

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	8
1.7 Sistematika Penulisan.....	11
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	13
2.1 Tinjauan Pustaka.....	13
2.2 Landasan Teori	16
2.2.1 <i>Deep Learning</i>	16
2.2.2 <i>Computer Vision</i>	16
2.2.3 <i>Image Classification</i>	17
2.2.4 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	18
2.2.5 <i>Arsitektur EfficientNet-B0</i>	22
2.2.6 <i>Transfer Learning</i>	24
2.2.7 <i>Fine-tuning Bertahap</i>	24
2.2.8 <i>Preprocessing Citra</i>	25
2.2.9 <i>Data Augmentation</i>	25
2.2.10 <i>Binary Cross Entropy</i>	26
2.2.11 <i>Class-aware Attention</i>	27
2.2.12 <i>Risk-aware Classification</i> untuk Kelas Kritis.....	27

2.2.13 <i>Cost-sensitive Learning</i>	27
2.2.14 <i>Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM)</i>	28
2.2.15 <i>Confusion Matrix</i>	29
2.2.16 Metrik Evaluasi.....	30
2.2.17 Uji McNemar	31
2.2.18 <i>Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM)</i>	32
2.2.19 Sampah.....	32
2.2.20 Sampah Spesifik	33
2.2.21 Sampah B3 Rumah Tangga.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 <i>Business Understanding</i>	38
3.1.1 Tujuan Bisnis	38
3.1.2 Menilai Situasi	38
3.1.3 Tujuan <i>Data Mining</i>	39
3.1.4 Rencana Penelitian.....	39
3.2 <i>Data Understanding</i>	39
3.2.1 Mengumpulkan Data Awal	39
3.2.2 Mendeskripsikan Data	40
3.2.3 Eksplorasi Data	40
3.2.4 Verifikasi Kualitas Data	40
3.3 <i>Data Preparation</i>	40
3.3.1 Memilih Data	40
3.3.2 Pembersihan Data	41
3.3.3 Membangun Data Baru.....	41
3.3.4 Mengintegrasikan Data	42
3.3.5 Pemformatan Data	43
3.4 <i>Modeling</i>	43
3.4.1 Memilih Teknik Pemodelan	43
3.4.2 Perancangan Desain Pengujian.....	44
3.4.3 Membangun Model.....	45
3.4.4 Menilai Model.....	54
3.5 <i>Evaluation</i>	55

3.5.1 Evaluasi Hasil	55
3.5.2 Proses Peninjauan	55
3.5.3 Menentukan Langkah Selanjutnya.....	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Hasil.....	57
4.1.1 Hasil <i>Business understanding</i>	57
4.1.2 Hasil <i>Data Understanding</i>	59
4.1.3 Hasil <i>Data Preparation</i>	64
4.1.4 Hasil <i>Modeling</i>	71
4.1.5 Hasil <i>Evaluation</i>	81
4.2 Pembahasan	98
4.2.1 Pembahasan Rumusan Masalah 1	98
4.2.2 Pembahasan Rumusan Masalah 2	99
BAB V PENUTUP	105
5.1 Kesimpulan	105
5.2 Saran	106
DAFTAR PUSTAKA.....	108
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	117



