 classes and using ten test images to which noise and occlusion had been added. Tests were carried out five times each on each test image. From the testing in this study, results were obtained on good performance parameters with an average accuracy of 98.93%, an average PSNR of 33.392741 dB and an average computing time of 1112.57952 ms.

Keywords: Sparse Representation for Classification, Semi-Random Projection, PyCharm, Guide User Interface, PSNR.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN DOSEN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR PERSAMAAN MATEMATIKA	xxii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Metode Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TEORI DASAR	7

2.1	Sinyal.....	7
2.1.1	Sinyal Analog	7
2.1.2	Sinyal Digital.....	8
2.2	Citra Digital.....	9
2.2.1	Citra <i>Red-Green-Blue</i> (RGB).....	9
2.2.2	Citra <i>Grayscale</i>	10
2.2.3	Citra <i>Binary</i>	10
2.3	<i>Artificial Intelligence</i>	11
2.3.1	<i>Machine Learning</i>	12
2.3.2	<i>Deep Learning</i>	12
2.4	Pengenalan Citra.....	13
2.4.1	<i>K-Nearest Neighbors</i> (KNN).....	15
2.4.2	<i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	16
2.4.3	<i>Sparse Representation for Classification</i> (SRC).....	16
2.5	<i>PyCharm</i> dan <i>Google Colab</i>	19
2.6	Metode Rekonstruksi Sinyal	20
2.6.1	<i>L₁ Minimization</i>	20
2.6.2	<i>Orthogonal Matching Pursuit Reconstruction</i>	21
2.7	<i>Dimensionality Reduction</i>	21
2.7.1	<i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	22
2.7.2	<i>Singular Value Decomposition</i> (SVD).....	22
2.7.3	<i>Semi-Random Projection</i> (RP).....	23
2.7.4	<i>Linear Discriminant Analysis</i> (LDA).....	26
2.8	Parameter Kinerja Sistem.....	26

2.8.1	<i>Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)</i>	27
2.8.2	<i>Sparse Matriks</i>	27
2.8.3	Akurasi.....	27
2.8.4	Waktu Komputasi	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Sistem Pengenalan Citra Menggunakan <i>Sparse Representation for Classification</i> dengan Reduksi Dimensi secara <i>Semi-Random Projection</i>	29
3.2	Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	29
3.3	Diagram Alir	31
3.4	Penambahan <i>Noise</i> dan Oklusi Pada Citra	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Penentuan Data Latih	36
4.2	Penentuan Data Uji.....	40
4.3	Sistem Reduksi Dimensi-Pengenalan Citra menggunakan <i>Semi-Random Projection</i> dan <i>Sparse Representation for Classification</i>	45
4.3.1	Pengambilan Sampel Acak Fitur Citra	45
4.3.2	Pembentukan Vektor Transformasi	47
4.3.3	<i>Downsample</i> Citra	47
4.3.4	Rekonstruksi Citra Menggunakan L_1	48
4.3.5	<i>Sparse Representation</i>	49
4.4	Hasil Pengujian Sistem Reduksi Dimensi-Pengenalan Citra menggunakan <i>Semi-Random Projection</i> dan <i>Sparse Representation for Classification</i>	68
4.4.1	Kelas Citra RGB.....	69
4.4.1.1	Citra Buku	69
4.4.1.2	Citra Bunga	73

4.4.1.3	Citra Kucing	78
4.4.1.4	Citra <i>Subject</i>	83
4.4.1.5	Citra Masjidaljabar	87
4.4.2	Kelas Citra <i>Grayscale</i>	91
4.4.1.1	Citra Buku	91
4.4.1.2	Citra Bunga	96
4.4.1.3	Citra Kucing	100
4.4.1.4	Citra <i>Subject</i>	105
4.4.1.4	Citra Masjidaljabar	109
4.5	Perhitungan <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> (PSNR)	117
4.6	Perhitungan Akurasi Citra Hasil Pengenalan	120
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		122
5.1	Kesimpulan	122
5.2	Saran	123
DAFTAR PUSTAKA		124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sinyal Analog.....	8
Gambar 2.2 Sinyal Digital.....	8
Gambar 2.3 Citra <i>Red-Green-Blue</i>	9
Gambar 2.4 Citra <i>Grayscale</i>	10
Gambar 2.5 Citra <i>Binary</i>	11
Gambar 2.6 Hubungan <i>Artificial Intelligence</i>	12
Gambar 2.7 Tahapan Pemrosesan <i>Face Recognition</i>	14
Gambar 2.8 Ilustrasi <i>K-Nearest Neighbors</i>	15
Gambar 2.9 Ilustrasi <i>Support Vector Machine</i>	16
Gambar 2.10 Skematik <i>Sparse Representation for Classification</i>	17
Gambar 2.11 <i>PyCharm</i>	19
Gambar 2.12 <i>Google Colab</i>	20
Gambar 2.13 Ilustrasi <i>Semi-Random Projection</i>	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem	30
Gambar 3.2 Ilustrasi Tahap Penelitian	34
Gambar 3.3 Citra dengan <i>Noise Salt and Pepper</i>	34
Gambar 3.4 Citra Menggunakan Oklusi	35
Gambar 4.1 Kelas RGB Buku.....	36
Gambar 4.2 Kelas RGB Bunga.....	37
Gambar 4.3 Kelas RGB Kucing.....	37
Gambar 4.4 Kelas RGB <i>Subject</i>	38
Gambar 4.5 Kelas RGB Masjidaljabar.....	38

