

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 Visi Komputer	12
2.2.2 Pengolahan Citra	12
2.2.3 Pengenalan Ekspresi Wajah	13
2.2.4 FER2013 Dataset.....	13
2.2.5 <i>Machine Learning</i>	14
2.2.5.1 <i>Supervised Learning</i>	15
2.2.5.2 <i>Deep Learning</i>	16
2.2.6 <i>Transfer Learning</i>	17
2.2.7 <i>Ensemble Learning</i>	18
2.2.7.1 <i>Stacking</i>	19
2.2.7.2 <i>Blending</i>	20
2.2.7.3 <i>Voting</i>	21
2.2.8 <i>Convolutional Neural Network</i>	22
2.2.9 <i>K-fold Cross Validation</i>	25
2.2.10 Python	25

2.2.10.1	Tensorflow	26
2.2.10.2	Keras	26
2.3	Analisis Perbandingan Metode	26
2.3.1	Perbandingan Arsitektur CNN	27
2.3.1.1	VGG16	27
2.3.1.2	ResNet50	29
2.3.1.3	InceptionV3	30
2.3.1.4	InceptionResNetV2	32
2.3.1.5	EfficientNetV2B2	34
2.3.1.6	DenseNet121	36
2.3.2	Pemilihan Arsitektur CNN	37
2.4	Pertanyaan Tugas Akhir	38
BAB III Metode Penelitian.....		39
3.1	Alat dan Bahan Tugas akhir	39
3.1.1	Alat Tugas akhir.....	39
3.1.2	Bahan Tugas akhir	39
3.2	Metode yang Digunakan.....	40
3.3	Alur Tugas Akhir	41
3.3.1	Persiapan dan Pengolahan Dataset	41
3.3.2	Pembuatan dan Pelatihan Model CNN	42
3.3.3	Pembuatan Metode <i>Voting</i>	44
3.3.4	Pembuatan dan Pelatihan Metode <i>Blending</i>	44
3.3.5	Analisis dan Evaluasi Model	46
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....		48
4.1	Perbandingan Arsitektur <i>Convolutional Neural Network</i>	48
4.1.1	VGG16	48
4.1.2	ResNet50	50
4.1.3	InceptionV3	51
4.1.4	DenseNet121	53
4.1.5	EfficientNetV2B2	55
4.1.6	Analisis Keseluruhan Model	56
4.2	Perbandingan Hasil Metode <i>Voting</i>	58
4.2.1	<i>Soft Voting</i>	58
4.2.2	<i>Hard Voting</i>	59
4.2.3	Analisis Metode <i>Voting</i>	60
4.3	Perbandingan Hasil Metode <i>Blending</i>	61
4.3.1	Pencarian Hiperparameter Terbaik pada Model <i>Meta Learner</i>	61
4.3.2	Perbandingan Setiap Model <i>Meta Learner</i>	62
4.4	Perbandingan Model Tunggal dengan Metode <i>Voting</i> dan <i>Blending</i> Terbaik	64



4.5	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Terdahulu	65
4.6	Kekurangan Penelitian	66
BAB V	Kesimpulan dan Saran	68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	L-1
L.1	<i>Source Code</i>	L-1
L.1.1	Pengambilan Probabilitas Model Dasar	L-1
L.1.2	Metode <i>Voting</i>	L-2
L.1.2.1	<i>Soft Voting</i>	L-2
L.1.2.2	<i>Hard Voting</i>	L-2
L.1.3	Metode <i>Blending</i>	L-2
L.1.3.1	Pencarian Hiperparameter Terbaik pada <i>Meta Learner</i> ..	L-2
L.1.3.2	Pelatihan dan Pengetesan <i>Meta Learner Blending</i>	L-4