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran	8
Gambar 2.1 Arsitektur CNN [34]	18
Gambar 2.2 <i>Convolution Layer</i> pada CNN [35].....	19
Gambar 2.3 <i>Pooling Layer</i> pada CNN [35].....	20
Gambar 2.4 <i>Fully Connected Layer</i> pada CNN [35].....	21
Gambar 2.5 Struktur Jaringan Model EfficientNet-B0 [38]	23
Gambar 2.6 Alur Data Grad-CAM [53].....	29
Gambar 2.7 Struktur <i>Confusion matrix</i> [55].....	30
Gambar 2.8 Enam Fase Metodologi CRISP-DM [62]	32
Gambar 2.9 Contoh Kondisi Sampah di Lingkungan [63]	33
Gambar 2.10 Piktogram Karakteristik Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) [65]	35
Gambar 3.1 Diagram Alur Metodologi Penelitian.....	37
Gambar 3.2 Struktur Folder Dataset untuk Pembentukan Label Kelas.....	42
Gambar 3.3 Struktur Dataset Hasil Integrasi Data	42
Gambar 3. 4 Arsitektur Model EfficientNet-B0 (<i>Baseline</i>).....	46
Gambar 3.5 Arsitektur Model EfficientNet-B0 + <i>Fine-tuning (Gradual Unfreezing)</i>	47
Gambar 3.6 Arsitektur Model EfficientNet-B0 + <i>Weighted BCE</i>	49
Gambar 3. 7 Arsitektur Model EfficientNet-B0 + <i>Class-aware Attention</i>	50
Gambar 3.8 Arsitektur <i>Full Model</i>	52
Gambar 4.1 Contoh Data Citra Sampah dari Berbagai Sumber Dataset	61
Gambar 4.2 Jumlah Citra pada Masing-Masing Kategori	62
Gambar 4.3 Jumlah Citra Duplikat pada Setiap Kategori Dataset	65
Gambar 4.4 Hasil Pengecekan Setelah Proses Penghapusan Citra Duplikat	66
Gambar 4.5 Menambahkan Data	66
Gambar 4.6 Hasil Konversi Seluruh Citra ke Format JPG.....	67
Gambar 4.7 Hasil Setelah Penamaan Ulang File.....	67
Gambar 4.8 Struktur Folder Dataset B3 dan Non-B3	68
Gambar 4.9 Distribusi Data Kelas B3 dan Non-B3 Hasil Integrasi	68

Gambar 4.10 Perbandingan Citra Sebelum dan Sesudah <i>Resizing</i>	70
Gambar 4.11 Histogram Nilai Piksel Sebelum dan Setelah Normalisasi	70
Gambar 4.12 Implementasi <i>Callbacks</i>	74
Gambar 4.13 Grafik <i>Training Model Baseline</i>	75
Gambar 4.14 Grafik <i>Training Model Baseline + Fine-tuning Bertahap</i>	76
Gambar 4.15 Grafik <i>Training Model Baseline + Weighted BCE</i>	77
Gambar 4.16 Grafik <i>Training Model Baseline + Class-Aware Attention</i>	78
Gambar 4.17 Grafik <i>Training Full Model</i>	79
Gambar 4.18 <i>Heatmap Confusion Matrix</i> Skenario 1	81
Gambar 4.19 <i>Heatmap Confusion Matrix</i> Skenario 2	84
Gambar 4.20 <i>Heatmap Confusion Matrix</i> Skenario 3	86
Gambar 4.21 <i>Heatmap Confusion Matrix</i> Skenario 4	88
Gambar 4.22 <i>Heatmap Confusion Matrix</i> Skenario 5	90
Gambar 4.23 <i>Heatmap Confusion Matrix Eksternal Testing</i>	95
Gambar 4.24 Visualisasi Grad-CAM pada Model <i>Class-aware Attention</i>	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>The State Of The Art</i>	13
Tabel 2.2 Kelompok dan Contoh Sampah B3 Rumah Tangga Berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor 9 Tahun 2024	34
Tabel 3.1 Rencana Kategori Data yang Akan Dipilih	41
Tabel 3.2 Desain Skenario Pengujian	44
Tabel 3.3 Konfigurasi Pelatihan Model	53
Tabel 4.1 Dataset Awal Citra Sampah yang Dikumpulkan.....	59
Tabel 4.2 Pengelompokan Kategori Sampah pada Dataset Awal	63
Tabel 4.3 Kategori dan Jumlah Data Hasil Seleksi	64
Tabel 4.4 Hasil Pembagian Dataset	69
Tabel 4.5 Perbandingan Jumlah Parameter pada Setiap Model.....	79
Tabel 4.6 Perbandingan Performa Validasi Antar Model	80
Tabel 4.7 Hasil <i>Classification Report</i> Skenario 1.....	82
Tabel 4.8 Hasil <i>Classification Report</i> Skenario 2.....	84
Tabel 4.9 Hasil <i>Classification Report</i> Skenario 3.....	86
Tabel 4.10 Hasil <i>Classification Report</i> Skenario 4.....	88
Tabel 4.11 Hasil <i>Classification Report</i> Skenario 5.....	91
Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Pengujian.....	93
Tabel 4.13 Hasil McNemar Test	94
Tabel 4.14 Tabel Perbandingan Internal vs Eksternal Testing <i>Model Class-aware Attention</i>	95