Gambar 4.6 Kelas <i>Grayscale</i> Buku.....	39
Gambar 4.7 Kelas <i>Grayscale</i> Bunga.....	39
Gambar 4.8 Kelas <i>Grayscale</i> Kucing.....	39
Gambar 4.9 Kelas <i>Grayscale Subject</i>	40
Gambar 4.10 Kelas <i>Grayscale</i> Masjidaljabar	40
Gambar 4.11 (a) Citra Asli RGB Buku (b) Citra Asli RGB Buku Setelah Penambahan <i>Noise</i>	41
Gambar 4.12 (a) Citra Asli RGB Bunga (b) Citra Asli RGB Bunga Setelah Penambahan <i>Noise</i>	41
Gambar 4.13 (a) Citra Asli RGB Kucing (b) Citra Asli RGB Kucing Setelah Penambahan <i>Noise</i>	42
Gambar 4.14 (a) Citra Asli RGB Masjidaljabar (b) Citra Asli RGB Masjidaljabar Setelah Penambahan <i>Noise</i>	42
Gambar 4.15 (a) Citra Asli <i>Grayscale</i> Buku (b) Citra Asli <i>Grayscale</i> Buku Setelah Penambahan <i>Noise</i>	42
Gambar 4.16 (a) Citra Asli <i>Grayscale</i> Bunga (b) Citra Asli <i>Grayscale</i> Bunga Setelah Penambahan <i>Noise</i>	43
Gambar 4.17 (a) Citra Asli <i>Grayscale</i> Kucing (b) Citra Asli <i>Grayscale</i> Kucing Setelah Penambahan <i>Noise</i>	43
Gambar 4.18 (a) Citra Asli <i>Grayscale</i> Masjidaljabar (b) Citra Asli <i>Grayscale</i> Masjidaljabar Setelah Penambahan <i>Noise</i>	43
Gambar 4.19 (a) Citra Asli RGB Subject (b) Citra Asli RGB <i>Subject</i> Setelah Penambahan <i>Noise</i>	44
Gambar 4.20 (a) Citra Asli <i>Grayscale</i> Subject (b) Citra Asli <i>Grayscale Subject</i> Setelah Penambahan <i>Noise</i>	44
Gambar 4.21 Data Uji	45

Gambar 4.22 <i>Channel</i> Warna <i>RED GREEN BLUE</i>	46
Gambar 4.23 Data Proyeksi RGB	46
Gambar 4.24 Data Proyeksi <i>Grayscale</i>	46
Gambar 4.25 (a) Ekstrak Data (b) Vektor Transformasi.....	47
Gambar 4.26 <i>Downsample</i> Citra RGB.....	48
Gambar 4.27 <i>Downsample</i> Citra <i>Grayscale</i>	48
Gambar 4.28 Hasil Rekonstruksi Citra RGB	49
Gambar 4.29 Hasil Rekonstruksi Citra <i>Grayscale</i>	49
Gambar 4.30 Hasil Pengujian Citra uji RGB Buku	50
Gambar 4.31 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra RGB Buku	51
Gambar 4.32 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra RGB Buku	51
Gambar 4.33 Hasil Pengujian Citra Uji RGB Bunga.....	52
Gambar 4.34 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra RGB Bunga	52
Gambar 4.35 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra RGB Bunga.....	53
Gambar 4.36 Hasil Pengujian Citra Uji RGB Kucing	53
Gambar 4.37 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra RGB Kucing	54
Gambar 4.38 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra RGB Kucing	55
Gambar 4.39 Hasil Pengujian Citra Uji RGB <i>Subject</i>	55
Gambar 4.40 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra RGB <i>Subject</i>	56
Gambar 4.41 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra RGB <i>Subject</i>	56
Gambar 4.42 Hasil Pengujian Citra Uji RGB Masjidaljabar	57
Gambar 4.43 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra RGB Masjidaljabar	58
Gambar 4.44 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra RGB Masjidaljabar	58
Gambar 4.45 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Buku	59

