

---

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Rancangan .....	4
1.3. Batasan Rancangan .....	5
1.4. Spesifikasi Rancangan .....	6
1.5. Tujuan Rancangan .....	8
1.6. Manfaat Rancangan .....	8
1.7. Rancangan yang Pernah Dibuat .....	8
BAB II LANDASAN TEORITIK .....	11
2.1. Sistem yang Dirancang .....	11
2.2. Landasan Teori .....	13
2.2.1. <i>Deep Learning</i> .....	13
2.2.1.1. <i>Supervised Learning</i> .....	14
2.2.1.2. <i>Unsupervised Learning</i> .....	15
2.2.2. Convolutional Neural Network ...	15
2.2.2.1. <i>Convolutional Layer</i> dan ReLU ...	16
2.2.2.2. <i>Pooling Layer</i> .....	20
2.2.2.3. Dropout .....	22
2.2.2.4. Flatten .....	22
2.2.2.5. <i>Fully-connected Layer</i> .....	23
2.2.3. <i>Face Detection</i> .....	25
2.2.4. MTCNN .....	26
2.2.4.1. <i>Image Pyramid</i> .....	27

2.2.4.2.	Grayscalecalling.....	28
2.2.4.3.	P-net.....	29
2.2.4.4.	Non-Maximum Suppression.....	31
2.2.4.5.	R-Net dan O-Net.....	31
2.2.5.	<i>Face Recognition</i> .....	32
2.2.6.	<i>One Shot Learning</i> .....	32
2.2.6.1.	Siamese Network.....	34
2.2.6.2.	Algoritma Backpropagation.....	39
2.2.7.	Metrik Evaluasi.....	41
2.2.7.1.	Equal Error Rate.....	41
2.2.7.2.	Akurasi.....	43
BAB III RANCANGAN DAN PEMBUATAN.....		45
3.1.	Rancangan Sistem.....	45
3.1.1.	Perencanaan Sistem.....	45
3.1.2.	Analisis Sistem.....	46
3.1.3.	Perancangan Sistem.....	47
3.1.3.1.	Rancangan Diagram Hirarki.....	48
3.1.3.2.	Rancangan <i>State Transistion</i> <i>Diagram</i> .....	48
3.1.3.3.	Rancangan Antarmuka.....	48
3.1.3.4.	Rancangan Basis Data.....	50
3.2.	Perubahan Rancangan.....	50
3.3.	Pembuatan Sistem.....	51
3.3.1.	Pembuatan Model Pengenalan Wajah.....	51
3.3.1.1.	Pelatihan Model Pengenalan Wajah dengan 2 buah CNN.....	54
3.3.1.2.	Pelatihan Model Pengenalan Wajah dengan 3 buah CNN.....	58
3.3.2.	Pembuatan Aplikasi Pengenalan Wajah.....	62
BAB IV PENGUJIAN.....		65
4.1.	Cara Pengujian.....	65
4.1.1.	Pengujian Model Pengenalan Wajah dengan Citra.....	66
4.1.1.1.	Penerapan Model Terbaik pada Proses Registrasi.....	69
4.1.2.	Pengujian Model Pengenalan Wajah secara <i>Real Time</i> .....	69
4.1.3.	Pengujian Program Aplikasi Pengenalan Wajah.....	78
4.2.	Pembahasan dan Hasil Pengujian.	80
4.2.1.	Pembahasan Hasil Pengujian Model Pengenalan Wajah dengan Citra..	80

4.2.2.	Pembahasan Hasil Pengujian Model Pengenalan Wajah secara <i>Real Time</i>	84
4.2.3.	Pembahasan Hasil Pengujian Aplikasi Pengenalan Wajah.....	85
4.2.4.	Kasus Pengenalan Wajah pada Kondisi Cahaya yang Berbeda....	85
4.3.	Analisis dan Evaluasi.....	86
4.4.	Percobaan dan Analisis Menggunakan Mahalanobis Distance Sebagai Ukuran Jarak.. Similaritas.....	87
4.4.1.	Konsep Mahalanobis Distance....	88
4.4.2.	Perbandingan Hasil Pengukuran Similaritas Menggunakan Euclidean Distance dan Mahalanobis Distance.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		91
5.1.	Kesimpulan.....	91
5.2.	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA.....		94
LAMPIRAN.....		99
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		242

