

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR MODUL PROGRAM.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	18
1.1 Latar Belakang	18
1.2 Rumusan Masalah.....	19
1.3 Batasan Masalah	20
1.4 Tujuan Penelitian	20
1.5 Manfaat Penelitian	20
1.6 Tahapan Penelitian.....	20
1.6.1 Rencana dan Tahapan Penelitian.....	20
1.6.2 Metodologi Pengembangan Sistem	21
1.7 Sistematika Penulisan	22
BAB II TINJAUAN LITERATUR	23
2.1 Ekspresi Wajah	23
2.2 Klasifikasi Tingkat Konsentrasi.....	23
2.3 Dataset FER-2013.....	24
2.4 Pengolahan Citra.....	25
2.4.1 Pembentukan citra digital	25
2.4.2 Pre-processing	25
2.4.3 Pemotongan Citra	26
2.5 Metode Viola-Jones	27
2.6 Library OpenCV	28
2.7 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	28
2.7.1 Convolutional layer	29
2.7.2 Batch Normalization.....	29
2.7.3 Aktivasi ReLU.....	30
2.7.4 Pooling layer.....	31
2.7.5 Fully Connected Layer	31
2.7.6 Softmax Activation.....	32
2.7.7 Arsitektur CNN	32
2.8 Confussion Matrix	33
2.9 Penelitian Terdahulu	34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SISTEM	39
3.1 Metodologi Penelitian	39
3.1.1 Studi Literatur	40
3.1.2 Pengumpulan Data	40
3.1.3 Data Pre-processing	41
3.1.4 Deteksi Wajah	45
3.1.5 Normalisasi Citra	53
3.1.6 Convolutional Neural Network	54
3.1.7 Penentuan Tingkat Konsentrasi	66
3.1.8 Pengujian Model	66
3.2 Metodologi Pengembangan Sistem	67
3.2.1 Tahapan <i>Planning</i>	68
3.2.2 Tahapan Desain	68
3.2.3 Tahapan <i>Coding</i>	76
3.2.4 Tahapan <i>Testing</i>	76
3.2.5 Rancangan Pengujian	77
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	84
4.1 Implementasi	84
4.1.1 Data Pre-processing	85
4.1.2 Akuisisi citra dengan <i>screen recording</i>	90
4.1.3 Deteksi Wajah dengan Viola-Jones	95
4.1.4 Perancangan Arsitektur CNN	98
4.1.5 Proses Training	99
4.1.6 Klasifikasi Emosi dengan CNN	100
4.1.7 Penentuan Tingkat Konsentrasi	101
4.1.8 Monitoring Emosi dan Tingkat Konsentrasi pada Sistem	102
4.2 Hasil	107
4.2.1 Hasil Pengujian Deteksi Wajah	107
4.2.2 Hasil Pengujian Kinerja Model CNN	117
4.2.3 Pengujian Sistem	121
4.3 Pembahasan	123
4.3.1 Pembahasan Deteksi Wajah	124
4.3.2 Pembahasan Model CNN	124
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	126
5.1 Kesimpulan	126
5.2 Saran	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	130

