

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.1.1 Penelitian <i>Eye Tracking</i> dan Klasifikasi Gerakan Mata	8
2.1.1.1 Klasifikasi Gerakan Mata Berbasis Ambang Batas (<i>Threshold-Based Algorithms</i>)	9
2.1.1.2 Klasifikasi Gerakan Mata Berbasis Probabilitas (<i>Probability-Based Algorithms</i>)	13
2.1.1.3 Klasifikasi Gerakan Mata Berbasis Data (<i>Data-Driven Algorithms</i>)	14
2.1.2 Penelitian <i>Hyperparameter Optimization</i>	15
2.2 Dasar Teori	16
2.2.1 Fisiologi Gerakan Mata Manusia	16
2.2.2 <i>Eye Tracking</i>	17
2.2.2.1 Prinsip Dasar <i>Eye Tracking</i>	17
2.2.3 Data <i>Eye Tracking</i>	19
2.2.4 Ekstraksi Fitur Gerakan Mata	20
2.2.4.1 Arah (<i>Direction</i>)	20
2.2.4.2 Kecepatan (<i>Speed</i>)	21
2.2.4.3 Percepatan (<i>Acceleration</i>)	21

2.2.4.4	Perpindahan (<i>Displacement</i>)	22
2.2.4.5	Deviasi Standar (<i>Standart Deviation</i>).....	22
2.2.5	<i>Deep Learning</i> dalam Klasifikasi Gerakan Mata	22
2.2.5.1	<i>Artificial Neural Network</i>	24
2.2.5.2	<i>Multilayer Perceptron (MLP)</i> dan <i>Backfoward Propagation</i>	25
2.2.5.3	<i>Loss Function</i>	31
2.2.5.4	<i>Optimization Algorithm</i>	33
2.2.5.5	<i>1 Dimensional-Convolutional Neural Network</i>	36
2.2.5.6	<i>Temporal Convolutional Network (TCN)</i>	38
2.2.6	<i>Hyperparameter</i> dalam <i>Deep Learning</i>	39
2.2.6.1	<i>Kernel Size</i>	39
2.2.6.2	<i>Dilation Rate</i>	40
2.2.6.3	<i>Dropout Rate</i>	40
2.2.6.4	<i>Batch Size</i>	41
2.2.6.5	<i>Activation Function</i>	41
2.2.6.6	<i>Filter number</i>	43
2.2.6.7	<i>Stacks number</i>	43
2.2.6.8	<i>Epoch</i>	45
2.2.7	<i>Hyperparameter optimization (HPO)</i>	45
2.2.7.1	<i>Grid Search</i>	46
2.2.7.2	<i>Randomized Search</i>	49
2.2.7.3	<i>Bayesian Optimization</i>	50
2.2.7.4	<i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	51
2.2.8	Evaluasi Model	53
2.2.8.1	Metode Evaluasi	53
2.2.9	Metrik Evaluasi	55
2.2.10	Uji Statistik	57
2.2.10.1	<i>Shapiro-Wilk Test</i>	57
2.2.10.2	Uji t Berpasangan	58
2.2.10.3	Uji <i>Wilcoxon Signed-Test Rank</i>	59
2.2.11	Analisis Perbandingan Metode	60
2.2.12	Hipotesis.....	61
BAB III Metode Penelitian		62
3.1	Alat dan Bahan Tugas akhir	62
3.1.1	Alat Tugas akhir.....	62
3.1.2	Bahan Tugas akhir	63
3.2	Metode yang Digunakan.....	65
3.3	Alur Tugas Akhir	66

