

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISASI</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiii</b>
<b>INTISARI</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xv</b>
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	3
1.3 Batasan Masalah . . . . .	3
1.4 Tujuan Penelitian . . . . .	3
1.5 Manfaat Penelitian . . . . .	4
1.6 Metodologi Penelitian . . . . .	4
1.7 Sistematika Penulisan . . . . .	4
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
<b>III LANDASAN TEORI</b>	<b>19</b>
3.1 <i>Deep Learning</i> . . . . .	19
3.2 Deteksi Objek . . . . .	19
3.3 <i>Real-time Computing</i> . . . . .	20
3.4 <i>Convolutional Neural Network</i> . . . . .	20
3.4.1 <i>Convolutional Layer</i> . . . . .	21
3.4.2 <i>Pooling Layer</i> . . . . .	21

3.4.3	<i>Flatten Layer</i>	22
3.4.4	<i>Fully Connected Layer</i>	22
3.4.5	<i>Dropout Layer</i>	22
3.5	<i>Transfer Learning</i>	23
3.6	<i>Object Detection</i>	23
3.7	<i>You Only Look Once (YOLO)</i>	24
3.8	YOLOv4	26
3.8.1	<i>Bag of Freebies</i>	28
3.8.2	<i>Bag of Specials</i>	28
3.9	YOLOv4-tiny	29
3.10	YOLOX	29
3.10.1	<i>Decoupled Head</i>	30
3.10.2	<i>Anchor-Free</i>	31
3.10.3	SimOTA	31
3.11	YOLOX-tiny	31
3.12	<i>Evaluation Metrics</i>	32
3.12.1	<i>Confusion Matrix</i>	32
3.12.2	<i>Accuracy</i>	33
3.12.3	<i>Precision</i>	33
3.12.4	<i>Recall</i>	33
3.12.5	<i>F1-Score</i>	33
3.12.6	<i>Intersection of Union (IoU)</i>	33
3.12.7	<i>Average Precision</i>	34
3.12.8	<i>mean Average Precision</i>	35
3.12.9	<i>Frames per Second (FPS)</i>	35
3.13	<i>Open Neural Network Exchange (ONNX)</i>	35
3.14	<i>Docker</i>	36
3.15	<i>Single Board Computer (SBC)</i>	36
<b>IV</b>	<b>ANALISIS DAN RANCANGAN SISTEM</b>	<b>37</b>
4.1	Analisis Sistem	37
4.2	Alat dan Bahan	38
4.3	Alur Penelitian	40
4.4	Pengumpulan Data	41
4.5	Perancangan Sistem	46

4.5.1	Akuisisi Data . . . . .	46
4.5.2	Anotasi & Preparasi Dataset . . . . .	47
4.5.3	Pre-Processing Dataset . . . . .	48
4.5.4	Pelatihan Model . . . . .	48
4.5.5	Sistem YOLOv4-tiny . . . . .	50
4.5.6	Sistem YOLOX-tiny . . . . .	50
4.5.7	Model Deployment . . . . .	51
4.6	Pengujian Sistem . . . . .	52
<b>V</b>	<b>IMPLEMENTASI</b>	<b>53</b>
5.1	Pembuatan Dataset . . . . .	53
5.1.1	Program Akuisisi Data . . . . .	53
5.1.2	Program Anotasi Data . . . . .	54
5.2	Implementasi YOLOX-tiny . . . . .	56
5.2.1	Program Pelatihan dan Ekspor Model . . . . .	56
5.2.2	Program Pengujian Model . . . . .	59
5.3	Implementasi YOLOv4-tiny . . . . .	66
5.3.1	Program Pelatihan dan Ekspor Model . . . . .	66
5.3.2	Program Pengujian Model . . . . .	69
5.4	Implementasi <i>Deployment</i> Model . . . . .	73
5.5	Implementasi Pengujian Model . . . . .	75
<b>VI</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	<b>79</b>
6.1	Analisis Dataset . . . . .	79
6.2	Hasil Pelatihan Model YOLOX-tiny . . . . .	80
6.2.1	Eksperimen <i>Hyperparameter Tuning</i> . . . . .	80
6.2.2	Analisis Hasil Pelatihan Model YOLOX-tiny . . . . .	85
6.3	Hasil Pengujian Model YOLOX-tiny . . . . .	85
6.3.1	Hasil Pengujian Data Testing . . . . .	85
6.3.2	Hasil Pengujian Data Video Lokasi Tertentu . . . . .	87
6.3.3	Hasil Pengujian pada Beberapa Kondisi Pencahayaan . . . . .	95
6.3.4	Analisis Hasil Pengujian Model YOLOX-tiny . . . . .	98
6.4	Pengujian Komputasi YOLOX-tiny pada <i>Single Board Computer (SBC)</i> . . . . .	99
6.4.1	<i>Raspberry Pi 4</i> . . . . .	99
6.4.2	<i>Nvidia Jetson Nano</i> . . . . .	100
6.4.3	<i>Nvidia Jetson Xavier AGX</i> . . . . .	101

6.4.4	Analisis Hasil <i>Deployment</i> YOLOX-tiny pada SBC . . . . .	102
6.5	Perbandingan YOLOX-tiny dengan YOLOv4-tiny . . . . .	104
6.5.1	Perbandingan pada Pengujian Data Testing . . . . .	104
6.5.2	Perbandingan pada Pengujian Data Lokasi Tertentu . . . . .	105
6.5.3	Perbandingan pada Pengujian Kondisi Pencahayaan . . . . .	108
6.5.4	Perbandingan Pengujian Komputasi pada <i>Single Board Com- puter</i> . . . . .	110
6.5.5	Analisis Perbandingan YOLOX-tiny dengan YOLOv4-tiny . .	111
6.6	Pembahasan . . . . .	112
<b>VIKESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>114</b>
7.1	Kesimpulan . . . . .	114
7.2	Saran . . . . .	115
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>116</b>