

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III LANDASAN TEORI.....	8
3.1 Atensi/Arah Pandangan Mata	8
3.2 Histogram of Oriented Gradients	8
3.3 Support Vector Machine	9
3.4 Algoritme Deteksi Wajah dengan HOG-SVM	10
3.5 Lokalisasi <i>Facial Landmark</i>	11
3.6 Estimasi Posisi Kepala	13
3.7 <i>Convolutional Neural Network</i>	16
3.7.1 <i>Categorical Cross-Entropy Loss Function</i>	17
3.7.2 <i>Pooling Layer</i>	17
3.7.3 Fungsi Aktivasi	18
3.7.5 Fungsi Aktivasi <i>ReLU</i>	18
3.7.6 <i>Stride</i>	18
3.7.7 <i>Padding</i>	19
3.7.8 <i>Fully Connected Layer</i>	19
3.9 <i>Softmax Classifier</i>	19

3.10 <i>Cross Validation</i>	20
BAB IV ANALISIS DAN PERANGAN SISTEM	21
4.1 Alat dan Bahan	21
4.2 Tahapan Penelitian	21
4.3 Identifikasi Permasalahan	22
4.4 Pengumpulan Data Penelitian	23
4.6 Analisis dan Perancangan Sistem	24
4.6.1 <i>Pre-Processing</i>	26
4.6.2 Deteksi Wajah	26
4.6.3 Lokalisasi Mata	28
4.6.4 Estimasi Posisi Kepala	29
4.6.5 Arsitektur CNN	32
4.6.7 Tahap Pelatihan Model CNN	34
4.7 Pengujian Sistem	35
4.8 Evaluasi Sistem	38
BAB V IMPLEMENTASI	40
5.1 Program Pengambilan Data	40
5.2 Program Pemotongan Video	41
5.3 Program Pembentukan Dataset	43
5.4 Program Pembuatan Model CNN	47
5.5 Program Pelatihan	49
5.6 Program Evaluasi Model	50
5.7 Program Pengujian Realtime	51
5.8 Program Cross Validation	53
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	56
6.1 Pembentukan Dataset	56
6.2 Hasil <i>Pre-processing</i>	58
6.3 Hasil Deteksi Wajah	58
6.4 Deteksi <i>Facial Landmark</i>	59
6.5 Estimasi Posisi Kepala	60
6.6 Hasil <i>Feature Map</i> CNN	61
6.7 Pelatihan dan Validasi Model CNN	68
6.8 Pengujian <i>Learning Rate</i> Terhadap Nilai <i>Loss</i>	69
6.9 Pengujian dengan Cross Validation	72

6.10 Pengujian <i>Realtime</i>	74
6.10.1 Pengujian 16 Kelas.....	75
6.10.2 Pengujian 9 Kelas.....	78
6.10.3 Kesimpulan Pengujian Realtime	81
BAB VII PENUTUP.....	82
7.1 Kesimpulan	82
7.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Optimal <i>hyperplane</i> di SVM (sumber : docs.opencv.org)	10
Gambar 3.2 titik <i>landmark</i> wajah (sumber : ibug.doc.ic.ac.uk).....	12
Gambar 3.3 orientasi posisi kepala dalam ruang 3D (sumber : towardsdatascience.com)	13
Gambar 3.4 Sistem koordinat kamera, world, dan gambar (sumber : learnopencv.com)	14
Gambar 3.5 Operasi konvolusi (Ilahiyah & Nilogiri, 2018)	17
Gambar 3.6 Proses <i>max pooling</i> (Medium Samuel Sena, 2017)	18
Gambar 4.1 Diagram alir tahap penelitian	22
Gambar 4.2 Skema pengambilan data responden	23
Gambar 4.3 Komposisi pembagian <i>dataset</i>	24
Gambar 4.4 Jumlah kelas arah pandangan mata (a) 9 dan (b) 16 kelas	24
Gambar 4.5 Diagram sistem secara keseluruhan	25
Gambar 4.6 Arsitektur SVM	27
Gambar 4.7 Diagram alir tahap deteksi wajah	27
Gambar 4.8 Diagram alur tahap lokalisasi mata dengan <i>facial landmark</i>	29
Gambar 4.9 Diagram tahap estimasi posisi kepala	31
Gambar 4.10 Arsitektur CNN Klasifikasi Arah Tatapan Mata	32
Gambar 4.11 Proses pelatihan model CNN	35
Gambar 4.12 K-fold cross validation	36
Gambar 4.13 <i>Layout</i> pengujian sistem (Banaeeyan, Halin, & Bahari, 2015).....	37
Gambar 4.14 Diagram alur pengujian sistem.....	37
Gambar 5.1 Implementasi pengambilan data.....	40
Gambar 5.2 <i>User interface</i> pada layar 24 inch	41
Gambar 5.3 Implementasi program pemotong video.....	42
Gambar 5.4 Implementasi program ekstraksi video ke gambar.....	43
Gambar 5.5 Implementasi face detector Dlib	44
Gambar 5.6 Implementasi <i>landmark localization</i> untuk kedua mata	45
Gambar 5.7 Implementasi estimasi posisi kepala	46