3.3.1	Dataset	66
3.3.2	<i>Preprocessing Data</i>	66
3.3.3	<i>Feature Engineering</i>	67
3.3.4	<i>Data aggregation</i>	68
3.3.5	<i>Feature Extraction</i>	69
3.3.6	Arsitektur model TCN	70
3.3.7	<i>Hyperparameter Tuning</i>	71
3.3.8	Evaluasi <i>Hyperparameter</i> TCN	73
3.3.9	Uji Statistik	73
3.3.10	Analisis Perbandingan Metode	74
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....		75
4.1	Analisis <i>Hyperparameter Tuning</i> dengan metode <i>Particle Swarm Optimization</i>	75
4.1.1	Analisis Performa Model TCN dengan Teknik LOVO.....	76
4.1.1.1	Hasil Rata-rata <i>F1 Score</i> dengan Teknik LOVO	77
4.1.1.2	Analisis <i>Confusion Matrix</i>	79
4.1.1.3	<i>Fixation</i>	81
4.1.1.4	<i>Saccade</i>	82
4.1.1.5	<i>Smooth Pursuit</i>	84
4.1.1.6	<i>Noise</i>	85
4.1.2	Evaluasi dengan <i>K-Fold Cross Validation</i>	86
4.2	Analisis <i>Hyperparameter</i> pada Model TCN.....	89
4.2.1	<i>Dropout Rate</i>	89
4.2.2	<i>Number of Filter</i>	90
4.2.3	<i>Number of Stacks</i>	91
4.2.4	<i>Batch Size</i>	93
4.2.5	<i>Kernel Size</i>	94
4.2.6	<i>Dilation Rate</i>	95
4.3	Diskusi dan Pembahasan	96
4.3.1	Implikasi dan Kontribusi Penelitian	97
4.3.2	Analisis Perbandingan Metode Penelitian Sebelumnya	97
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		101
5.1	Kesimpulan.....	101
5.2	Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA.....		103