Gambar 4.46 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra <i>Grayscale</i> Buku	60
Gambar 4.47 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra <i>Grayscale</i> Buku	60
Gambar 4.48 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Bunga	61
Gambar 4.49 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra <i>Grayscale</i> Bunga	62
Gambar 4.50 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra <i>Grayscale</i> Bunga	62
Gambar 4.51 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Kucing	63
Gambar 4.52 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra <i>Grayscale</i> Kucing	64
Gambar 4.53 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra <i>Grayscale</i> Kucing	64
Gambar 4.54 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale Subject</i>	65
Gambar 4.55 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra <i>Grayscale Subject</i>	65
Gambar 4.56 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra <i>Grayscale Subject</i>	66
Gambar 4.57 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Masjidaljabar	66
Gambar 4.58 Hasil <i>Sparse</i> Matriks Pengujian Citra <i>Grayscale</i> Masjidaljabar	67
Gambar 4.59 Hasil <i>Error</i> Pengujian Citra <i>Grayscale</i> Masjidaljabar	68
Gambar 4.60 <i>Guide User Interface</i> (GUI) Sistem	68
Gambar 4.61 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji RGB Buku	69
Gambar 4.62 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji RGB Buku	69
Gambar 4.63 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji RGB Buku	70
Gambar 4.64 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji RGB Buku	71
Gambar 4.65 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji RGB Buku	71
Gambar 4.66 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji RGB Buku	72
Gambar 4.67 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji RGB Bunga	74
Gambar 4.68 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji RGB Bunga	74
Gambar 4.69 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji RGB Bunga	75

Gambar 4.70 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji RGB Bunga	75
Gambar 4.71 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji RGB Bunga.....	76
Gambar 4.72 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji RGB Bunga	77
Gambar 4.73 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji RGB Kucing	78
Gambar 4.74 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji RGB Kucing	79
Gambar 4.75 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji RGB Kucing.....	79
Gambar 4.76 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji RGB Kucing.....	80
Gambar 4.77 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji RGB Kucing.....	81
Gambar 4.78 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji RGB Kucing	82
Gambar 4.79 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji RGB <i>Subject</i>	83
Gambar 4.80 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji RGB <i>Subject</i>	83
Gambar 4.81 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji RGB <i>Subject</i>	84
Gambar 4.82 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji RGB <i>Subject</i>	85
Gambar 4.83 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji RGB <i>Subject</i>	85
Gambar 4.84 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji RGB <i>Subject</i>	86
Gambar 4.85 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji RGB Masjidaljabar	87
Gambar 4.86 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji RGB Masjidaljabar.....	88
Gambar 4.87 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji RGB Masjidaljabar	88
Gambar 4.88 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji RGB Masjidaljabar.....	89
Gambar 4.89 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji RGB Masjidaljabar	90
Gambar 4.90 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji RGB Masjidaljabar	91
Gambar 4.91 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji <i>Grayscale</i> Buku	92
Gambar 4.92 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji <i>Grayscale</i> Buku.....	92
Gambar 4.93 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji <i>Grayscale</i> Buku.....	93

Gambar 4.94 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji <i>Grayscale</i> Buku.....	94
Gambar 4.95 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji <i>Grayscale</i> Buku	94
Gambar 4.96 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Buku	95
Gambar 4.97 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji <i>Grayscale</i> Bunga	96
Gambar 4.98 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji <i>Grayscale</i> Bunga.....	97
Gambar 4.99 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji <i>Grayscale</i> Bunga.....	97
Gambar 4.100 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji <i>Grayscale</i> Bunga	98
Gambar 4.101 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji <i>Grayscale</i> Bunga.....	99
Gambar 4.102 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Bunga	100
Gambar 4.103 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji <i>Grayscale</i> Kucing	101
Gambar 4.104 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji <i>Grayscale</i> Kucing.....	101
Gambar 4.105 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji <i>Grayscale</i> Kucing	102
Gambar 4.106 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji <i>Grayscale</i> Kucing.....	102
Gambar 4.107 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji <i>Grayscale</i> Kucing	103
Gambar 4.108 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Kucing....	104
Gambar 4.109 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji <i>Grayscale Subject</i>	105
Gambar 4.110 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji <i>Grayscale Subject</i>	106
Gambar 4.111 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji <i>Grayscale Subject</i>	106
Gambar 4.112 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji <i>Grayscale Subject</i>	107
Gambar 4.113 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji <i>Grayscale Subject</i>	107
Gambar 4.114 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji <i>Grayscale Subject</i>	109
Gambar 4.115 Hasil Pengujian Pertama Citra Uji <i>Grayscale Masjidaljabar</i>	110
Gambar 4.116 Hasil Pengujian Kedua Citra Uji <i>Grayscale Masjidaljabar</i>	110
Gambar 4.117 Hasil Pengujian Ketiga Citra Uji <i>Grayscale Masjidaljabar</i>	111

