

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PRAKATA.....	iii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	v
ABSTRACT.....	vi
INTISARI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Keaslian Penelitian.....	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	15
1.5 Batasan Penelitian	15
1.6 Manfaat Penelitian.....	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	16
2.1 Tinjauan Pustaka	16
2.2 Landasan Teori	20
2.2.1 Paru-Paru.....	20
2.2.2 Citra Digital.....	24
2.2.3 Pengolahan Citra Digital	26
2.2.4 <i>Medical Imaging</i>	27
2.2.5 <i>Chest X-Ray (CXR)</i>	28
2.2.6 <i>Artificial Intelligence (AI)</i>	29
2.2.7 <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	31
2.2.8 <i>Deep Learning (DL)</i>	36
2.2.9 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	39
2.2.10 <i>Transfer Learning</i>	49
2.2.11 <i>Hyperparameter</i>	50
2.2.12 <i>K-Fold Cross-Validation</i>	60
2.2.13 Evaluasi Kinerja.....	60

2.3 Pertanyaan Penelitian	63
BAB III METODOLOGI.....	64
3.1 Alat dan Bahan	64
3.1.1 Alat.....	64
3.1.2 Bahan.....	65
3.2 Alur Penelitian.....	67
3.3 Alur Perancangan dan Pengujian Model	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	74
4.1 Membangun <i>Datasets</i>	74
4.1.1 Pengumpulan Data	74
4.1.2 Pra-pengolahan Data	77
4.2 Membangun Model <i>Convolutional Neural Network</i>	78
4.2.1 Arsitektur ResNet50	78
4.2.2 Arsitektur InceptionV3.....	80
4.2.3 Arsitektur MobileNetV2	81
4.3 <i>Training</i> dan <i>Testing</i> Arsitektur	83
4.3.1 Arsitektur ResNet50	84
4.3.2 Arsitektur InceptionV3.....	89
4.3.3 Arsitektur MobileNetV2	94
4.3.4 Optimasi <i>Hyperparameter</i> pada Arsitektur Terbaik	99
4.3.5 Arsitektur MobileNetV2 dengan <i>Hyperparameter</i> Optimal	100
4.4 Evaluasi Hasil Penelitian.....	106
4.4.1 Perbandingan Kinerja Keseluruhan Arsitektur	106
4.4.2 Perbandingan Kinerja Arsitektur Sebelum dan Sesudah Penyetelan <i>Hyperparameter</i>	108
4.4.3 Uji Signifikansi Optimalisasi <i>Hyperparameter</i>	109
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	113
5.1 Kesimpulan.....	113
5.2 Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem koordinat yang mewakili citra [22].	24
Gambar 2.2 Citra hasil <i>chest x-ray</i> [49].	29
Gambar 2.3 Penerapan konsep <i>artificial intelligence</i> di komputer.	30
Gambar 2.4 Jaringan syaraf biologi otak manusia [28].	31
Gambar 2.5 Struktur <i>neural network</i> .	32
Gambar 2.6 Struktur <i>single layers neural networks</i> .	34
Gambar 2.7 Struktur <i>multiple layers neural networks</i> .	35
Gambar 2.8 Struktur <i>competitive layer</i> .	36
Gambar 2.9 Jenis lapisan pada <i>deep learning</i> [30].	37
Gambar 2.10 <i>Perceptron</i> dengan d buah <i>input</i> [30].	38
Gambar 2.11 Arsitektur <i>convolutional neural network</i> [31].	39
Gambar 2.12 Contoh operasi konvolusi pada arsitektur CNN.	40
Gambar 2.13 Contoh operasi <i>max pooling</i> pada arsitektur CNN.	42
Gambar 2.14 Contoh operasi <i>average pooling</i> pada arsitektur CNN.	42
Gambar 2.15 Struktur <i>bottleneck blok</i> [33].	45
Gambar 2.16 Ilustrasi lapisan arsitektur ResNet50 [34].	46
Gambar 2.17 Ilustrasi arsitektur InceptionV3 [51].	47
Gambar 2.18 <i>Building block</i> MobileNetV2 [36].	48
Gambar 2.19 Arsitektur MobileNetV2 [36].	49
Gambar 2.20 <i>Grid search</i> [41].	56
Gambar 2.21 <i>Random search</i> [41].	57
Gambar 2.22 Ilustrasi <i>k-fold cross-validation</i> dengan $k = 5$.	60
Gambar 3.1 Contoh citra CXR yang digunakan.	66
Gambar 3.2 Alur penelitian secara umum.	67
Gambar 3.3 Alur perancangan dan pengujian model.	69
Gambar 4.1 Citra CXR kategori Pneumonia.	74
Gambar 4.2 Citra CXR kategori COVID-19	75
Gambar 4.3 Citra CXR kategori Tuberculosis.	75
Gambar 4.4 Citra CXR kategori Normal.	75