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bobot Konsentrasi pada Kelas Emosi	23
Tabel 2.2 Kelas Emosi pada FER-2013	24
Tabel 2.3 Hasil Pemerataan Distribusi Data.....	24
Tabel 2.4 <i>Confussion Matrix</i>	34
Tabel 2.5 State of the Art.....	37
Tabel 2.6 State of the Art (lanjutan)	38
Tabel 3.1 Data Sebelum Pemerataan	40
Tabel 3.2 Data Setelah Pemerataan	41
Tabel 3.3 Augmentasi.....	44
Tabel 3.4 Perhitungan <i>Grayscale</i>	46
Tabel 3.5 Perhitungan <i>Grayscale</i> (lanjutan)	47
Tabel 3.6 Perhitungan Citra Integral	49
Tabel 3.7 Perhitungan Citra Integral (lanjutan).....	50
Tabel 3.8 Hasil <i>Mini-batch Mean Batch Normalization_1</i>	57
Tabel 3.9 Hasil <i>Mini-batch Varian Batch Normalization_1</i>	57
Tabel 3.10 Hasil <i>Mini-batch Mean Batch Normalization_2</i>	59
Tabel 3.11 Hasil <i>Mini-batch Varian Batch Normalization_2</i>	60
Tabel 3.12 Hasil <i>Mini-batch Mean Batch Normalization_3</i>	63
Tabel 3.13 Hasil <i>Mini-batch Varian Batch Normalization_3</i>	64
Tabel 3.14 Output Fully Connected Layer_2	66
Tabel 3.15 Output Softmax	66
Tabel 3.16 Rancangan <i>Confussion Matrix</i>	67
Tabel 3.17 Kebutuhan Perangkat Keras	68
Tabel 3.18 Kebutuhan Perangkat Lunak	68
Tabel 3.19 Pengujian <i>Black Box</i>	76
Tabel 3.20 Pengujian <i>Black Box</i> (lanjutan)	77
Tabel 3.21 <i>Hyperparameter</i> CNN	77
Tabel 3.22 Kombinasi Pengujian	78
Tabel 4.1 Classifier.....	95
Tabel 4.2 Hasil Uji mycascadeclassifier6.xml Terhadap Wajah dengan Sudut 0°	109
Tabel 4.3 Hasil Uji mycascadeclassifier6.xml Terhadap Wajah dengan Rotasi >0°	110
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Deteksi Wajah dengan Rotasi >0°	116
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Deteksi Wajah	116
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Deteksi Wajah (lanjutan)	117
Tabel 4.7 Hasil Pengujian.....	118
Tabel 4.8 Pengujian <i>Confussion Matrix</i> pada Kombinasi Pengujian ke-12.....	119
Tabel 4.9 Hasil Pengujian <i>Black Box</i>	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ekspresi pada dataset FER-2013	24
Gambar 2.2 Fitur Haar.....	27
Gambar 2.3 Fungsi aktivasi ReLu	30
Gambar 2.4 Teknik <i>Max Pool</i> (atas) dan <i>Average Pool</i> (bawah).....	31
Gambar 2.5 Arsitektur CNN.....	32
Gambar 2.6 Parameter model CNN yang diterapkan	32
Gambar 3.1 Tahapan penelitian.....	39
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> pembentukan dataset.....	41
Gambar 3.3 Matriks Citra.....	42
Gambar 3.4 Matriks citra hasil <i>Grayscale</i>	43
Gambar 3.5 Citra sebelum proses <i>pre-processing</i>	43
Gambar 3.6 Citra setelah proses <i>pre-processing</i>	44
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> deteksi wajah.....	45
Gambar 3.8 Gambar sebelum proses <i>grayscale</i>	46
Gambar 3.9 Perbandingan matriks hasil <i>grayscale</i>	47
Gambar 3.10 Perbedaan gambar sebelum dan sesudah proses <i>grayscale</i>	47
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Viola-Jones	48
Gambar 3.12 <i>Edge Feature</i>	48
Gambar 3.13 <i>Line Feature</i>	48
Gambar 3.14 Hasil citra integral.....	50
Gambar 3.15 Fitur Haar pada citra integral	50
Gambar 3.16 Menghitung luas Fitur Haar.....	51
Gambar 3.17 Penerapan Cascade Classifier	52
Gambar 3.18 Hasil deteksi	52
Gambar 3.19 Normalisasi Min-Max.....	53
Gambar 3.20 Arsitektur CNN.....	54
Gambar 3.21 Citra masukkan 8x8 hasil normalisasi	55
Gambar 3.22 Citra input dengan padding.....	55
Gambar 3.23 Ilustrasi pergerakan fitur.....	55
Gambar 3.24 Hasil perhitungan konvolusi	56
Gambar 3.25 Matriks hasil <i>Batch Normalization_1</i>	58
Gambar 3.26 Hasil aktivasi ReLu_1.....	58
Gambar 3.27 Input Konvolusi Layer Conv2D_2	58
Gambar 3.28 Hasil Konvolusi Layer Conv2D_2	59
Gambar 3.29 Matriks Hasil <i>Batch Normalization_2</i>	60
Gambar 3.30 Hasil aktivasi ReLU_2.....	61
Gambar 3.31 Hasil max-pooling	61
Gambar 3.32 Hasil flattening	62
Gambar 3.33 Bobot Fully Connected Layer 1.....	62
Gambar 3.34 Output Fully Connected Layer_1	63
Gambar 3.35 Hasil Batch Normalization_3	64
Gambar 3.36 Hasil Aktivasi ReLU_3	65
Gambar 3.37 Ilustrasi Perhitungan Fully Connected Layer	65
Gambar 3.38 Metodologi pengembangan sistem	67

