



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III DASAR TEORI.....	9
3.1 <i>Diabetic Retinopathy</i>	9
3.2 Pengolahan Citra Digital.....	10
3.3 <i>Machine Learning</i>	11
3.4 <i>Deep Learning</i>	11
3.5 Convolutional Neural Network.....	12
3.6 Model VGG16.....	15
3.7 <i>Transfer Learning dan Fine Tuning</i>	15
3.8 Support Vector Machine.....	15
3.9 Gradient Descent.....	17
3.10 TensorFlow dan Keras.....	17
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	18
4.1 Alat dan Bahan.....	18
4.2 Rancangan Sistem.....	19
4.2.1 <i>Pre-processing</i>	21
4.2.2 Ekstraksi Ciri.....	22
4.2.3 Klasifikasi dengan CNN.....	24
4.2.4 Klasifikasi dengan SVM.....	25
4.2.5 Pengujian Kecepatan Klasifikasi.....	27
4.3 Evaluasi Kinerja Sistem.....	27
BAB V IMPLEMENTASI SISTEM.....	30
5.1 Pengambilan Data.....	30
5.2 Program <i>Preprocessing</i>	31
5.3 Program Pelatihan CNN.....	34
5.4 Program Ekstraksi Ciri.....	40
5.5 Program SVM.....	41
5.6 Program Pengujian Kecepatan Klasifikasi.....	42
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44



6. 1	Hasil Pengujian CNN	44
6.1.1	Pengujian CNN pada Klasifikasi Lima Kelas	44
6.1.2	Pengujian CNN pada Klasifikasi Tiga Kelas	47
6.1.3	Pengujian CNN pada Klasifikasi Dua Kelas.....	49
6. 2	Hasil Pengujian CNN-SVM	52
6.2.1	Pengujian CNN-SVM pada Klasifikasi Lima Kelas.....	52
6.2.2	Pengujian CNN-SVM pada Klasifikasi Tiga Kelas	54
6.2.3	Pengujian CNN-SVM pada Klasifikasi Dua Kelas.....	56
6. 3	Kesimpulan Hasil Pengujian	57
6. 4	Pengujian Kecepatan Klasifikasi CNN-SVM	59
BAB VII PENUTUP		60
7.1	Kesimpulan.....	60
7.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Foto retina pasien DR pada berbagai kelas	10
Gambar 3.2 Contoh operasi konvolusi.....	12
Gambar 3.3 Ilustrasi arsitektur CNN	13
Gambar 3.4 Grafik fungsi ReLU.....	14
Gambar 3.5 Arsitektur LeNet-5	14
Gambar 3.6 Arsitektur VGG16.....	15
Gambar 3.7 SVM linear	16
Gambar 4.1 Beberapa gambar acak pada <i>dataset</i> Kaggle.....	18
Gambar 4.2 Diagram blok rancangan sistem	20
Gambar 4.3 Diagram alir tahap <i>pre-processing</i>	21
Gambar 4.4 Diagram alir (a) proses CNN tahap <i>training</i> dan (b) sub-proses pelatihan model	24
Gambar 4.5 Diagram alir proses tahap CNN tahap <i>testing</i>	25
Gambar 4.6. Diagram alir kerja SVM tahap <i>cross validation</i>	26
Gambar 4.7 Diagram alir kerja SVM tahap (a) <i>training</i> dan (b) <i>testing</i>	27
Gambar 5.1 Potongan program pemilihan citra	30
Gambar 5.2 Struktur <i>folder</i>	31
Gambar 5.3 Potongan program proses <i>cropping</i>	32
Gambar 5.4 Potongan program CLAHE.....	32
Gambar 5.5 Potongan program NLMD	33
Gambar 5.6 Perbedaan citra sebelum dan setelah <i>preprocessing</i>	34
Gambar 5.7. Potongan program aliran data	35
Gambar 5.8 Potongan program membuat model VGG16.....	36
Gambar 5.9 Potongan program membuat <i>baseline</i> CNN.....	37
Gambar 5.10 Potongan keluaran hasil pembuatan model.....	38
Gambar 5.11 Potongan program pelatihan model.....	39
Gambar 5.12 Potongan program evaluasi model	40
Gambar 5.13 Potongan program ekstraksi ciri.....	40
Gambar 5.14 Potongan program validasi SVM	41
Gambar 5.15 Potongan program pengujian SVM.....	42
Gambar 5.16 Potongan program pengujian kecepatan klasifikasi	43
Gambar 6.1 Grafik proses pelatihan pada klasifikasi lima kelas	45
Gambar 6.2 Performa CNN pada klasifikasi lima kelas	47
Gambar 6.3 Grafik proses pelatihan pada klasifikasi tiga kelas	48
Gambar 6.4 Performa CNN pada klasifikasi tiga kelas.....	49
Gambar 6.5 Grafik proses pelatihan pada klasifikasi dua kelas	50
Gambar 6.6 Performa CNN pada klasifikasi dua kelas.....	52
Gambar 6.7 Performa CNN-SVM pada klasifikasi lima kelas.....	54
Gambar 6.8 Performa CNN-SVM pada klasifikasi tiga kelas	56
Gambar 6.9 Performa CNN-SVM pada klasifikasi dua kelas	57
Gambar 6.10 Perbandingan akurasi penelitian ini dengan Alban dan Gilligan	58
Gambar 6.11 Rata-rata presisi, <i>sensitivity</i> , dan <i>F1 score</i> pada penelitian ini	58



