

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
II KAJIAN PUSTAKA	5
III LANDASAN TEORI	9
3.1 Deoxyribonucleic Acid (DNA)	9
3.2 Citra Digital	9
3.2.1 Citra <i>Grayscale</i>	10
3.3 Citra Comet Assay	11
3.4 Perbaikan Citra	12
3.4.1 Opening	13
3.4.2 Augmentasi Data	13
3.5 <i>Machine Learning</i>	14
3.6 Jaringan Syaraf Tiruan	14
3.7 <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN)	15
3.7.1 <i>Feature Extraction Layer</i>	15

3.7.1.1	<i>Convolution Layer</i>	15
3.7.1.2	<i>MaxPooling Layer</i>	16
3.7.1.3	Flattening	17
3.7.2	<i>Fully-Connected Layer</i>	17
3.8	<i>Extreme Learning Machine (ELM)</i>	19
3.8.1	Invers Matriks Moore-Penrose	21
3.9	<i>Transfer Learning</i>	22
3.9.1	VGGNet 16	22
3.9.2	ResNet 50	22
3.10	<i>Random Normal</i>	23
3.11	<i>Random Uniform</i>	23
3.12	<i>Rectified Linear Unit (ReLU)</i>	24
3.13	<i>Softmax</i>	24
3.14	<i>Cross Entropy</i>	24
3.15	<i>One-Hot Encoder</i>	25
3.16	Perhitungan Performa	25
3.16.1	Akurasi	26
IV	ANALISIS DAN PERANCANGAN	27
4.1	Analisis Sistem	27
4.2	Karakteristik Dataset	28
4.3	Perancangan Sistem	30
4.3.1	Perancangan Data	31
4.3.2	Pengumpulan Data	32
4.3.3	Pra-pemrosesan Data	33
4.3.4	Model CNN-ELM	34
4.3.4.1	Impor Data	35
4.3.4.2	Implementasi Arsitektur CNN-ELM	36
4.3.4.3	Melatih model CNN	41
4.3.4.4	Menentukan <i>output weights</i> ELM	42
4.3.4.5	Prediksi data pada model CNN-ELM	43
4.3.5	Model <i>Transfer Learning</i> - ELM	44
4.3.5.1	Impor Data	45
4.3.5.2	Implementasi arsitektur <i>transfer learning</i> -ELM	46
4.3.5.3	Menentukan <i>Output Weights</i> ELM	48
4.3.5.4	Prediksi data pada model <i>transfer learning</i> -ELM	49

4.4	Pengujian dan Evaluasi	50
4.4.1	Perancangan Pengujian	50
4.4.1.1	Pengujian Model CNN-ELM	51
4.4.1.2	Pengujian Model <i>Transfer Learning</i> -ELM	51
4.4.2	Perancangan Evaluasi	52
4.4.2.1	Akurasi	52
4.4.2.2	<i>Error</i>	52
4.4.2.3	<i>Training speed</i>	53
V	IMPLEMENTASI	54
5.1	Spesifikasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	54
5.2	Implementasi Pengumpulan Data	54
5.3	Implementasi Pra-pemrosesan Data	55
5.3.1	Konversi citra ke <i>grayscale</i>	56
5.3.2	Morfologi <i>opening</i>	57
5.3.3	Augmentasi data	58
5.4	Implementasi Model CNN - ELM	61
5.4.1	Impor Data	62
5.4.2	Implementasi Arsitektur CNN-ELM	64
5.4.2.1	Implementasi arsitektur CNN	64
5.4.2.2	Ekstraksi Fitur CNN	66
5.4.2.3	Implementasi <i>classifier</i> ELM	67
5.4.3	Melatih Model CNN	68
5.4.4	Menentukan <i>output weights</i> ELM	70
5.4.5	Prediksi Data pada Model CNN-ELM	70
5.4.6	Evaluasi Prediksi Data pada Model CNN-ELM	72
5.5	Implementasi Model <i>Transfer Learning</i> - ELM	73
5.5.1	Impor Data	75
5.5.2	Implementasi Arsitektur <i>Transfer Learning</i> -ELM	76
5.5.2.1	Pemilihan <i>pre-Trained</i> Model	76
5.5.2.2	Ekstraksi Fitur Vektor <i>pre-Trained</i> Model	77
5.5.2.3	Implementasi <i>classifier</i> ELM	78
5.5.3	Menentukan <i>Output Weights Transfer Learning</i> -ELM	80
5.5.4	Prediksi Data pada Model <i>Transfer Learning</i> - ELM	81

VI HASIL DAN PEMBAHASAN	83
6.1 Pengujian Model CNN-ELM	83
6.1.1 Pengujian pada Skema Data dan Epoch	83
6.1.1.1 Pembahasan Pengujian	88
6.1.2 Pengujian pada <i>random input weights</i> dan jumlah <i>hidden neuron</i>	88
6.1.2.1 Pembahasan Pengujian	92
6.1.3 Parameter Terbaik pada Pengujian Model CNN-ELM	93
6.2 Pengujian Model <i>transfer learning</i> -ELM	93
6.2.1 Pengujian pada Skema Data dan Jenis <i>Pre-trained</i>	93
6.2.1.1 Pembahasan Pengujian	95
6.2.2 Pengujian pada <i>Random Input Weights</i> dan Jumlah <i>Hidden Neuron</i>	95
6.2.2.1 Pembahasan Pengujian	96
6.2.3 Parameter Terbaik pada Pengujian Model <i>Transfer Learning-ELM</i>	97
6.3 Perbandingan Hasil Akurasi	97
VII PENUTUP	98
7.1 Kesimpulan	98
7.2 Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	103