---

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1	Hasil Pengujian Wajah secara <i>Real Time</i> .....	71
Tabel 2	Rangkuman Akurasi Pengujian Model.....	81
Tabel 3	Contoh Hasil Euclidean Distance.....	165
Tabel 4	Contoh Hasil Prediksi dengan Threshold 0.5.....	166
Tabel 5	Tabel Wajah.....	192
Tabel 6	Tabel Foto.....	192
Tabel 7	Skenario Data Pelatihan Model Siamese Network 2 CNN.....	194
Tabel 8	Skenario Data Validasi Model Siamese Network 2 CNN.....	194
Tabel 9	Parameter Percobaan pada setiap Skenario.....	197
Tabel 10	Akurasi Model Siamese Network 2 CNN Pada Data Pelatihan.....	202
Tabel 11	Akurasi Model Siamese Network 2 CNN Pada Data Validasi.....	202
Tabel 12	Skenario Data Pelatihan Model Siamese Network 3 CNN.....	202
Tabel 13	Skenario Data Validasi Model Siamese Network 3 CNN.....	203
Tabel 14	Parameter Percobaan pada setiap Skenario.....	204
Tabel 15	Akurasi Model Siamese Network 3 CNN pada Data Pelatihan.....	209

Tabel 16	Akurasi Model Siamese Network 3 CNN pada Data Validasi .....	209
Tabel 17	Threshold Optimal pada Setiap Model...	226
Tabel 18	Akurasi Pengujian Model Siamese Network 2 CNN pada Data Pengujian dengan Threshold Optimum.....	227
Tabel 19	Akurasi Pengujian Model Siamese Network 3 CNN pada Data Pengujian dengan Threshold Optimum.....	227
Tabel 20	Hasil Perhitungan Jarak antar Citra dengan Model FR1_1 Skenario 3 terhadap Data Pengujian dengan Citra ke-0 sebagai Penguji.....	228
Tabel 21	Hasil Perhitungan Jarak antar Citra dengan Model FR1_1 Skenario 3 terhadap Data Pengujian dengan Citra ke-1 sebagai Penguji.....	230
Tabel 22	Hasil Prediksi Model FR1_1 terhadap Data Pengujian.....	233
Tabel 23	Kesalahan Prediksi Model Siamese Network 2 CNN.....	235
Tabel 24	Kesalahan Prediksi Model FR2_1 Siamese Network 3 CNN pada Skenario 2 dengan Threshold 0.5.....	236
Tabel 25	Kesalahan Prediksi Model FR2_1 Siamese Network 3 CNN pada Skenario 2 dengan Threshold Optimum.....	236
Tabel 26	Akurasi Pengujian Model Siamese Network 3 CNN pada Data Pengujian dengan Threshold 0.5.....	241
Tabel 27	Akurasi Pengujian Responden Pengenalan Wajah Secara <i>Real Time</i> .....	241

---

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Model CNN untuk Klasifikasi Objek Kendaraan.....	18
Gambar 2 <i>Input</i> Citra Berukuran 5 X 5 yang Dilakukan Perkalian <i>Element Wise</i> terhadap Matriks Filter 3 X 3 .....	19
Gambar 3 Grafik Fungsi ReLU.....	20
Gambar 4 Operasi Max Pooling dengan Jumlah Stride 2.....	21
Gambar 5 <i>Dropout</i> pada <i>Neural Network</i> .....	23
Gambar 6 Proses <i>Flatten</i> .....	25
Gambar 7 <i>Image Pyramid</i> .....	27
Gambar 8 Proses <i>Sliding Windows</i> .....	30
Gambar 9 <i>One Shot Learning</i> pada Citra dan Suara.....	33
Gambar 10 Siamese Network dengan 3 CNN Identik	35
Gambar 11 Siamese Network dengan 2 CNN Identik	37
Gambar 12 Grafik Equal Error Rate.....	42
Gambar 13 Citra Wajah Christian, David dan Willy.....	83
Gambar 14 Contoh Hasil Prediksi Lokasi Wajah dengan MTCNN.....	145
Gambar 15 Diagram Alur Pelatihan dan Pengujian Model Siamese Network.....	180
Gambar 16 Diagram Alur Pendaftaran(Registrasi)	181
Gambar 17 Diagram Alur Pengenalan.....	182