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berbagai penelitian terdahulu terkait klasifikasi penyakit DR	8
Tabel 3.1 Penjelasan klasifikasi DR.....	10
Tabel 4.1 Alat dan bahan	19
Tabel 4.2 Spesifikasi laptop Asus A455L.....	19
Tabel 4.3. Komposisi <i>dataset</i> klasifikasi lima kelas	20
Tabel 4.4. Komposisi <i>dataset</i> klasifikasi tiga kelas	20
Tabel 4.5. Komposisi <i>dataset</i> klasifikasi dua kelas	20
Tabel 4.6 Arsitektur CNN VGG16	22
Tabel 4.7 Arsitektur CNN <i>Baseline</i>	23
Tabel 4.8 Matriks kemungkinan klasifikasi.....	28
Tabel 4.9 Rencana pengujian	29
Tabel 6.1 Hasil validasi CNN	44
Tabel 6.2 <i>Confusion matrix</i> model CNN VGG16 pada klasifikasi lima kelas	46
Tabel 6.3 <i>Confusion matrix</i> model CNN <i>Baseline</i> pada klasifikasi lima kelas	46
Tabel 6.4 <i>Confusion matrix</i> model CNN VGG16 pada klasifikasi tiga kelas	49
Tabel 6.5 <i>Confusion matrix</i> model CNN <i>Baseline</i> pada klasifikasi tiga kelas	49
Tabel 6.6 <i>Confusion matrix</i> model CNN VGG16 pada klasifikasi dua kelas.....	51
Tabel 6.7 <i>Confusion matrix</i> model CNN <i>Baseline</i> pada klasifikasi dua kelas	51
Tabel 6.8 Hasil hasil pengujian CNN-SVM	52
Tabel 6.9 Hasil validasi CNN-SVM pada klasifikasi lima kelas	53
Tabel 6.10 <i>Confusion matrix</i> model VGG16-SVM pada klasifikasi lima kelas...	53
Tabel 6.11 <i>Confusion matrix</i> model <i>Baseline</i> -SVM pada klasifikasi lima kelas..	54
Tabel 6.12 Hasil validasi CNN-SVM pada klasifikasi tiga kelas	55
Tabel 6.13 <i>Confusion matrix</i> model VGG16-SVM pada klasifikasi tiga kelas....	55
Tabel 6.14 <i>Confusion matrix</i> model <i>Baseline</i> -SVM pada klasifikasi tiga kelas...	55
Tabel 6.15 Hasil validasi CNN-SVM pada klasifikasi dua kelas	56
Tabel 6.16 <i>Confusion matrix</i> model VGG16-SVM pada klasifikasi dua kelas	57
Tabel 6.17 <i>Confusion matrix</i> model <i>Baseline</i> -SVM pada klasifikasi dua kelas ...	57
Tabel 6.18 Kecepatan klasifikasi	59