

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
MOTTO.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Keaslian Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	11
3.1 Video	11
3.2 <i>Closed Circuit Television (CCTV)</i>	12
3.3 Citra Digital	12
3.3.1 Citra berwarna atau Citra RGB (<i>Red, Green, Blue</i>)	13
3.3.2 <i>Grayscale</i>	13
3.3.3 Citra Biner	14
3.4 Ekstraksi Fitur	15
3.5 <i>Template Matching</i>	16
3.6 <i>Artificial Neural Network</i>	17
3.6.1 <i>Feedforward Networks</i>	19
3.6.2 <i>Backpropagation</i>	20
3.6.3 Fungsi Aktivasi <i>Rectified Linear Unit (ReLU)</i>	21
3.6.4 <i>Learning Rate</i>	21
3.6.5 <i>Crossentropy Loss Function</i>	22

3.7	<i>Deep Learning</i>	22
3.8	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	23
3.8.1	Operasi Konvolusi	24
3.8.2	<i>Stride</i>	25
3.8.3	<i>Padding</i>	25
3.8.4	<i>Pooling</i>	25
3.8.5	Arsitektur Jaringan CNN	25
3.9	<i>MobileNet</i>	28
3.10	<i>Single Shot Multibox Detector (SSD)</i>	31
3.11	<i>Transfer Learning</i>	32
3.12	Deteksi Objek (<i>Object Detection</i>)	33
3.13	Pelacakan Objek (<i>Object Tracking</i>)	34
3.14	<i>Non-Maximum Suppression (NMS)</i>	34
3.15	<i>Confusion Matrix</i>	36
3.16	<i>Tensorflow</i>	38
3.17	OpenCV	38
BAB IV ANALISIS DAN RANCANGAN SISTEM		39
4.1	Analisis Sistem	39
4.2	Rancangan Sistem	40
4.2.1	Tahapan Penelitian	40
4.2.2	Pengumpulan Data	40
4.2.3	Jumlah Perekaman untuk Pengujian	41
4.2.4	Pra-Pemrosesan	42
4.2.5	Rancangan Sistem Pelatihan (<i>Training</i>)	44
4.2.6	Rancangan Sistem Deteksi Objek	48
4.2.7	Rancangan Sistem Pelacakan Objek	48
4.3	Rencana Pengujian Sistem	52
BAB V IMPLEMENTASI		55
5.1	Spesifikasi Hardware dan Software	55
5.2	Akuisisi Data	56
5.3	Implementasi Pra-pemrosesan Data (Anotasi)	57