Gambar 3.39 <i>Use-case diagram</i>	69
Gambar 3.40 <i>Class Diagram</i>	70
Gambar 3.41 <i>Activity diagram input data file</i> rekaman.....	71
Gambar 3.42 <i>Activity diagram</i> rekam dan monitoring	71
Gambar 3.43 <i>Activity diagram</i> proses rekaman berhenti	72
Gambar 3.44 <i>Sequence diagram</i> input data rekaman	72
Gambar 3.45 <i>Sequence diagram</i> rekam dan monitoring	73
Gambar 3.46 <i>Sequence diagram</i> proses rekam berhenti	73
Gambar 3.47 Antarmuka halaman Home	74
Gambar 3.48 Antarmuka tab <i>file</i>	74
Gambar 3.49 Antarmuka tab monitor.....	75
Gambar 3.50 Antarmuka tab hasil.....	75
Gambar 3.51 Gambar uji 1	78
Gambar 3.52 Gambar uji 2	79
Gambar 3.53 Gambar uji 3	79
Gambar 3.54 Gambar uji 4	79
Gambar 3.55 Gambar uji 5	80
Gambar 3.56 Gambar Uji 6	80
Gambar 3.57 Gambar Uji 7	80
Gambar 3.58 Gambar uji 8	81
Gambar 3.59 Gambar uji rotasi 1	81
Gambar 3.60 Gambar uji rotasi 2	82
Gambar 3.61 Gambar uji rotasi 3	82
Gambar 3.62 Gambar uji rotasi 4	82
Gambar 3.63 Gambar uji rotasi 5	82
Gambar 3.64 Gambar uji rotasi 6	83
Gambar 3.65 Gambar uji rotasi 7	83
Gambar 3.66 Gambar uji rotasi 8	83
Gambar 4.1 (a) Halaman utama sistem, (b) Tab file, (c) Tab monitoring, (d) Tab hasil, (e) <i>Window Live</i>	84
Gambar 4.2 Pemeriksaan grayscale.....	86
Gambar 4.3 Tahapan pre-processing citra.....	88
Gambar 4.4 Hasil augmentasi data	90
Gambar 4.5 Output Prosedur <i>getPress</i>	91
Gambar 4.6 Hasil <i>getMove</i>	92
Gambar 4.7 Hasil <i>getRelease</i>	92
Gambar 4.8 Pemilihan area rekaman.....	93
Gambar 4.9 Bidang rekaman	94
Gambar 4.10 Contoh gambar negatif dan Positif	95
Gambar 4.11 Proses Pelatihan CNN.....	100
Gambar 4.12 Antarmuka Tab Beranda.....	102
Gambar 4.13 Antarmuka Tab File	103
Gambar 4.14 Pencatatan emosi dan tingkat konsentrasi secara real-time	104
Gambar 4.15 Hasil monitoring	106
Gambar 4.16 Pengujian <i>mycascadeclassifier6.xml</i> pada gambar uji rotasi 1	107
Gambar 4.17 Pengujian <i>mycascadeclassifier6.xml</i> pada gambar uji rotasi 2	107