Gambar 4.118 Hasil Pengujian Keempat Citra Uji <i>Grayscale</i> Masjidaljabar	112
Gambar 4.119 Hasil Pengujian Kelima Citra Uji <i>Grayscale</i> Masjidaljabar	112
Gambar 4.120 Grafik Waktu Komputasi Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Masjidaljabar	114
Gambar 4.121 Grafik Nilai <i>Sparse</i> Matriks Citra	114
Gambar 4.122 Grafik Hasil <i>Error</i> Citra.....	115
Gambar 4.123 Grafik Rata-Rata Waktu Komputasi Pengujian	116
Gambar 4.124 Grafik Hasil PSNR Perbandingan Citra Asli dan Citra Setelah Penambahan <i>Noise</i> dan Oklusi.....	118
Gambar 4.125 Grafik Hasil PSNR Perbandingan Citra Asli dan Citra Hasil Pengenalan	119

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	29
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Citra Uji RGB Buku	72
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Citra Uji RGB Bunga	77
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Citra Uji RGB Kucing	81
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Citra Uji RGB Subject.....	86
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Citra Uji RGB Masjidaljabar	90
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Buku	95
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Bunga	99
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Kucing	104
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale Subject</i>	108
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Citra Uji <i>Grayscale</i> Masjidaljabar.....	113
Tabel 4.11 Hasil PSNR Perbandingan Citra Asli dan Citra Setelah Penambahan <i>Noise</i> dan Oklusi	117
Tabel 4.12 Hasil PSNR Perbandingan Citra Asli dan Citra Hasil Pengenalan.....	119
Tabel 4.13 Hasil Akurasi Citra.....	120

DAFTAR PERSAMAAN MATEMATIKA

Persamaan 2.1 Konversi RGB Menjadi <i>Grayscale</i>	10
Persamaan 2.2 Sampel Data <i>Training</i> Citra.....	14
Persamaan 2.3 Kamus Citra	18
Persamaan 2.4 <i>Test Sample</i>	18
Persamaan 2.5 L_1 -Norm	18
Persamaan 2.6 L_1 -Minimization	18
Persamaan 2.7 <i>Test Sample</i> Dengan Pertimbangan <i>Noise</i>	18
Persamaan 2.8 L_1 -Minimization Dengan Pemulihan <i>Sparse</i>	18
Persamaan 2.9 Residual	19
Persamaan 2.10 Kelas Citra <i>Output</i>	19
Persamaan 2.11 L_1 -Minimization Dalam Solusi <i>Sparse</i>	21
Persamaan 2.12 OMP <i>Reconstruction</i>	21
Persamaan 2.13 <i>Singular Value Decomposition</i>	22
Persamaan 2.14 Vektor Transformasi	24
Persamaan 2.15 Matriks L.....	24
Persamaan 2.16 Matriks B.....	24
Persamaan 2.17 Pengoptimalan Vektor Transformasi	25
Persamaan 2.18 <i>Eigenvalue</i>	25
Persamaan 2.19 Matriks Transformasi.....	25
Persamaan 2.20 <i>Test Sample Random Projection</i>	25
Persamaan 2.21 <i>Train Set Random Projection</i>	25
Persamaan 2.22 <i>Test Sample</i> Dari <i>Train Set</i>	25

Persamaan 2.23 <i>L₂-Norm Random Projection-Sparse Representation For Classification</i>	26
Persamaan 2.24 <i>L₁-Minimization Random Projection-Sparse Representation For Classification</i>	26
Persamaan 2.25 Alternatif <i>L₁-Minimization Random Projection-Sparse Representation For Classification</i>	26
Persamaan 2.26 <i>Residual Random Projection-Sparse Representation For Classification</i>	26
Persamaan 2.27 <i>Kelas Citra Output Random Projection-Sparse Representation For Classification</i>	26
Persamaan 2.28 <i>Peak Signal To Noise Ratio</i>	27
Persamaan 2.29 <i>Koefisien Sparse Matriks</i>	27
Persamaan 2.30 <i>Akurasi</i>	28
Persamaan 2.31 <i>Waktu Komputasi</i>	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Pemrograman *Semi Random Projection-Sparse Representation for Classification* Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python* dan *Sklearn* di Aplikasi *Pycharm*

