



LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vi
ABSTRACT	vii
INTISARI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
1.7 Keaslian Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	13
2.1 Tinjauan Pustaka.....	13
2.2 Landasan Teori	29
2.2.1 Gambaran Anatomi Otak.....	29
2.2.1.1 Serebrum.....	30
2.2.1.2 Serebelum	31
2.2.1.3 Batang Otak	31
2.2.2 Tumor Otak.....	31
2.2.3 Peralatan Penghasil Citra.....	32
2.2.4 Magnetic Resonance Imaging (MRI) Organ Otak.....	33
2.2.5 Pengolahan Citra Digital	34
2.2.6 Pra Pengolahan Citra.....	35
2.2.7 Machine Learning	36
2.2.7.1 Segmentasi Citra	36
2.2.7.2 Ekstraksi Ciri	37
2.2.7.3 Klasifikasi Citra	38



2.2.7.3.1	Komponen Utama Jaringan Saraf Tiruan	38
2.2.7.3.2	Model Neuron Jaringan Saraf Tiruan	38
2.2.7.3.2.1	Pelatihan dengan Supervisi	39
2.2.7.3.2.2	Pelatihan tanpa Supervisi	40
2.2.7.3.3	Jaringan Saraf Tiruan dengan Back Propagation	40
2.2.7.3.3.1	Arsitektur backpropagation	41
2.2.7.3.3.2	Fungsi aktivasi	41
2.2.7.3.3.3	Pelatihan standar backpropagation	42
2.2.7.3.4	Optimasi Jaringan Saraf Tiruan dengan Back Propagation	43
2.2.7.3.4.1	Pemilihan bobot dan bias awal	43
2.2.7.3.4.2	Jumlah unit tersembunyi	44
2.2.7.3.4.3	Jumlah pola pelatihan.....	44
2.2.7.3.4.4	Lama Iterasi	44
2.2.7.3.5	Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan.....	44
2.2.8	Deep Learning	45
2.2.8.1	Convolutional Neural Network	46
2.2.8.2	ResNet50	47
2.2.8.3	Convolutional Layer	50
2.2.8.4	Subsampling Layer	50
2.2.8.5	Fully Connected Layer	51
2.2.8.6	Feature Maps	52
2.2.8.7	Fungsi Aktivasi.....	52
2.2.8.7.1	Linear	52
2.2.8.7.2	Sigmoid	53
2.2.8.7.3	Tanh	53
2.2.8.7.4	Reactified Linear Unit (ReLU)	54
2.2.8.7.5	Leaky ReLU	55
2.2.8.7.6	Softmax	55
2.2.8.8	Learning Rate	56
2.2.8.9	Loss Function	56

2.2.8.10 Batch Size	56
2.2.8.11 Epoch	57
2.2.9 Metode Pruning	57
2.2.9.1 Jenis Metode Pruning.....	58
2.2.9.2 Pruning berdasarkan L2 Normalization	61
2.2.9.3 Pruning berdasarkan Taylor Expansion dari Cost Function.....	63
2.2.9.4 Pruning berdasarkan Kombinasi Taylor Expansion dari Cost Function dan L2 Normalization dari Activation Maps.....	65
2.2.10 Tahap Evaluasi Hasil Klasifikasi.....	67
2.2.11 Uji Statistik.....	68
2.2.11.1 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov	69
2.2.11.2 Uji Statistik Mann-Whitney	69
2.2.11.3 Uji Statistik Kruskal-Wallis	70
2.2.12 Hipotesis.....	70
BAB III METODE PENELITIAN	71
3.1 Alat dan Bahan	71
3.1.1 Alat.....	71
3.1.2 Bahan.....	72
3.2 Jalannya Penelitian	73
3.2.1 Tahap Persiapan	74
3.2.2 Tahap Pra-Pengolahan Citra.....	74
3.2.3 Perancangan Sistem	75
3.2.3.1 Convolutional Layer.....	77
3.2.3.2 Fungsi Aktivasi	78
3.2.3.3 Subsampling Layer	79
3.2.3.4 Fully Connected Layer	79
3.2.3.5 Rancangan Penelitian	80
3.2.3.6 Rancangan Klasifikasi.....	81
3.2.3.7 Rancangan Pengujian	82
3.3 Metode Analisis.....	83
3.3.1 Tahap Pra Pengolahan Citra	83