Gambar 18	Skema Rancangan Sistem.....	185
Gambar 19	Diagram Hirarki.....	186
Gambar 20	Rancangan <i>State Transition Diagram</i> Aplikasi Pengenalan Wajah.....	187
Gambar 21	Rancangan Antarmuka Modul Beranda...	188
Gambar 22	Rancangan Antarmuka Modul Bantuan...	188
Gambar 23	Rancangan Antarmuka Modul Tentang...	189
Gambar 24	Rancangan Antarmuka Modul Pendaftaran Pengguna.....	189
Gambar 25	Rancangan Antarmuka Modul Pengenal- an Wajah.....	190
Gambar 26	Rancangan Hubungan Antar Tabel Apl- ikasi Pengenalan Wajah.....	191
Gambar 27	Sampel Citra pada AT&T Faces Dataset	193
Gambar 28	Skema Proporsi <i>Training Pairs</i> dan <i>Validation Pairs</i> pada Skenario 1....	195
Gambar 29	Skema Proporsi <i>Training Pairs</i> dan <i>Validation Pairs</i> pada Skenario 2....	195
Gambar 30	Skema Proporsi <i>Training Pairs</i> dan <i>Validation Pairs</i> pada Skenario 3....	196
Gambar 31	Arsitektur Siamese Network 2 CNN....	196
Gambar 32	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_1 pada Skenario 1.....	197
Gambar 33	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_1 pada Skenario 1.....	197
Gambar 34	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_2 pada Skenario 1.....	198
Gambar 35	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_2 pada Skenario 1.....	198

Gambar 36	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_3 pada Skenario 1.....	198
Gambar 37	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_3 pada Skenario 1.....	198
Gambar 38	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_1 pada Skenario 2.....	199
Gambar 39	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_1 pada Skenario 2.....	199
Gambar 40	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_2 pada Skenario 2.....	199
Gambar 41	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_2 pada Skenario 2.....	199
Gambar 42	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_3 pada Skenario 2.....	200
Gambar 43	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_3 pada Skenario 2.....	200
Gambar 44	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_1 pada Skenario 3.....	200
Gambar 45	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_1 pada Skenario 3.....	200
Gambar 46	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_2 pada Skenario 3.....	201
Gambar 47	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_2 pada Skenario 3.....	201
Gambar 48	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR1_3 pada Skenario 3.....	201
Gambar 49	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR1_3 pada Skenario 3.....	201
Gambar 50	Arsitektur Siamese Network 3 CNN.....	203
Gambar 51	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_1 pada Skenario 1.....	204
Gambar 52	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan	



	Model FR2_1 pada Skenario 1.....	204
Gambar 53	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_2 pada Skenario 1.....	205
Gambar 54	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR2_2 pada Skenario 1.....	205
Gambar 55	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_3 pada Skenario 1.....	205
Gambar 56	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR2_3 pada Skenario 1.....	205
Gambar 57	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_1 pada Skenario 2.....	206
Gambar 58	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR2_1 pada Skenario 2.....	206
Gambar 59	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_2 pada Skenario 2.....	206
Gambar 60	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR2_2 pada Skenario 2.....	206
Gambar 61	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_3 pada Skenario 2.....	207
Gambar 62	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR2_3 pada Skenario 2.....	207
Gambar 63	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_1 pada Skenario 3.....	207
Gambar 64	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR2_1 pada Skenario 3.....	207
Gambar 65	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_2 pada Skenario 3.....	208
Gambar 66	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR2_2 pada Skenario 3.....	208
Gambar 67	Grafik Perubahan Akurasi Pelatihan Model FR2_3 pada Skenario 3.....	208

