

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sistem Deteksi Kematangan Buah dengan <i>Computer Vision</i>	6
2.2 Deteksi Objek Berbasis YOLO	7
2.3 Deteksi Buah Berbasis Algoritma <i>Machine Learning</i>	8
BAB III LANDASAN TEORI.....	14
3.1 <i>Computer Vision</i>	14
3.2 OpenCV.....	14
3.3 <i>Convolutional Neural Network</i>	14
3.3.1 Lapisan Konvolusi (<i>Convolution Layer</i>).....	16
3.3.2 Lapisan Pooling (<i>Pooling Layer</i>).....	17
3.3.3 <i>Fully Connected Layer</i>	18
3.4 YOLO	18
3.4 Deteksi Buah	20
3.5 <i>Evaluation Metrics</i>	21
3.5.1 Akurasi	22
3.5.2 <i>Confusion Matrix</i>	22
3.5.3 <i>Recall</i>	22
3.5.4 <i>Precision</i>	23
3.5.5 <i>F1-Score</i>	23

BAB IV METODE PENELITIAN	24
4.1 Analisis Sistem	24
4.2 Rancangan Sistem	24
4.2.1 Tahapan	25
4.2.2 <i>Image Sequence</i>	27
4.2.3 <i>Pre-processing</i>	27
4.2.4 <i>Object Detection</i>	27
4.2.5 <i>Classifier</i>	30
4.3 Prosedur dan Pengumpulan Data	31
4.3.1 Alat dan Bahan	32
4.3.2 Alat Penguji	32
4.3.3 Prosedural Pengambilan Data	32
4.3.4 Sistem <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	32
4.3.5 Dataset	33
4.3.6 <i>Hyperparameter</i>	34
4.3.7 Pengujian Sistem	35
BAB V IMPLEMENTASI	37
5.1 Implementasi Alat	37
5.2 Implementasi Sistem	37
5.2.1 Implementasi Program Akuisisi Dataset	37
5.2.2 Implementasi Program <i>Object Detection</i>	39
5.2.3 Implementasi Program <i>Classifier</i>	40
5.3 Implementasi Pelatihan	40
5.3.1 Penentuan <i>Optimizer</i>	41
5.3.2 Penentuan <i>Batch Size</i>	41
5.3.3 Penentuan <i>Epoch</i>	42
5.3.4 Penentuan <i>Learning Rate</i>	43
5.3.5 Penentuan <i>Momentum Value</i>	43
5.3.6 Penentuan <i>Patience Value</i>	44
BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
6.1 Pengujian Performa Deteksi Objek	45
6.2 Pengujian Klasifikasi Tingkat Kematangan Objek	45
6.3 <i>Evaluation Metrics</i>	48
6.4 Pembahasan	49

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	51
7.1 Kesimpulan.....	51
7.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	56
1. Program Deteksi Objek Video	56
2. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	57
3. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 150, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	59
4. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 200, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	61
5. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 250, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	62
6. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 300, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	64
7. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : Adam, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	65
8. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : SGD, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	67
9. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	69
10. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 20</i>	70
11. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 30</i>	72
12. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	73
13. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	76
14. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 18, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	77
15. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 20, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	79
16. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,001, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	81
17. Hasil Uji Model dengan Parameter <i>Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,001 & 0,001, Momentum : 0,93, Patience : 50</i>	82

18. Hasil Uji Model dengan Parameter *Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,5, Patience : 50* 84
19. Hasil Uji Model dengan Parameter *Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,93, Patience : 50* 85
20. Hasil Uji Model dengan Parameter *Batch Size : 12, Epoch: 100, Optimizer : AdamW, lr0 & lrf : 0,01 & 0,01, Momentum : 0,95, Patience : 50* 87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Arsitektur CNN.....	15
Gambar 3.2 Proses Konvolusi (Yani et al., 2019).....	16
Gambar 3.3 Ilustrasi Max Pooling dan Average Pooling (Yani et al., 2019).17	
Gambar 3.4 Fully Connected Layer (Wei Ma et al., 2017).....	18
Gambar 3.5 Arsitektur YOLO (Redmon et al., 2017).....	19
Gambar 3.6 <i>Confussion Metrics</i>	22
Gambar 4.1 Arsitektur YOLOv8n.....	28
Gambar 4.2 Pengurangan Blok pada Arsitektur YOLOv8n.....	29
Gambar 4.3 Diagram Alur Training Sistem.....	33
Gambar 4.4 Diagram Alur Proses Pengujian.....	36
Gambar 5.1 <i>Image Sequence</i> Buah Belimbing.....	38
Gambar 5.2 Anotasi Data Menggunakan Program LabelImg.....	38
Gambar 5.3 Contoh Deteksi Gambar dengan Multiple Bounding Box.....	42
Gambar 6.1 Hasil Deteksi Buah Belimbing.....	45
Gambar 6.2 Hasil Klasifikasi Gambar Tingkat Kematangan Buah Belimbing.....	45
Gambar 6.3 Hasil Klasifikasi Video Tingkat Kematangan Buah Belimbing dengan Video	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Perbandingan Penelitian.....	10
Tabel 4.1 Komponen dan Peralatan Sistem	26
Tabel 4.2 Tabel <i>Hyperparameter</i>	34
Tabel 4.3 Rencana Pengujian.....	35
Tabel 5.1 Library Program Deteksi.....	39
Tabel 5.2 Informasi Jumlah Dataset.....	41
Tabel 5.3 Perbandingan Performa Berbagai Optimizer.	41
Tabel 5.4 Performa Model Berdasarkan Jumlah Epoch.....	43
Tabel 5.5 Pengaruh Learning Rate terhadap Konvergensi Model.	43
Tabel 5.6 Nilai Momentum terhadap Konvergensi Model.....	44
Tabel 5.7 Pengaruh Nilai Patience terhadap Akurasi Deteksi Objek...44	
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Belimbing.....	46
Tabel 6.2 Nilai Precision, Recall, dan F1-score.....	49