Gambar 5.8 <i>List 3D dan 2D facial landmark</i>	47
Gambar 5.9 Implementasi pembuatan model CNN	48
Gambar 5.10 Implementasi program pelatihan model CNN	49
Gambar 5.11 Implementasi <i>pre-processing</i> pembagian data training dan validasi	50
Gambar 5.12 Implementasi program evaluasi model	51
Gambar 5.13 Potongan <i>source code</i> pengujian <i>realtime</i> part 1	51
Gambar 5.14 Potongan <i>source code</i> pengujian <i>realtime</i> part 2	53
Gambar 5.15 Implementasi K-Fold berdasarkan pengelompokan nama responden dan nama kelas	54
Gambar 5.16 Implementasi 10-Fold Cross Validation berdasarkan nama kelas ..	55
Gambar 6.1 Hasil pembentukan <i>dataset</i>	56
Gambar 6.2 Struktur <i>folder dataset</i> (a) berdasarkan nama kelas (b) berdasarkan nama kelas dan nama responden	56
Gambar 6.3 Hasil konversi RGB ke <i>grayscale</i>	58
Gambar 6.4 Hasil HOG dari gambar.....	58
Gambar 6.5 Hasil bounding box deteksi wajah	59
Gambar 6.6 Hasil deteksi facial landmark	59
Gambar 6.7 Hasil deteksi mata	60
Gambar 6.8 <i>bounding box</i> 2D & 3D bagian kepala dari fitur wajah	60
Gambar 6.9 rata-rata posisi kepala terhadap nama kelas	61
Gambar 6.10 Grafik <i>loss</i> dan <i>validation loss</i> pada model 16 kelas (1).....	70
Gambar 6.11 Grafik <i>loss</i> dan <i>validation loss</i> pada model 16 kelas (2).....	71
Gambar 6.12 Grafik <i>loss</i> dan <i>validation loss</i> pada model 9 kelas	71
Gambar 6.13 Nilai <i>confusion matrix</i> pada percobaan 16 kelas.....	75
Gambar 6.14 Nilai presisi, <i>recall</i> , <i>f1-score</i> pada percobaan 16 kelas.....	77
Gambar 6.15 Nilai <i>confusion matrix</i> pada percobaan 9 kelas.....	79
Gambar 6.16 Nilai presisi, <i>recall</i> , <i>f1-score</i> pada percobaan 9 kelas.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan pustaka	6
Tabel 4.1 Peralatan yang digunakan pada penelitian	21
Tabel 4.2 Arsitektur CNN	33
Tabel 4.3 Indikator pengujian sistem	38
Tabel 6.1 porsi jumlah <i>dataset</i> 16 kelas	57
Tabel 6.2 porsi jumlah <i>dataset</i> 9 kelas	57
Tabel 6.3 Filter lapisan konvolusi 2D	62
Tabel 6.4 Hasil filter tiap lapisan pada input gambar mata.....	63
Tabel 6.5 hasil akurasi pelatihan, validasi dan evaluasi.....	68
Tabel 6.6 Nilai akurasi K-Fold berdasarkan urutan responden.....	72
Tabel 6.7 Hasil 10-fold cross validation	74
Tabel 6.8 Sampel data prediksi dari 16 kelas	76
Tabel 6.9 Waktu klasifikasi <i>per-frame</i> pada percobaan 16 kelas	78
Tabel 6.10 Sampel data prediksi pada 9 kelas	80
Tabel 6.11 Waktu klasifikasi <i>per-frame</i> pada percobaan 9 kelas	81