Lampiran 2. Kode Pemrograman Penambahan *Noise Salt and Pepper* Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python* di Aplikasi *Google Colab*

Lampiran 3. Kode Pemrograman *Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)* Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python* Di Aplikasi *Google Colab*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sinyal adalah bentuk representasi dari data yang di dalamnya terdapat informasi dengan besaran fisis yang berubah dalam ruang, waktu, atau peubah bebas lainnya. Sinyal merupakan cara berkomunikasi dengan mengirimkan informasi dari satu sistem ke sistem lainnya. Agar sinyal dapat ditransmisikan dengan baik maka sinyal akan melewati proses pengolahan. Pengolahan sinyal pada *machine learning* dapat digunakan untuk berbagai implementasi seperti pengenalan biometrik dan pengenalan citra. Sinyal akan membawa informasi dengan bentuk gelombang elektromagnetik baik sebagai analog maupun digital kemudian dikirim dari pengirim ke penerima [1].

Pengenalan Citra atau *Image Recognition* adalah suatu teknologi yang mengacu pada pengidentifikasian tempat, orang, objek, bangunan dan beberapa variabel lain dalam citra digital. Citra digital adalah citra yang terdiri dari elemen citra atau dikenal dengan piksel yang merepresentasikan matriks nilai numerik yang terbatas dan terpisah untuk intensitas atau tingkat keabuannya sehingga sistem komputer akan melihat citra sebagai nilai numerik dari sebuah piksel dan untuk mengenali citra tertentu komputer akan mengenali pola dan keteraturan dalam sebuah data numerik. Tujuan umum dari pengenalan citra adalah klasifikasi objek yang terdeteksi ke dalam kategori yang berbeda (menentukan kelas tempat citra berada) [2].

Ada tiga tahapan dalam pengenalan citra, yaitu deteksi citra, ekstraksi fitur dan klasifikasi. Deteksi citra merupakan tahapan yang bertujuan untuk menentukan hasil tangkapan objek. Ekstraksi fitur adalah tahapan dalam mengambil karakter penting dari sebuah citra. Ekstraksi fitur akan meninjau ukuran, warna, geometri, bentuk dan tekstur. Tahapan klasifikasi adalah tahapan dalam mengetahui penempatan kelas citra uji dari semua citra latih [3].

Berbagai algoritma telah banyak diuji dan diterapkan dalam implementasi pengenalan citra. Salah satu algoritma yang dapat diterapkan dalam pengenalan citra yaitu *Sparse Representation for Classification* (SRC).

Ide utama dari algoritma ini adalah merepresentasikan citra uji sebagai *sparse linear combination* dari semua citra latih. Algoritma SRC ini ditemukan oleh *John Wright* pada tahun 2009. Algoritma ini dapat bekerja lebih baik untuk proses klasifikasi, khususnya untuk sistem pengenalan wajah algoritma ini mampu mengenali citra wajah dengan variasi oklusi yang mencapai hingga 40% dan citra dengan *noise* atau korup hingga 70% [4]. Namun, beban komputasi yang tinggi dan kebutuhan *training data* yang banyak untuk memenuhi kondisi *sparse* menjadi kekurangan dari algoritma ini. Dengan demikian, dapat dilakukan reduksi dimensi pada citra untuk mengatasi permasalahan tersebut [5]. Metode yang dapat digunakan yaitu *Semi-Random Projection* (SRP). SRP merupakan salah satu pengembangan dari metode *Random Projection* (RP) [6]. Berdasarkan *Johnson-Lindenstrauss Lemma*, ide inti di balik *Random Projection* adalah menyatakan bahwa jika titik-titik dalam ruang vektor memiliki dimensi yang cukup tinggi maka mereka dapat diproyeksikan ke dalam ruang dimensi rendah yang sesuai, dengan tetap menjaga jarak antar titik. Dengan demikian, RP akan membantu mempercepat proses ekstraksi fitur [7]. Namun, perbedaan metode SRP dan metode RP adalah bahwa vektor transformasi SRP didapatkan dari mempelajari data sedangkan vektor transformasi RP dihasilkan secara acak. SRP bertujuan menemukan *latent space* dengan *discriminative power* yang besar dengan tetap memiliki beban komputasi yang layak [6].