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan nilai dari gerakan-gerakan mata manusia [1]	9
Tabel 2.2	Jenis <i>Activation Function</i> beserta luarannya	42
Tabel 2.3	<i>Hyperparameter space</i> pada <i>Grid Search</i> [2]	49
Tabel 2.4	Perbandingan Metode Evaluasi	55
Tabel 2.5	Perbandingan hasil <i>F1 Score</i> pada riset <i>eye movement classification</i> .	61
Tabel 3.1	Deskripsi fitur pada <i>dataset GazeCom</i> [3] [4]	64
Tabel 3.2	Deskripsi dari fitur-fitur hasil proses <i>feature engineering</i> pada dataset <i>GazeCom</i>	68
Tabel 3.3	<i>Hyperparameter space</i> pada PSO [5]	72
Tabel 4.1	Perbandingan <i>Hyperparameter space: Grid Search</i> dan PSO.....	75
Tabel 4.2	Hasil evaluasi model TCN setelah di- <i>tuning</i> dengan metode PSO menggunakan teknik evaluasi LOVO.....	77
Tabel 4.3	Hasil evaluasi model TCN setelah di- <i>tuning</i> dengan metode <i>Grid Search</i> menggunakan teknik evaluasi LOVO	78
Tabel 4.4	Perbandingan <i>F1 Score</i> kelas <i>Fixation</i> pada model TCN sebelum dan sesudah dilakukan HPO	82
Tabel 4.5	Perbandingan <i>F1 Score</i> kelas <i>Saccade</i> pada model TCN sebelum dan sesudah dilakukan HPO	83
Tabel 4.6	Perbandingan <i>F1 Score</i> kelas <i>Smooth Pursuit</i> pada model TCN sebelum dan sesudah dilakukan HPO	85
Tabel 4.7	Perbandingan <i>F1 Score</i> kelas <i>Noise</i> pada model TCN sebelum dan sesudah dilakukan HPO	86
Tabel 4.8	Hasil evaluasi model dengan teknik evaluasi <i>K-Fold Cross Validation</i>	87
Tabel 4.9	Perbandingan hasil evaluasi dari nilai-nilai pada <i>hyperparameter dropout rate</i> dalam performa TCN	90
Tabel 4.10	Perbandingan hasil evaluasi model dengan <i>filter fumbers</i> berbeda menggunakan PSO	91
Tabel 4.11	Perbandingan hasil evaluasi model dengan <i>filter fumbers</i> berbeda menggunakan PSO	92
Tabel 4.12	Perbandingan hasil evaluasi model dengan <i>batch size</i> berbeda menggunakan PSO	94
Tabel 4.13	Perbandingan hasil evaluasi model dengan <i>kernel size</i> berbeda menggunakan PSO	95
Tabel 4.14	Perbandingan hasil evaluasi model dengan <i>dilation rate berbeda menggunakan PSO</i>	96
Tabel 4.15	Perbandingan hasil evaluasi dari kedua model dengan metode LOVO dan <i>K-Fold Cross Validation</i>	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Representasi mekanisme dasar gerakan mata yang terdiri dari dua komponen utama; <i>saccade</i> dan <i>fixation</i> [6].	17
Gambar 2.2	(a) Contoh perangkat ASL <i>head-mounted eye tracker</i> [7]; (b) <i>remote eye tracker</i> [8].	18
Gambar 2.3	Tahapan kalibrasi pada <i>eye tracking</i> secara umum [9]	18
Gambar 2.4	Representasi grafis dari 3 gerakan mata <i>fixation</i> , <i>saccade</i> , dan <i>smooth pursuit</i> . Warna biru menandakan gerakan <i>fixation</i> , hijau menandakan <i>saccade</i> , kuning menandakan <i>smooth pursuit</i> , dan merah menandakan <i>noise</i> pada data [4].	19
Gambar 2.5	Arsitektur Neural Network [10]	23
Gambar 2.6	<i>Single perceptron</i> dalam <i>Artificial Neural Network</i> [11].	24
Gambar 2.7	<i>Multilayer perceptron</i> [12]	27
Gambar 2.8	Penggunaan operasi Σ dalam kasus diferensiasi <i>hidden ke input layer</i> [12]	28
Gambar 2.9	Ilustrasi kondisi parameter stuck di titik <i>local minima</i> [12]	34
Gambar 2.10	Arsitektur CNN meliputi: <i>convolutional</i> , <i>pooling</i> , dan <i>fully-connected layers</i> [13].	37
Gambar 2.11	Arsitektur <i>One-Dimension Convolutional Neural Network (1D-CNN)</i> [14].	37
Gambar 2.12	Elemen arsitektur TCN. (a) Struktur <i>dilated convolutional</i> dengan dilatasi faktor $d = 1, 2, 4$ dan filter size $k = 3$. (b) Contoh <i>residual blocks</i> TCN, garis biru mewakili filter dalam <i>residual function</i> dan garis hijau adalah <i>identity mappings</i> [15]	39
Gambar 2.13	Contoh <i>dropout</i> dari model <i>Neural Net</i> . (a) <i>Standard Neural Net</i> dengan 2 <i>hidden layers</i> . (b) Pengecilan jaringan dengan menambahkan regularisasi <i>dropout</i> [16].	41
Gambar 2.14	Perbandingan grafik ketiga <i>activation function</i> [17]	43
Gambar 2.15	Ilustrasi <i>stack</i> pada <i>dilated convolution layers</i> dengan konvolusi filter number 1×2 [18]	44
Gambar 2.16	Residual blok pada arsitektur TCN [18]	45
Gambar 2.17	Ilustrasi cara kerja <i>Grid Search</i> [19]	47
Gambar 2.18	Ilustrasi cara kerja <i>Randomized Search</i> [20].	49
Gambar 2.19	Ilustrasi cara kerja <i>Bayesian optimization</i> pada kasus fungsi 1D [21]	51
Gambar 2.20	Ilustrasi skema iterasi partikel pada PSO [22]	52
Gambar 3.1	Persentase label pada <i>dataset</i>	63
Gambar 3.2	Cuplikan <i>dataset</i> GazeCom pada salah satu file	65
Gambar 3.3	Alur Penelitian	66
Gambar 3.4	Contoh kerangka arsitektur model TCN yang dibuat dengan menggunakan 385 <i>temporal window</i> dengan jumlah fitur sebesar 28	71
Gambar 4.1	<i>Confusion matrix</i> dari hasil evaluasi model TCN menggunakan metode <i>grid search</i>	79
Gambar 4.2	Perbandingan <i>plot history</i> dalam proses training pada iterasi <i>video beach</i>	80



Gambar 4.3	Perbandingan ketiga <i>plot history</i> pada proses <i>training</i>	90
Gambar 4.4	Perbandingan ketiga <i>plot history</i> pada proses <i>training</i> dengan <i>filter numbers</i> berbeda	92
Gambar 4.5	Perbandingan ketiga <i>plot history</i> pada proses <i>training</i> dengan <i>stacks number</i> berbeda.....	93
Gambar 4.6	Perbandingan hasil evaluasi dari nilai hyperparameter <i>batch size</i> dalam performa TCN	94
Gambar 4.7	Perbandingan hasil evaluasi dari nilai hyperparameter <i>kernel size</i> dalam performa TCN	95
Gambar 4.8	Perbandingan hasil evaluasi dari nilai hyperparameter <i>dilation rate</i> dalam performa TCN	96