

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KARYA ASLI TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Tahapan Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	8
2.1 Glaukoma	8
2.2 Citra <i>Fundus</i> Retina.....	9
2.3 <i>Deep Learning</i>	10
2.4 Convolutional Neural Network (<i>CNN</i>).....	11
2.4.1 Operasi Konvolusi 2D	12
2.5 <i>Z-Score Normalization</i>	12
2.6 Residual Network (<i>ResNet-50</i>)	13
2.6.1 Mekanisme <i>Residual Learning</i> dan <i>Skip Connection</i>	14
2.6.2 Arsitektur <i>Bottleneck Block</i> dan <i>Batch Normalization</i>	15
2.6.3 Struktur Global <i>ResNet-50</i>	17
2.6.4 <i>Global Average Pooling</i> (<i>GAP</i>).....	18
2.7 Vision Transformer (<i>ViT</i>)	18
2.7.1 <i>Patch Embedding</i> dan Proyeksi Linear	19
2.7.2 Mekanisme Multi-Head Self-Attention (<i>MSA</i>).....	20
2.7.3 Mekanisme Multi-Layer Perceptron (<i>MLP</i>).....	22
2.7.4 <i>MLP Head</i>	23
2.7.5 Konfigurasi Arsitektur <i>ViT-B/16</i>	24

2.8	<i>Transfer Learning</i>	24
2.9	Lapisan Klasifikasi Akhir	26
2.9.1	<i>Fully Connected Layer</i> (Logits)	26
2.9.2	Fungsi Aktivasi Softmax	26
2.10	Fungsi Kerugian (<i>Loss Function</i>)	27
2.11	Algoritma Optimasi	27
2.11.1	Adam (<i>Adaptive Moment Estimation</i>)	27
2.11.2	AdamW (<i>Adam with Weight Decay</i>).....	28
2.12	Metode <i>Hold-out Validation</i>	28
2.13	Evaluasi Kinerja Model	29
2.13.1	Confusion Matrix.....	29
2.13.2	Metrik Evaluasi	29
2.13.3	Reciever Operating Characteristic (ROC)	30
2.13.4	Area Under Curve (AUC).....	31
2.14	Tinjauan Literatur	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		34
3.1	Pengumpulan Data.....	35
3.1.1	Dataset RIM-ONE DL	36
3.1.2	Dataset HYGD (Hillel Yaffe Glaucoma Dataset)	36
3.2	Pra-pemrosesan Data	36
3.2.1	Penyesuaian Dimensi (<i>Resize</i>).....	36
3.2.2	Augmentasi Data	37
3.2.3	Konversi Tensor	37
3.2.4	Normalisasi ImageNet	37
3.3	Pembagian Data	38
3.4	Pemodelan dan <i>Transfer Learning</i>	38
3.4.1	Modifikasi Arsitektur Residual Network (ResNet-50).....	40
3.4.2	Modifikasi Arsitektur Vision Transformer (ViT-B/16).....	44
3.4.3	Pelatihan dan Optimasi Model	50
3.5	Evaluasi Model	51
3.5.1	Skenario Pengujian dan Penyesuaian Parameter	51
3.5.2	Parameter Confusion Matrix dan Metrik Kinerja.....	53
3.5.3	Kerangka Penyajian Hasil Evaluasi.....	53
BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN		56
4.1	Implementasi	56
4.1.1	Persiapan dan Karakteristik Dataset	56
4.1.2	Pemuatan dan Pra-pemrosesan Dataset	56

4.1.3	Inisialisasi Komponen <i>Early Stopping</i>	57
4.1.4	Implementasi Arsitektur Pemodelan (ResNet-50 dan ViT-B/16)	58
4.1.5	Perwujudan Antarmuka Streamlit.....	58
4.2	Hasil.....	62
4.2.1	Rekapitulasi Hasil Pengujian Keseluruhan.....	63
4.2.2	Hasil Pengujian Arsitektur ResNet-50 (Skenario 1 – 8).....	63
4.2.3	Hasil Pengujian Arsitektur ViT-B/16 (Skenario 9 – 16).....	65
4.2.4	Analisis Kinerja Waktu Komputasi	66
4.3	Pembahasan	67
4.3.1	Rekapitulasi dan Evaluasi Kinerja Keseluruhan	67
4.3.2	Komparasi Arsitektur.....	67
4.3.3	Analisis Sensitivitas <i>Hyperparameter</i>	68
4.3.4	Efisiensi Komputasi.....	69
BAB V PENUTUP		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA		74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan karakteristik klinis mata normal dan glaukoma	9
Tabel 2.2	Konfigurasi ResNet-50.....	17
Tabel 2.3	Spesifikasi arsitektur ViT-B/16	24
Tabel 2.4	State of the Art	32
Tabel 2.5	State of the Art (lanjutan).....	33
Tabel 3.1	Parameter numerik komponen <i>patch embedding</i> pada citra sampel	46
Tabel 3.2	Parameter pelatihan dan pengujian jaringan	52
Tabel 3.3	Skenario pengujian komparatif	52
Tabel 3.4	Kerangka pelaporan komparasi model terbaik.....	53
Tabel 3.5	Kerangka pelaporan komparasi model terbaik (lanjutan)	54
Tabel 4.1	Distribusi dan karakteristik sebaran dataset pelatihan dan pengujian.....	56
Tabel 4.2	Perbandingan rentang waktu komputasi ResNet-50 dan ViT-B/16.....	66
Tabel 4.3	Jumlah epoch yang digunakan di semua skenario	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan citra fundus retina normal dan glaukoma.....	10
Gambar 2.2 Struktur lapisan dasar pada arsitektur <i>deep learning</i>	11
Gambar 2.3 Arsitektur umum Convolutional Neural Network.....	12
Gambar 2.4 Arsitektur jaringan ResNet-50.....	13
Gambar 2.5 <i>Residual block</i> dengan <i>skip connection</i>	15
Gambar 2.6 Blok biasa (kiri) dengan blok <i>bottleneck</i> (kanan)	17
Gambar 2.7 Arsitektur Vision Transformer.....	19
Gambar 2.8 Scaled dot-product attention (kiri) dan multi-head attention (kanan)	22
Gambar 2.9 Alur Transfer Learning dari Source Task ke Target Task	25
Gambar 3.1 Alur tahapan penelitian	34
Gambar 3.2 Citra fundus retina dengan indikasi glaukoma.....	35
Gambar 3.3 Contoh hasil augmentasi data latih	37
Gambar 3.4 Alur modifikasi arsitektur dan skema pelatihan.....	39
Gambar 3.5 Hasil <i>z-score normalization</i> pada <i>channel</i> merah, hijau, dan biru	40
Gambar 3.6 Ilustrasi <i>flattening patch</i> pada ViT-B/16	45
Gambar 3.7 Kerangka detail kinerja 16 skenario.....	54
Gambar 3.8 Rancangan antarmuka simulasi inferensi.....	55
Gambar 3.9 Hasil klasifikasi dan probabilitas inferensi	55
Gambar 4.1 Antarmuka tabel komparasi seluruh skenario	60
Gambar 4.2 Antarmuka detail metrik dan visualisasi kurva ROC	61
Gambar 4.3 Antarmuka simulasi deteksi citra baru	62
Gambar 4.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian 16 Skenario Pemodelan	63
Gambar 4.5 Confusion matrix dan kurva ROC skenario 6	64
Gambar 4.6 Confusion matrix dan kurva ROC skenario 3	64
Gambar 4.7 Confusion matrix dan kurva ROC skenario 10	65
Gambar 4.8 Confusion matrix dan kurva ROC skenario 13	66