Pada penelitian sebelumnya [2], algoritma *Sparse Representation based Classification* telah diujikan untuk mengatasi permasalahan ekstraksi fitur dan oklusi pada *face recognition* dan mampu mengenali objek dengan oklusi hingga 40% dan citra korup hingga 70%. Pada penelitian lainnya [6], algoritma reduksi dimensi telah diusulkan dan didasarkan pada *Random Projection* yaitu *Semi-Random Projection*. Pengambilan sampel acak fitur menjadikan algoritma ini efisien dalam hal komputasi bahkan untuk data dengan dimensi tinggi. Pada penelitian [8], pengaruh *Random Projection* telah diujikan pada algoritma SRC untuk *face recognition* dan didapatkan persentase 5% lebih baik dibandingkan hanya menggunakan metode SRC dan pada penelitian [9] membahas terkait perbandingan tingkat kesalahan pada *speech recognition* antara *random projection quantizer* dan *VQ-VAE quantizer* dan

menunjukkan bahwa *random projection* memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah. Pada penelitian [10], pengenalan wajah telah diujikan melalui simulasi yang menggunakan oklusi berupa masker dengan menggunakan model *multigranularity* (pola wajah-mata) dan didapatkan akurasi sebesar 95%. Pada penelitian lainnya [5], pengaruh *Random Projection* dan teknik *scanning* telah diujikan pada algoritma SRC untuk *face recognition* dan didapatkan persentase akurasi yang beragam dengan minimum 68% dan maksimum 100%. Namun hasil dari kedua penelitian tersebut hanya berdasarkan citra uji dengan objek wajah dan tanpa variasi oklusi. Pada penelitian skripsi ini dilakukan “Pengolahan Citra Menggunakan *Sparse Representation for Classification* dengan Reduksi Dimensi secara *Semi-Random Projection* Untuk Sistem Pengenalan Citra” dengan parameter kinerja yang digunakan yaitu *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), nilai *sparse* matriks, akurasi dan waktu komputasi. Pada skripsi ini, penulis menerapkan metode reduksi dimensi *Semi-Random Projection* pada citra yang kemudian citra hasil reduksi tersebut diolah menggunakan algoritma *Sparse Representation for Classification* untuk sistem pengenalan citra. Hasil yang didapat dianalisis dengan menggunakan beberapa parameter, yakni *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), nilai *sparse* matriks, akurasi dan waktu komputasi. Kelebihan dan perbedaan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya adalah citra yang digunakan dalam pengolahan lebih luas mencakup citra RGB, *Grayscale* dan objek yang beragam lalu ada satu sistem yang berasal dari penggabungan dua algoritma yang dipakai yaitu *Semi-Random Projection* untuk sistem reduksi dan *Sparse Representation for Classification* untuk sistem pengenalan citra. Kedua sistem ini saling berkaitan karena citra yang belum selesai diproses menggunakan reduksi dimensi maka citra tersebut tidak bisa diproses ke sistem pengenalan kemudian ada penambahan parameter yang digunakan yaitu *Peak Signal to Noise Ratio* dan nilai *sparse* matriks.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada skripsi ini yaitu:

1. Bagaimana pengolahan reduksi dimensi pada citra menggunakan *Semi-Random Projection* dan pengolahan citra untuk pengenalan citra menggunakan algoritma *Sparse Representation for Classification*?
2. Bagaimana pengujian sistem pengolahan citra saat reduksi dimensi dan pengenalan citra menggunakan algoritma *Semi-Random Projection-Sparse Representation for Classification* terhadap parameter kinerja yaitu PSNR, nilai *sparse* matriks, akurasi dan waktu komputasi?
3. Bagaimana implementasi sistem reduksi dimensi dan pengenalan citra pada *Guide User Interface* (GUI)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada skripsi ini adalah:

1. Algoritma pengenalan citra yang digunakan adalah *Sparse Representation for Classification*.
2. Algoritma reduksi dimensi yang digunakan adalah *Semi-Random Projection*.
3. Menggunakan *data set* pribadi untuk citra umum dan *Yale Database* untuk citra wajah.
4. Objek penelitian adalah citra RGB dan *grayscale*.
5. Menggunakan aplikasi *PyCharm 2023*, *Google Colab* dan *Canva* serta bahasa pemrograman *Python* dan *Scikit-Learn*.
6. Parameter kinerja sistem yang digunakan adalah *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), nilai *sparse* matriks, akurasi dan waktu komputasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengolah citra dengan menggunakan *Sparse Representation for Classification* melalui reduksi dimensi secara *Semi-Random Projection* pada sistem pengenalan citra.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penyelesaian penelitian ini terdapat berbagai metode yang dilakukan, yaitu:

a. Kajian Pustaka

Dalam upaya mendukung topik penelitian yang akan dilakukan, penulis melakukan kajian teori dari berbagai sumber yaitu dari jurnal penelitian, buku atau referensi lain yang cukup relevan dan berkaitan dengan hal-hal yang mendukung penelitian yang dilakukan oleh penulis.

b. Pengolahan Sistem

Pada tahap ini, penulis melakukan pengolahan sistem dengan algoritma yang telah ditentukan.