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan akurasi model pada berbagai ekspresi dalam penelitian Moungh, et al.	9
Tabel 3.1	Hiperparameter yang dicari pada model <i>meta learner</i>	45
Tabel 4.1	Metrik evaluasi VGG16 pada <i>epoch</i> terbaik dan terakhir	48
Tabel 4.2	Metrik evaluasi VGG16 pada data pengujian	49
Tabel 4.3	Metrik evaluasi ResNet50 pada <i>epoch</i> terbaik dan terakhir	50
Tabel 4.4	Metrik evaluasi ResNet50 pada data pengujian	51
Tabel 4.5	Metrik evaluasi InceptionV3 pada <i>epoch</i> terbaik dan terakhir	52
Tabel 4.6	Metrik evaluasi InceptionV3 pada data pengujian	52
Tabel 4.7	Metrik evaluasi DenseNet121 pada <i>epoch</i> terbaik dan terakhir	53
Tabel 4.8	Metrik evaluasi DenseNet121 pada data pengujian	54
Tabel 4.9	Metrik evaluasi EfficientNetV2B2 pada <i>epoch</i> terbaik dan terakhir ..	55
Tabel 4.10	Metrik evaluasi EfficientNetV2B2 pada data pengujian	56
Tabel 4.11	Perbandingan metrik evaluasi model CNN pada data pengujian	56
Tabel 4.12	Perbandingan metrik evaluasi dari setiap kombinasi model pada <i>soft voting</i>	58
Tabel 4.13	Perbandingan metrik evaluasi dari setiap kombinasi model pada <i>hard voting</i>	59
Tabel 4.14	Nilai hiperparameter terbaik dari <i>meta learner</i> pada setiap kombinasi model	61
Tabel 4.15	Perbandingan metrik evaluasi untuk setiap <i>meta learner</i> metode <i>blending</i> pada kombinasi model	62
Tabel 4.16	Perbandingan metrik evaluasi dari setiap model tunggal dan <i>voting & blending</i> terbaik	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur metode dalam penelitian Meng, et al.	10
Gambar 2.2	Cuplikan dataset FER2013	14
Gambar 2.3	Diagram arsitektur <i>deep learning</i> dengan dua <i>hidden layer</i>	17
Gambar 2.4	Diagram <i>stacking</i>	19
Gambar 2.5	Ilustrasi perolehan dataset pada <i>stacking</i>	20
Gambar 2.6	Ilustrasi perolehan dataset pada <i>blending</i>	21
Gambar 2.7	Diagram arsitektur CNN.....	23
Gambar 2.8	Operasi konvolusi dengan kernel 2x2	23
Gambar 2.9	Diagram <i>max pooling</i> dan <i>average pooling</i>	24
Gambar 2.10	Diagram <i>k-fold cross validation</i> dengan 5 <i>split</i>	25
Gambar 2.11	Arsitektur VGG16	28
Gambar 2.12	Penerapan <i>skip connections</i> dalam ResNet	29
Gambar 2.13	Perbandingan arsitektur ResNet.....	30
Gambar 2.14	Penggunaan filter konvolusi 3x3 untuk mengganti 5x5	30
Gambar 2.15	Penerapan konvolusi asimetris pada InceptionV3 di kanan.....	31
Gambar 2.16	InceptionV3 yang mengurangi ukuran <i>grid</i>	32
Gambar 2.17	Skema penerapan <i>residual connection</i> pada InceptionResNet.....	33
Gambar 2.18	Arsitektur InceptionResNetV2	33
Gambar 2.19	Prinsip <i>compound scaling</i> pada EfficientNet	34
Gambar 2.20	Arsitektur EfficientNet.....	35
Gambar 2.21	Arsitektur DenseNet	36
Gambar 2.22	Perbandingan arsitektur DenseNet dalam berbagai pengaturan ...	37
Gambar 3.1	Sebaran ekspresi wajah pada dataset FER2013	40
Gambar 3.2	Alur penelitian	41
Gambar 4.1	Grafik performa pelatihan model VGG16	48
Gambar 4.2	Grafik performa pelatihan model ResNet50	50
Gambar 4.3	Grafik performa pelatihan model InceptionV3	51
Gambar 4.4	Grafik performa pelatihan model DenseNet121	53
Gambar 4.5	Grafik performa pelatihan model EfficientNetV2B2	55
Gambar 4.6	<i>Confusion matrix</i> dari berbagai model CNN	57
Gambar 4.7	<i>Confusion matrix</i> pada model tunggal dan <i>ensemble learning</i> heterogen	64