Gambar 4.18 Pengujian mycascadeclassifier6.xml pada gambar uji rotasi 3	108
Gambar 4.19 Pengujian mycascadeclassifier6.xml pada gambar uji rotasi 4	108
Gambar 4.20 Pengujian mycascadeclassifier6.xml pada gambar uji rotasi 5	108
Gambar 4.21 Pengujian mycascadeclassifier6.xml pada gambar uji rotasi 6	108
Gambar 4.22 Pengujian mycascadeclassifier6.xml pada gambar uji rotasi 7	109
Gambar 4.23 Pengujian mycascadeclassifier6.xml pada gambar uji rotasi 8	109
Gambar 4.24 Hasil deteksi pada gambar uji 1	111
Gambar 4.25 Hasil deteksi pada gambar uji 2	111
Gambar 4.26 Hasil deteksi pada gambar uji 3	111
Gambar 4.27 Hasil deteksi pada gambar uji 4	112
Gambar 4.28 Hasil deteksi pada gambar uji 5	112
Gambar 4.29 Hasil deteksi pada gambar uji 6	112
Gambar 4.30 Hasil deteksi pada gambar uji 7	113
Gambar 4.31 Hasil deteksi pada gambar uji 8	113
Gambar 4.32 Hasil deteksi pada gambar uji rotasi 1	113
Gambar 4.33 Hasil deteksi pada gambar uji rotasi 2	114
Gambar 4.34 Hasil deteksi pada gambar uji rotasi 3	114
Gambar 4.35 Hasil deteksi pada gambar uji rotasi 4	114
Gambar 4.36 Hasil deteksi pada gambar uji rotasi 5	114
Gambar 4.37 Hasil deteksi pada gambar uji rotasi 6	115
Gambar 4.38 Hasil deteksi pada gambar uji rotasi 7	115
Gambar 4.39 Hasil deteksi pada gambar uji rotasi 8	115
Gambar 4.40 Hasil deteksi pada kasus multi-wajah	117
Gambar 4.41 Hasil visualisasi akurasi model CNN pengujian ke-12	118
Gambar 4.42 Hasil visualisasi loss model CNN pengujian ke-12	119
Gambar 4.43 Hasil klasifikasi emosi dengan CNN	120
Gambar 4.44 Hasil penentuan tingkatan konsentrasi	121
Gambar 4.45 Pengujian sistem dengan <i>zoom</i>	122
Gambar 4.46 Hasil monitoring emosi dan tingkat konsentrasi	122
Gambar 4.47 Laporan hasil monitoring emosi dan tingkat konsentrasi	123
Gambar 4.48 Hasil tingkat konsentrasi pada setiap <i>frame</i>	123

DAFTAR MODUL PROGRAM

Modul Program 2.1 Akuisisi Citra	25
Modul Program 2.2 Grayscale	26
Modul Program 2.3 Pemotongan Citra.....	26
Modul Program 2.4 Deteksi Wajah	27
Modul Program 2.5 <i>Pseudocode</i> CNN	33
Modul Program 4.1 Fungsi <i>isgray</i>	85
Modul Program 4.2 <i>Pseudocode</i> fungsi <i>process</i>	86
Modul Program 4.3 Lanjutan <i>pseudocode</i> fungsi <i>process</i>	87
Modul Program 4.4 Lanjutan <i>pseudocode</i> fungsi <i>process</i>	87
Modul Program 4.5 Lanjutan <i>pseudocode</i> fungsi <i>process</i>	88
Modul Program 4.6 <i>Pseudocode</i> pre-processing	88
Modul Program 4.7 <i>Pseudocode</i> augmentasi	89
Modul Program 4.8 Prosedur <i>getPress</i>	91
Modul Program 4.9 Prosedur <i>mouseMove</i>	91
Modul Program 4.10 Prosedur <i>getRelease</i>	92
Modul Program 4.11 <i>Pseudocode</i> <i>select_area</i>	93
Modul Program 4.12 <i>Pseudocode</i> perekem layar.....	94
Modul Program 4.13 <i>Pseudocode</i> deteksi wajah	96
Modul Program 4.14 Lanjutan <i>Pseudocode</i> deteksi wajah	97
Modul Program 4.15 Arsitektur CNN	98
Modul Program 4.16 Arsitektur CNN (lanjutan)	99
Modul Program 4.17 Proses Training	99
Modul Program 4.18 <i>Pseudocode</i> pengenalan emosi dengan CNN.....	100
Modul Program 4.19 <i>Pseudocode</i> Penentuan Tingkat Konsentrasi	101
Modul Program 4.20 <i>Pseudocode</i> <i>class home</i>	102
Modul Program 4.21 <i>Pseudocode</i> simpan nama file	103
Modul Program 4.22 <i>Pseudocode</i> pilih lokasi penyimpanan	104
Modul Program 4.23 <i>Pseudocode</i> proses monitoring emosi pada diagram batang.....	105
Modul Program 4.24 <i>Pseudocode</i> proses monitoring level konsentrasi pada diagram batang	105
Modul Program 4.25 <i>Pseudocode</i> menampilkan kalkulasi emosi.....	106
Modul Program 4.26 <i>Pseudocode</i> menampilkan tingkat konsentrasi	106

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Kombinasi Pengujian CNN	131
LAMPIRAN B Visualisasi Fitur Wajah.....	145
LAMPIRAN C Pengujian Terhadap Data Uji.....	148