DAFTAR TABEL

2.1	Perbandingan penelitian sebelumnya	8
4.1	Jumlah data asli untuk tiap kelas	28
4.2	Contoh citra untuk tiap kelas	29
4.3	Skema <i>split-augmentation</i>	31
4.4	Skema <i>augmentation-split</i>	32
4.5	Skema <i>non-augmented</i>	32
4.6	Vektor <i>shape</i> pada data fitur, kelas, dan <i>batch</i> untuk 3 skema pada model CNN ELM	36
4.7	Arsitektur CNN beserta <i>hyperparameter</i>	39
6.1	Rata-rata akurasi, <i>error</i> , dan <i>training speed</i> dari tiap skema data terhadap banyak <i>epoch</i>	84
6.2	Rata-rata akurasi, <i>error</i> , dan <i>training speed</i> dari tiap <i>random input weights</i> terhadap jumlah <i>hidden neuron</i>	89
6.3	2 variasi parameter dengan akurasi terbaik dari 2 pengujian	93
6.4	2 variasi parameter dengan error terendah dari 2 pengujian	93
6.5	2 variasi parameter dengan <i>training speed</i> tercepat dari 2 pengujian	93
6.6	Rata-rata akurasi dan <i>training speed</i> dari pengujian tiap skema data dan jenis <i>pre-trained</i>	94
6.7	Rata-rata akurasi dan <i>training speed</i> dari tiap <i>random input weights</i> terhadap jumlah <i>hidden neuron</i>	95
6.8	2 variasi parameter dengan akurasi terbaik dari 2 pengujian	97
6.9	2 variasi parameter dengan error terendah dari 2 pengujian	97
6.10	2 variasi parameter dengan <i>training speed</i> tercepat dari 2 pengujian	97
6.11	Perbandingan akurasi dari pengujian penelitian ini dan penelitian sebelumnya	97

DAFTAR GAMBAR

3.1	Matriks dari citra <i>grayscale</i> pada area tertentu menurut Neves dkk. (2018)	10
3.2	Citra <i>sliding</i> comet assay pada mikroskop, citra kelas 5, dan citra hasil segmentasi dan <i>enhancement</i> menurut Afiahayati dkk. (2019)	11
3.3	Contoh citra dengan proses <i>opening</i> dengan matriks kernel S menurut Haralick dan Shapiro (1992)	13
3.4	Arsitektur CNN menurut Jefkine (2016)	15
3.5	proses <i>maxpooling</i> dari sub <i>feature map</i> menurut Fei-Fei dkk.(2017) .	17
3.6	proses <i>flattening</i> dari vektor berukuran (2,3,3) menjadi ukuran (18,1) .	17
3.7	Arsitektur <i>fully-connected layer</i> dengan jenis MLP 1 <i>hidden layer</i> menurut Mazur (2015)	18
3.8	Arsitektur standar ELM dan perhitungan parameter menurut Duan dkk. (2018)	19
3.9	Grafik jumlah <i>neuron hidden</i> terhadap (a) akurasi dan terhadap (b) <i>error</i> menurut Duan dkk. (2018)	21
3.10	Kurva fungsi gaussian/normal menurut Allen (2017)	23
3.11	<i>Confussion Matrix</i>	26
4.1	Alur diagram perancangan sistem	30
4.2	Distribusi augmentasi untuk tiap kelas	34
4.3	Urutan proses pra-pemrosesan data	34
4.4	Arsitektur model CNN-ELM	36
4.5	Arsitektur ELM pada model CNN-ELM	41
4.6	Arsitektur CNN-MLP untuk pelatihan kernel	41
4.7	Proses pelatihan, penentuan <i>output weights</i> , dan prediksi model CNN-ELM	44
4.8	Arsitektur model <i>transfer learning</i> -ELM. Atas: VGG16, bawah: Res-Net50.	45
4.9	Vektor shape pada data fitur dan data kelas untuk 3 skema pada model <i>transfer learning</i> -ELM	46
4.10	Konfigurasi layer pada ResNet menurut He dkk. (2015)	47
4.11	Konfigurasi layer pada VGGNet menurut Rosebrock (2017)	47

4.12	Arsitektur ELM pada model <i>transfer learning</i> -ELM. Kiri: VGG16, kanan: ResNet50.	48
4.13	Proses penentuan <i>output weights</i> , dan prediksi model <i>transfer learning</i> -ELM	50
4.14	Menentukan akurasi dan <i>error</i>	53
5.1	Contoh gambar hasil konversi ke <i>grayscale</i>	57
5.2	Contoh gambar hasil konversi ke <i>opening</i>	58
5.3	Contoh citra hasil augmentasi, dari kiri ke kanan: <i>rotate</i> , <i>flipLeftRight</i> , <i>flipTopBottom</i> , <i>zoom</i>	60
6.1	Perbandingan evaluasi 3 skema pada epoch 10	85
6.2	Perbandingan evaluasi 3 skema pada epoch 20	86
6.3	Perbandingan evaluasi 3 skema pada epoch 30	87
6.4	Perbandingan evaluasi random uniform dengan 3 jenis jumlah <i>hidden neuron</i>	90
6.5	Perbandingan evaluasi random normal dengan 3 jenis jumlah <i>hidden neuron</i>	91