3.3.2 Tahap Klasifikasi	83
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	86
4.1 Model CNN ResNet50	86
4.1.1 Pengujian Arsitektur.....	87
4.1.2 Pengujian Learning rate.....	88
4.1.3 Pengujian Batch size	92
4.1.4 Pengujian Epoch	98
4.1.5 Pengujian Parameter Terbaik.....	102
4.2 Pengujian Pruning	104
4.3 Temuan Penelitian	111
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	112
5.1 Kesimpulan.....	112
5.2 Saran	113
DAFTAR PUSTAKA	114



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Garis besar bagian otak manusia	30
Gambar 2.2	Anatomi otak manusia	30
Gambar 2.3	Pemeriksaan kondisi otak pasien dengan MRI	33
Gambar 2.4	Representasi Intensitas Piksel Citra.....	34
Gambar 2.5	Gambaran Operasi Penggunaan Filter Median	36
Gambar 2.6	Struktur neuron pada jaringan saraf tiruan.....	39
Gambar 2.7	Model neuron berdasarkan arsitektur	40
Gambar 2.8	Arsitektur jaringan Back Propagation	41
Gambar 2.9	Grafik fungsi sigmoid biner	41
Gambar 2.10	Grafik fungsi sigmoid bipolar	42
Gambar 2.11	Arsitektur Convolutional Neural Network.....	47
Gambar 2.12	Blok residual learning	48
Gambar 2.13	Deeper Bottleneck Architecture	48
Gambar 2.14	Arsitektur ResNet50	49
Gambar 2.15	Perbandingan arsitektur ResNet50	49
Gambar 2.16	Operation Max-Pooling	51
Gambar 2.17	Fully Connected Layer.....	51
Gambar 2.18	Fungsi aktivasi Linear.....	53
Gambar 2.19	Fungsi aktivasi Sigmoid.....	53
Gambar 2.20	Fungsi aktivasi Tanh.....	54
Gambar 2.21	Fungsi aktivasi ReLU	54
Gambar 2.22	Fungsi aktivasi Leaky ReLU	55
Gambar 2.23	Klasifikasi Kendaraan dengan CNN sederhana	58
Gambar 2.24	Klasifikasi kendaraan dengan CNN kompleks.....	58
Gambar 2.25	Klasifikasi kendaraan dengan CNN kompleks dan pruning	58
Gambar 2.26	Fine Pruning	59
Gambar 2.27	Coarse Pruning	59
Gambar 2.28	Coarse Pruning	59
Gambar 2.29	Langkah-langkah pruning untuk mereduksi model berdasarkan kriteria pruning	60
Gambar 2.30	Activation maps yang dihasilkan oleh konvolusi.....	61



Gambar 2.31 Langkah-langkah pruning untuk mereduksi model berdasarkan L2 normalization dari activation map	62
Gambar 2.32 Nilai cost function sebelum pemangkasan dan setelah pemangkasan	64
Gambar 3.33 Langkah-langkah pemangkasan untuk mereduksi model berdasarkan kombinasi Taylor expansion cost function dan normalisasi L2 peta aktivasi.....	67
Gambar 3.1 Langkah Penelitian	73
Gambar 3.2 Alur kerja tahap persiapan	74
Gambar 3.3 Alur kerja tahap pra-pengolahan	75
Gambar 3.4 Proses perancangan model klasifikasi	76
Gambar 3.5 Alur kerja pruning L2 Normalisasi.....	76
Gambar 3.6 Ilustrasi operasi konvolusi	78
Gambar 3.7 Ilustrasi operasi ReLU	78
Gambar 3.8 Ilustrasi proses maxpooling	79
Gambar 3.9 Ilustrasi proses fully connected layer	80
Gambar 3.10 Struktur model ResNet-50	81
Gambar 3.11 Confusion matrix tiap kelas	85
Gambar 4.1 Akurasi pembelajaran parameter terbaik	103
Gambar 4.2 Loss pembelajaran parameter terbaik	103