Gambar 4.5 Proses pelabelan <i>datasets</i>	76
Gambar 4.6 Sampel <i>datasets</i> Pneumonia, COVID-19, Tuberculosis, dan Normal di <i>google drive</i>	76
Gambar 4.7 Citra hasil proses <i>resizing</i>	77
Gambar 4.8 Summary model ResNet50 sebelum fine tuning.....	79
Gambar 4.9 Summary model ResNet50 setelah fine tuning.	79
Gambar 4.10 Summary model InceptionV3 sebelum <i>fine tuning</i>	80
Gambar 4.11 Summary model InceptionV3 setelah <i>fine tuning</i>	81
Gambar 4.12 Summary model MobileNetV2 sebelum <i>fine tuning</i>	82
Gambar 4.13 Summary model MobileNetV2 setelah <i>fine tuning</i>	82
Gambar 4.14 Grafik <i>confusion matrix</i> hasil prediksi menggunakan <i>best</i> model ResNet50 pada data <i>testing</i> setiap <i>fold</i>	85
Gambar 4.15 Grafik <i>confusion matrix</i> hasil prediksi menggunakan <i>best</i> model InceptionV3 pada data <i>testing</i> setiap <i>fold</i>	90
Gambar 4.16 Grafik <i>confusion matrix</i> hasil prediksi menggunakan <i>best</i> model MobileNetV2 pada data <i>testing</i> setiap <i>fold</i>	96
Gambar 4.17 Grafik <i>confusion matrix</i> hasil prediksi menggunakan <i>best</i> model MobileNetV2-BO pada data <i>testing</i> setiap <i>fold</i>	102
Gambar 4.18 Perbandingan waktu pelatihan setiap arsitektur.	107

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian-penelitian terkait.	12
Tabel 2.1 Detail jumlah lapisan arsitektur ResNet [48].	44
Tabel 2.2 Konfigurasi arsitektur InceptionV3 [50].	47
Tabel 2.3 Algoritma <i>Bayesian Optimization</i>	58
Tabel 2.4 <i>Confusion Matrix</i>	61
Tabel 3.1 Statistik <i>datasets</i> citra CXR.	65
Tabel 3.2 Ruang pencarian <i>hyperparameter</i>	72
Tabel 4.1 Hasil kinerja <i>training</i> dan <i>validation</i> arsitektur ResNet50 pada setiap <i>fold cross-validation</i>	84
Tabel 4.2 Hasil kinerja <i>best</i> model ResNet50 dari setiap <i>fold cross-validation</i> pada dataset <i>testing</i>	88
Tabel 4.3 Hasil kinerja <i>training</i> dan <i>validation</i> arsitektur InceptionV3 pada setiap <i>fold cross-validation</i>	89
Tabel 4.4 Hasil kinerja <i>best</i> model InceptionV3 dari setiap <i>fold cross-validation</i> pada dataset <i>testing</i>	93
Tabel 4.5 Hasil kinerja <i>training</i> dan <i>validation</i> arsitektur MobileNetV2 pada setiap <i>fold cross-validation</i>	94
Tabel 4.6 Hasil kinerja <i>best</i> model MobileNetV2 dari setiap <i>fold cross-validation</i> pada dataset <i>testing</i>	98
Tabel 4.7 Hasil pencarian <i>hyperparameter</i> dengan <i>Bayesian optimization</i>	100
Tabel 4.8 Hasil kinerja <i>training</i> dan <i>validation</i> arsitektur MobileNetV2-BO pada setiap <i>fold cross-validation</i>	101
Tabel 4.9 Hasil kinerja <i>best</i> model MobileNetV2-BO dari setiap <i>fold cross-validation</i> pada dataset <i>testing</i>	105
Tabel 4.10 Perbandingan hasil pengujian arsitektur CNN yang digunakan.	106
Tabel 4.11 Perbandingan hasil evaluasi arsitektur MobileNetV2 sebelum dan sesudah <i>hyperparameter optimization</i> (HPO).	108
Tabel 4.12 Perbandingan kinerja metrik <i>accuracy</i> MobileNetV2 sebelum dan sesudah HPO setiap <i>fold</i>	109