c. Pengujian Sistem

Pada tahap ini, penulis melakukan pengujian sistem dengan menggunakan data set dan algoritma yang telah ditentukan.

d. Pembahasan Hasil Uji Sistem

Pada tahap ini, penulis menganalisis hasil yang didapat dari pengolahan citra dengan algoritma yang telah ditentukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Tujuan digunakannya sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah agar skripsi ini berurutan, utuh dan mudah dimengerti. Adapun urutan sistematika penulisan yang digunakan adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri dari pengenalan umum mengenai penelitian yang disusun meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini berisi mengenai hal-hal yang berkaitan dengan dasar dari teori yang digunakan sebagai fondasi dalam penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian sehingga sesuai dengan alur pelaksanaan yang telah dibuat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai hasil yang didapatkan serta analisis dari penelitian yang dilakukan berdasarkan parameter dan tolok ukur yang telah ditentukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang didapat berdasarkan dari pembahasan pada bab sebelumnya kemudian saran dapat digunakan sebagai informasi dari penulis mengenai perbaikan atau pengembangan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Roberts and C. T. Mullis, *Digital Signal Processing*. 1987.
- [2] V. Tyagi, *Understanding Digital Image Processing*, 1st ed. CRC Press, 2018.
- [3] I. Adjabi, A. Ouahabi, A. Benzaoui, and A. Taleb-Ahmed, “Past, Present, and Future of Face Recognition: A Review,” *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, vol. 9, pp. 1–52, Jul. 2020.
- [4] J. Wright, A. Y. Yang, A. Ganesh, S. S. Sastry, and Y. Ma, “Robust Face Recognition via Sparse Representation,” *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, vol. 31, pp. 210–227, Feb. 2009.
- [5] I. A. Hadyningtyas, D. Rahmadani, K. Usman dan S. I. Lestaringati, “Pengaruh Teknik Scanning pada Proyeksi Random Sparse Representation based Classification untuk Pengenalan Wajah,” *Jurnal Sistem Komputer*, vol. 11, pp. 177–184, Oct. 2022.
- [6] R. Zhao and K. Mao, “Semi-Random Projection for Dimensionality Reduction and Extreme Learning Machine in High-Dimensional Space,” *IEEE Comput Intell Mag*, vol. 10, no. 3, pp. 30–41, Aug. 2015, doi: 10.1109/MCI.2015.2437316.
- [7] H. Xie, J. Li, and H. Xue, “A survey of dimensionality reduction techniques based on random projection,” Jun. 2017, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1706.04371>
- [8] S. I. Lestaringati, K. Usman and A. Suksmono, “Random Projection on Sparse Representation based Classification for Face Recognition,” in *13th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 2021.
- [9] C. Chiu, J. Qin, Y. Zhang, J. Yu, Y. Wu, “Self-supervised Learning with Random-Projection Quantizer for Speech Recognition,” *Proceedings of the 39th International Conference on Machine Learning*, 2022.

- [10] Z. Wang *et al.*, “Masked Face Recognition Data set and Application,” pp. 1–3, 2020. F. Zangeneh-Nejad and R. Fleury, “Topological Analog Signal Processing,” *Nat Commun*, vol. 10, pp. 1–10, May 2019.
- [11] S. J. Orfanidis, *Introduction to Signal Processing*. 1995.
- [12] Abidin, Tijaniyah, and M. Bachrudin, “Rancang Bangun Pengoperasian Lampu Menggunakan Sinyal Analog Smartphone Berbasis Mikrokontroler,” *Journal of Electrical Engineering and Computer*, vol. 1, pp. 39–46, Oct. 2019.
- [13] M. A. Murillo-Escobar, C. Cruz-Hernandez, F. Abundiz-Perez, R. M. Lopez-Gutierrez, and O. R. A. del Campo, “A RGB Image Encryption Algorithm Based on Total Plain Image Characteristics and Chaos,” *Signal Processing*, vol. 109, pp. 119–131, Apr. 2015.
- [14] I. Zeger, S. Grgic, J. Vukovic, and G. Sisul, “Grayscale Image Colorization Methods: Overview and Evaluation,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 113326–113346, Aug. 2021.
- [15] C. Saravanan, “Color Image to Grayscale Image Conversion,” in *2010 Second International Conference on Computer Engineering and Applications (ICCEA)*, Mar. 2010, pp. 196–199.
- [16] S. B. Rachmat, “Transformasi Citra Biner Menggunakan Metode Thresholding dan Otsu Thresholding,” *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, vol. 7, pp. 198–206, Oct. 2018.
- [17] H. Jaya, Sabran, M. Idris, Y. A. Djawad, A. Ilham, and A. S. Ahmar, *Kecerdasan Buatan*. 2018.
- [18] Stephanie, “Artificial Intelligence,” *Harvard Science Review*, pp. 1–8, Jul. 2019.
- [19] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, “Deep Learning,” *Nature*, vol. 521, pp. 436–444, May 2015.
- [20] S. L. Brunton and J. N. Kutz, *Data Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