Gambar 68	Grafik Perubahan <i>Loss</i> Pelatihan Model FR2_3 pada Skenario 3.....	208
Gambar 69	Tampilan Akhir Antarmuka Modul Beranda	210
Gambar 70	Tampilan Akhir Antarmuka Modul Pendaftaran Pengguna Sebelum Pengambilan Gambar.....	210
Gambar 71	Tampilan Akhir Antarmuka Modul Pendaftaran Pengguna Setelah Pengambilan Gambar.....	211
Gambar 72	Tampilan Akhir Antarmuka Modul Pendaftaran Pengguna <i>Input</i> Nama Pengguna.....	211
Gambar 73	Tampilan Akhir Antarmuka Modul Pengenalan Wajah.....	212
Gambar 74	Tampilan Akhir Antarmuka Modul Bantuan.....	212
Gambar 75	Tampilan Akhir Antarmuka Modul Tentang.....	213
Gambar 76	Contoh Pendaftaran Wajah.....	223
Gambar 77	Grafik ERR Model FR1_1 Skenario 1...	223
Gambar 78	Grafik ERR Model FR1_2 Skenario 1...	223
Gambar 79	Grafik ERR Model FR1_3 Skenario 1...	223
Gambar 80	Grafik ERR Model FR1_1 Skenario 2...	223
Gambar 81	Grafik ERR Model FR1_2 Skenario 2...	224
Gambar 82	Grafik ERR Model FR1_3 Skenario 2...	224
Gambar 83	Grafik ERR Model FR1_1 Skenario 3...	224
Gambar 84	Grafik ERR Model FR1_2 Skenario 3...	224
Gambar 85	Grafik ERR Model FR1_3 Skenario 3...	224
Gambar 86	Grafik ERR Model FR2_1 Skenario 1...	224

Gambar 87	Grafik ERR Model FR2_2 Skenario 1...	225
Gambar 88	Grafik ERR Model FR2_3 Skenario 1...	225
Gambar 89	Grafik ERR Model FR2_1 Skenario 2...	225
Gambar 90	Grafik ERR Model FR2_2 Skenario 2...	225
Gambar 91	Grafik ERR Model FR2_3 Skenario 2...	225
Gambar 92	Grafik ERR Model FR2_1 Skenario 3...	225
Gambar 93	Grafik ERR Model FR2_2 Skenario 3...	226
Gambar 94	Grafik ERR Model FR2_3 Skenario 3...	226
Gambar 95	Skenario Pengujian Wajah Hadap Depan dengan Jarak 45 cm terhadap <i>Webcam</i> ..	238
Gambar 96	Skenario Pengujian Wajah Miring ke Kanan dengan Jarak 45 cm terhadap <i>Webcam</i> .....	238
Gambar 97	Skenario Pengujian Wajah Miring ke Kiri dengan Jarak 45 cm terhadap <i>Webcam</i> .....	239
Gambar 98	Kasus Pengenalan Wajah dengan Jarak 45 cm dari <i>Webcam</i> .....	239
Gambar 99	Kasus Pengenalan Wajah dengan Jarak dengan Jarak 20 cm terhadap <i>Webcam</i> ...	240
Gambar 100	Citra Wajah 16 Subjek sebagai Data Uji.....	240
Gambar 101	Grafik Jarak Similaritas terhadap 50 50 Citra Uji dengan Mahalanobis Distance.....	241
Gambar 102	Grafik Jarak Similaritas terhadap 50 50 Citra Uji dengan Euclidean Distance.....	241

---

## DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
LAMPIRAN 1	CONTOH PERHITUNGAN PENDETEKSIAN WAJAH .....	99
LAMPIRAN 2	CONTOH PERHITUNGAN PROSES <i>TRAINING</i> PEMBETUKKAN MODEL TERBAIK DENGAN DATA SIMULASI .....	146
LAMPIRAN 3	MATRIKS 25 X 25 .....	177
LAMPIRAN 4	RANCANGAN DIAGRAM ALUR .....	180
LAMPIRAN 5	RANCANGAN SKEMA SISTEM .....	185
LAMPIRAN 6	RANCANGAN DIAGRAM HIRARKI .....	186
LAMPIRAN 7	RANCANGAN <i>STATE TRANSITION</i> <i>DIAGRAM</i> .....	187
LAMPIRAN 8	RANCANGAN ANTARMUKA .....	188
LAMPIRAN 9	RANCANGAN HUBUNGAN ANTAR TABEL ...	191
LAMPIRAN 10	SPEKIFIKASI TABEL .....	192
LAMPIRAN 11	CITRA PADA DATASET AT&T FACES ....	193
LAMPIRAN 12	PELATIHAN MODEL SIAMESE NETWORK 2 CNN .....	194
LAMPIRAN 13	PELATIHAN MODEL SIAMESE NETWORK 3 CNN .....	202
LAMPIRAN 14	TAMPILAN AKHIR ANTARMUKA .....	210
LAMPIRAN 15	BLACK BOX TESTING .....	214
LAMPIRAN 16	PENGUJIAN MODEL .....	223