



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Comet Assay	12
3.2 Segmentasi citra	13
3.3 Image Enhancement	13
3.3.1 Gaussian Pyramid Multi-Scaling Analysis	13
3.4 Machine Learning	14
3.4.1 Pembelajaran Terawasi	14
3.5 Jaringan Syaraf Tiruan	15
3.5.1 Gradient Descent	15
3.5.2 Backpropagation	17
3.5.3 Multilayer Perceptron	17
3.5.4 Support Vector Machine	17
3.5.5 Convolutional Neural Network	18
3.5.6 Softmax	19
3.5.7 Cross entropy	19
3.5.8 One Hot Encoding	20
3.5.9 Transfer Learning	20
3.6 K-fold cross validation	20
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN	22
4.1 Analisis Permasalahan	22
4.1.1 Deskripsi Permasalahan	22
4.1.2 Pendekatan Penyelesaian Masalah	22
4.2. Perancangan Data	23
4.2.1 Rancangan Pra-Pemrosesan Data	24
4.2.2 Rancangan Partisi Data	26



4.3	Rancangan Model Machine learning	26
4.3.1	Rancangan Model Convolutional Neural Network...	26
4.3.2	Rancangan Model Support Vector Machine	29
4.3.3	Rancangan Model CNN Transfer learning	31
4.4	Rancangan Eksperimen dan Pengujian	34
BAB V	IMPLEMENTASI	36
5.1	Spesifikasi Hardware dan Software	36
5.2	Implementasi Pra-Pemrosesan Data	36
5.2.1	Normalisasi ukuran citra	37
5.2.2	Menghilangkan data noise	37
5.2.3	Segmentasi citra	39
5.2.4	Mengkonversi warna citra	40
5.2.5	Data Augmentation	41
5.3	Implementasi Model Machine learning	42
5.3.1	Mengimpor Dataset Comet Assay	42
5.3.2	Implementasi k-fold cross validation	43
5.3.3	Implementasi Model Convolutional Neural Network	44
5.3.3.1	Implementasi Arsitektur Convolutional Neural Network	44
5.3.3.2	Implementasi Proses Pelatihan	50
5.3.4	Implementasi Model Support Vector Machine	53
5.3.5	Implementasi Model Transfer Learning	54
5.3.5.1	Implementasi Ekstraksi Fitur Menggunakan Transfer learning	54
5.3.5.2	Implementasi Model Support Vector Machine	56
5.3.5.3	Implementasi Model Multi Layer Perceptron	56
BAB VI	HASIL DAN PEMBAHASAN	58
6.1	Pengujian Model Convolutional Neural Network	58
6.1.1	Pengujian Augmentasi Data dan Batch size	59
6.1.2	Pengujian Learning rate dan Step size	62
6.2	Pengujian Model Support Vector Machine	64
6.3	Pengujian Model Transfer learning	67
6.3.1	Pengujian Arsitektur VGG16	67
6.3.2	Pengujian Arsitektur VGG19	68
6.4	Perbandingan Hasil Akurasi	69
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	70
7.1	Kesimpulan	70
7.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Citra comet assay pada mikroskop	24
Gambar 4.2	Urutan proses pra-pemrosesan	26
Gambar 4.3	Arsitektur CNN yang digunakan dalam penelitian	29
Gambar 4.4	Proses pengujian menggunakan model SVM	30
Gambar 4.5	Konfigurasi layer pada model VGG	31
Gambar 4.6	Proses pengujian menggunakan model transfer learning	33
Gambar 5.1	Cuplikan kode normalisasi ukuran citra	37
Gambar 5.2	Cuplikan kode untuk menghilangkan data noise	38
Gambar 5.3	Cuplikan kode segmentasi citra	39
Gambar 5.4	Cuplikan kode pengkonversian warna citra	40
Gambar 5.5	Cuplikan kode augmentasi data	41
Gambar 5.6	Cuplikan kode pengimporan data comet assay	43
Gambar 5.7	Cuplikan kode implementasi k-fold cross validation	44
Gambar 5.8	Cuplikan kode implementasi arsitektur CNN	45
Gambar 5.9	Cuplikan kode implementasi model CNN	48
Gambar 5.10	Cuplikan kode pendeklarasian parameter awal	50
Gambar 5.11	Cuplikan kode proses pelatihan CNN pada k-fold cross validation	51
Gambar 5.12	Cuplikan kode penghitungan hasil akurasi	53
Gambar 5.13	Cuplikan kode implementasi model SVM	53
Gambar 5.14	Cuplikan kode pemanggilan parameter awal	55
Gambar 5.15	Cuplikan kode ekstraksi fitur menggunakan model VGG16 dan VGG19	55
Gambar 5.16	Cuplikan kode implementasi model SVM	56
Gambar 5.17	Cuplikan kode implementasi model MLP	57
Gambar 6.1	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan batch size 1 dengan data yang tidak diaugmentasi	60
Gambar 6.2	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan batch size 1 dengan data yang diaugmentasi	60
Gambar 6.3	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan batch size 10 dengan data yang tidak diaugmentasi	60
Gambar 6.4	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan batch size 10 dengan data yang diaugmentasi	61
Gambar 6.5	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan batch size 20 dengan data yang tidak diaugmentasi	61
Gambar 6.6	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan batch size 20 dengan data yang diaugmentasi	61
Gambar 6.7	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan learning rate 0.0001	63
Gambar 6.8	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan learning rate 0.00001	63
Gambar 6.9	Grafik akurasi dan loss function pembelajaran dengan learning rate 0.000001	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan penelitian yang terkait dengan penelitian ini.....	10
Tabel 4.1	Jumlah data untuk setiap kelas	24
Tabel 4.2	Contoh citra comet assay yang dapat digunakan	24
Tabel 4.3	Arsitektur CNN yang digunakan pada penelitian	28
Tabel 4.4	Range pencarian Grid search	29
Tabel 4.5	Parameter-parameter yang diujikan pada model transfer learning	32
Tabel 4.6	Kombinasi parameter pertama yang akan diujikan pada model CNN.....	34
Tabel 4.7	Kombinasi parameter kedua yang akan diujikan pada model CNN.....	34
Tabel 4.8	Skema cross-validation terhadap 4 partisi data	35
Tabel 6.1	Hasil akurasi dan rata-rata waktu dari pengujian batch size pada data yang diaugmentasi dan tidak diaugmentasi	59
Tabel 6.2	Hasil akurasi dari pengujian learning rate pada model CNN	62
Tabel 6.3	Rata-rata waktu dari pengujian learning rate pada model CNN .	62
Tabel 6.4	Hasil akurasi pengujian grid search dengan data yang tidak diaugmentasi	65
Tabel 6.5	Hasil akurasi pengujian grid search dengan data yang diaugmentasi	66
Tabel 6.6	Nilai akurasi dan parameter terbaik dari pengujian dengan data yang diaugmentasi dan tidak diaugmentasi	66
Tabel 6.7	Nlai akurasi pengujian SVM dan MLP sebagai classifier transfer learning model VGG16	67
Tabel 6.8	Nlai akurasi pengujian SVM dan MLP sebagai classifier transfer learning model VGG19	68
Tabel 6.9	Perbandingan hasil terbaik seluruh model	69