- [21] A. S. Tolba, A. H. El-Baz, and A. A. El-Harby, "Face Recognition: A Literature Review," *Internation Journal of Signal Processing*, vol. 2, pp. 88–103, 2006.
- [22] B. Pan, "Digital Image Correlation for Surface Deformation Measurement: Historical Developments, Recent Advances and Future Goals," *Institute of Physics*, vol. 29, Jun. 2018.
- [23] Y. Kortli, M. Jridi, A. al Falou, and M. Atri, "Face Recognition Systems: A Survey," *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, vol. 20, pp. 1–36, Jan. 2020.
- [24] Universitas Amikom Yogyakarta, Universitas Amikom Yogyakarta. IEEE Student Branch, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Indonesia Section, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Design of face Detection Technology and Recognition System for Smart Home Security Application*.
- [25] M. I. Sikki, "Pengenalan Wajah Menggunakan K-Nearest Neighbour dengan Praproses Transformasi Wavelet," *Jurnal Paradigma*, vol. 10, pp. 159–172, Dec. 2009.
- [26] Fandiansyah, J. Y. Sari, and I. P. Ningrum, "Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Linear Discriminant Analysis dan K Nearest Neighbor," *Jurnal Informatika*, vol. 9, pp. 1–9, Jun. 2017.
- [27] Y. Religia, "Feature Extraction untuk Klasifikasi Pengenalan Wajah Menggunakan Support Vector Machine dan K-Nearest Neighbor," *Jurnal Ilmiah Informatika, Arsitektur dan Lingkungan*, vol. 14, pp. 85–92, Sep. 2019.
- [28] E.-J. Cheng *et al.*, "Deep Sparse Representation Classifier for Facial Recognition and Detection System," *Elsevier Journal*, vol. 125, pp. 71–77, Jul. 2019.
- [29] K. O. Yunantara, "Pengembangan Media Pembelajaran Sistem Kendali Lampu Dengan HandDetection Berbasis Aplikasi PyCharm Pada Mata Kuliah Sistem Kendali," *Undiksha Repository*, 2022.
- [30] T. Carneiro, R. V. Medeiros Da Nóbrega, T. Nepomuceno, G. -B. Bian, V. H. C. De Albuquerque and P. P. R. Filho, "Performance Analysis of Google

- Colaboratory as a Tool for Accelerating Deep Learning Applications," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 61677-61685, 2018.
- [31] J. M. Charisma, I. Wahidah, and I. H. Santoso, "Rekonstruksi Sinyal Fall Detection Menggunakan Compressive Sensing dengan Algoritma Orthogonal Matching Pursuit," *E-Proceeding of Engineering*, vol. 8, 2021.
- [32] Y. Qin, J. Zou, B. Tang, and Y. Wang, "Transient Feature Extraction by the Improved Orthogonal Matching Pursuit and K-SVD Algorithm with Adaptive Transient Dictionary," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 16, 2019.
- [33] R. Zebari, A. Abdulazeez, D. Zeebaree, Zebari Dilovan, and J. Saeed, "A Comprehensive Review of Dimensionality Reduction Techniques for Feature Selection and Feature Extraction," *Journal of Applied Science and Technology Trends*, vol. 2, pp. 56–70, 2020.
- [34] S. Karamizadeh, S. M. Abdullah, A. A. Manaf, M. Zamani, and Hooman Alireza, "An Overview of Principal Component Analysis," *Journal of Signal and Information Processing*, vol. 4, 2020.
- [35] "Random Projections and Dimension Reduction," pp. 1–3, 2020.
- [36] P. Hu, D. Peng, Y. Sang, and X. Y., "Multi-View Linear Discriminant Analysis Network," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 28, pp. 5352–5365, 2019.
- [37] Poobathy, D., and R. Manicka Chezian. "Edge detection operators: Peak signal to noise ratio-based comparison." *IJ Image, Graphics and Signal Processing* 10 (2014): 55-61.
- [38] Bunch, James R., and Donald J. Rose, eds. "Sparse matrix computations," *Academic Press*, 2014.
- [39] N. Chervyakov, P. Lyakhov, and N. Nagornov, "Analysis of the quantization noise in discrete wavelet transform filters for 3D medical imaging," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 4, Feb. 2020, doi: 10.3390/app10041223.