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 State of art penelitian yang diusulkan	10
Tabel 2.1 Penelitian sebelumnya mengenai klasifikasi citra MRI di bidang medis.....	21
Tabel 2.2 Contoh Warna dari Nilai RGB	35
Tabel 3.1 Karakteristik dataset Kaggle.....	72
Tabel 3.2 Arsitektur ResNet50.....	84
Tabel 4.1 Perbandingan arsitektur ResNet50 dan pruning 60	86
Tabel 4.2 Perbandingan hasil klasifikasi pada skenario 1 dan 2.....	87
Tabel 4.3 Hasil pengujian learning rate.....	88
Tabel 4.4 Uji normalitas akurasi pembelajaran pada learning rate	89
Tabel 4.5 Uji Kruskal Wallis akurasi pembelajaran pada learning rate	89
Tabel 4.6 Uji Mann-Whitney akurasi pembelajaran pada learning rate.....	90
Tabel 4.7 Uji normalitas akurasi validasi pada learning rate.....	90
Tabel 4.8 Uji Kruskal Wallis akurasi validasi pada learning rate.....	91
Tabel 4.9 Uji Mann-Whitney akurasi validasi pada learning rate.....	91
Tabel 4.10 Hasil pengujian batch size dengan learning rate 0,0001	92
Tabel 4.11 Uji normalitas akurasi pembelajaran pada batch size dengan learning rate 0,0001	93
Tabel 4.12 Uji Kruskal Wallis akurasi pembelajaran pada batch size dengan learning rate 0,0001.....	93
Tabel 4.13 Uji Mann-Whitney akurasi pembelajaran pada batch size dengan learning rate 0,0001	94
Tabel 4.14 Uji normalitas akurasi validasi pada batch size dengan learning rate 0,0001	94
Tabel 4.15 Uji Kruskal Wallis akurasi validasi pada batch size dengan learning rate 0,0001.....	94
Tabel 4.16 Uji Mann-Whitney akurasi validasi pada batch size dengan learning rate 0,0001	95
Tabel 4.17 Hasil pengujian batch size dengan learning rate 0,001	95
Tabel 4.18 Uji normalitas akurasi pembelajaran pada batch size dengan learning rate 0,001	96



Tabel 4.19 Uji Kruskal Wallis akurasi pembelajaran pada batch size dengan learning rate 0,001	96
Tabel 4.20 Uji Mann-Whitney akurasi pembelajaran pada batch size dengan learning rate 0,001	96
Tabel 4.21 Uji normalitas akurasi validasi pada batch size dengan learning rate 0,001	97
Tabel 4.22 Uji Kruskal Wallis akurasi validasi pada batch size dengan learning rate 0,001	97
Tabel 4.23 Uji Mann-Whitney akurasi validasi pada batch size dengan learning rate 0,001	98
Tabel 4.24 Hasil pengujian epoch	99
Tabel 4.25 Uji normalitas akurasi pembelajaran pada epoch	99
Tabel 4.26 Uji Kruskal Wallis akurasi pembelajaran pada epoch	100
Tabel 4.27 Uji Mann-Whitney akurasi pembelajaran pada epoch	100
Tabel 4.28 Uji normalitas akurasi validasi pada epoch	101
Tabel 4.29 Uji Kruskal Wallis akurasi validasi epoch	101
Tabel 4.30 Uji Mann-Whitney akurasi validasi epoch	102
Tabel 4.31 Pengaturan Pembelajaran Parameter Terbaik	103
Tabel 4.32 Hasil pengujian menggunakan beberapa rasio pruning	104
Tabel 4.33 Perbandingan hasil klasifikasi dengan penelitian sebelumnya	105
Tabel 4.34 Perbandingan hasil klasifikasi menggunakan ResNet50 dan pruning 20, 60, dan 90	107
Tabel 4.35 Uji normalitas perbandingan akurasi pembelajaran dengan penelitian sebelumnya	108
Tabel 4.36 Uji Mann-Whitney perbandingan akurasi pembelajaran dengan penelitian sebelumnya	108
Tabel 4.37 Uji normalitas perbandingan akurasi validasi dengan penelitian sebelumnya	109
Tabel 4.38 Uji Mann-Whitney perbandingan akurasi validasi dengan penelitian sebelumnya	109
Tabel 4.39 Perbandingan hasil akurasi pengujian menggunakan ResNet50 dan pruning 20, 60, dan 90	110