5.4	Implementasi Konversi XML Menjadi CSV	58
5.5	Implementasi <i>Split Data Train dan Test</i>	59
5.6	Implementasi Konversi <i>TFRecord</i>	60
5.7	Implementasi Pembuatan Label <i>Map</i>	60
5.8	Implementasi Konfigurasi <i>Training Pipeline</i>	61
5.9	Implementasi <i>Training Neural Network</i>	63
5.10	Implementasi <i>Export Frozen Graph</i>	66
5.11	Implementasi Konversi <i>Frozen Graph</i> ke <i>Tensorflow Lite Graph</i>	66
5.12	Implementasi Inferensi Model	67
5.13	Implementasi Pelacakan Objek	68
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN		72
6.1	Hasil Pra-pemrosesan Data	72
6.2	Hasil <i>Training</i>	72
6.3	Pengujian Pengaruh Resolusi Video	75
6.4	Pengujian Jarak dan Ketinggian Kamera terhadap Objek	77
6.5	<i>Hyperparameter Tuning</i>	81
6.6	Pengujian Pengaruh Ketertutupan Objek	85
6.7	Pengujian Deteksi pada <i>Multiple</i> Objek dengan Kelas yang Sama	87
6.8	Pengujian Deteksi pada <i>Multiple</i> Objek dengan Kelas yang Berbeda	88
6.9	Pengujian Pelacakan Objek	91
6.10	Analisis dan Pembahasan	96
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN		100
7.1	Kesimpulan	100
7.2	Saran	100
DAFTAR PUSTAKA		102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Representasi koordinat citra digital.....	13
Gambar 3.2 Citra berwarna (Gonzalez dan Woods, 2008)	13
Gambar 3.3 Citra <i>grayscale</i> (Gonzalez dan Woods, 2008)	14
Gambar 3.4 Citra biner (Gonzalez dan Woods, 2008).....	15
Gambar 3.5 Neuron dengan model matematisnya	18
Gambar 3.6 <i>Artificial Neuron</i>	18
Gambar 3.7 Jaringan <i>Feedforward</i>	19
Gambar 3.8 <i>Backpropagation</i>	20
Gambar 3.9 Grafik fungsi aktivasi ReLU	21
Gambar 3.10 Struktur CNN	26
Gambar 3.11 <i>RGB Image</i>	27
Gambar 3.12 <i>Convolutional layer</i>	27
Gambar 3.13 <i>Pooling Layer</i>	28
Gambar 3.14 Arsitektur <i>MobileNet</i>	29
Gambar 3.15 Konvolusi <i>Depthwise</i> (2-5) dan <i>Pointwise</i> (6-7).....	30
Gambar 3.16 <i>Default bounding box</i> pada SSD (Liu dkk., 2016).....	31
Gambar 3.17 Diagram blok proses deteksi objek	34
Gambar 3.18 <i>Pseudo code</i> dari <i>Non-Max Suppression</i> (NMS)	35
Gambar 3.19 <i>Intersection over Union</i> (IoU).....	36
Gambar 3.20 Contoh proses <i>Non-Maximum Suppression</i>	36
Gambar 4.1 Rencana kegiatan penelitian.....	40
Gambar 4.2 Contoh anotasi gambar.....	42
Gambar 4.3 <i>Flowchart</i> tahap pra-pemrosesan	43
Gambar 4.4 <i>Flowchart Training MobileNet SSD</i> untuk deteksi objek.....	44
Gambar 4.5 Arsitektur <i>MobileNet</i> (Sandler dkk., 2018).....	45
Gambar 4.6 Arsitektur <i>MobileNet SSD</i> yang digunakan	46
Gambar 4.7 <i>Fine tuning</i> pada proses <i>training MobileNet SSD</i>	47
Gambar 4.8 <i>Flowchart</i> Rancangan Sistem Deteksi Objek.....	48
Gambar 4.9 <i>Flowchart</i> Rancangan Sistem Pelacakan Objek.....	49
Gambar 4.10 <i>Flowchart</i> pelacakan berbasis deteksi objek.....	51
Gambar 5.1 <i>Source code library</i> sistem deteksi objek pada video	55
Gambar 5.2 <i>Source code capture</i> video	56
Gambar 5.3 <i>Source code</i> untuk mengekstrak <i>frame</i> video menjadi file.	57
Gambar 5.4 Instalasi <i>tool Label Img</i> untuk anotasi gambar.....	58
Gambar 5.5 Proses anotasi menggunakan <i>tool Label Img</i>	58
Gambar 5.6 Konversi seluruh file <i>xml</i> menjadi sebuah file <i>csv</i>	59
Gambar 5.7 Representasi kelas objek ke dalam data <i>integer</i>	60

Gambar 5.8 Pembuatan Label <i>Map</i> untuk proses <i>training</i>	61
Gambar 5.9 Konfigurasi <i>feature extractor MobileNet SSD</i>	62
Gambar 5.10 Konfigurasi lokasi (<i>path</i>) data <i>train</i> , <i>test</i> , dan label <i>map</i>	62
Gambar 5.11 Konfigurasi Jumlah Kelas	63
Gambar 5.12 Kode program arsitektur <i>MobileNet</i>	63
Gambar 5.13 Kode program arsitektur SSD	64
Gambar 5.14 Perintah menjalankan proses <i>training</i>	64
Gambar 5.15 Kode program untuk melakukan <i>training</i>	65
Gambar 5.16 Perintah untuk mengeksport <i>frozen graph</i>	66
Gambar 5.17 Kode program konversi <i>frozen graph</i> ke <i>tensorflow lite graph</i>	67
Gambar 5.18 Potongan kode program untuk melakukan inferensi model.....	67
Gambar 5.19 Kode program implementasi <i>centroid tracking</i>	68
Gambar 5.20 Kode program fungsi register dan deregister identitas pelacakan...	69
Gambar 5.21 Kode program <i>Non-Max Suppression</i>	70
Gambar 5.22 Kode program penambahan area deteksi	70
Gambar 5.23 Kode program menampilkan <i>log</i> pelacakan pada area deteksi	71
Gambar 6.1 Hasil anotasi pada dataset sesuai dengan kelas objek pada citra	72
Gambar 6.2 nilai mAP dari model yang dilatih	73
Gambar 6.3 Statistik nilai dari <i>loss function</i>	74
Gambar 6.4 Perbandingan <i>frame rate</i> inferensi model pada resolusi yang berbeda	75
Gambar 6.5 Hasil pengujian deteksi objek manusia pada resolusi yang berbeda.	76
Gambar 6.6 Percobaan pengujian jarak terhadap tinggi kamera 1.5 meter	78
Gambar 6.7 Hasil pengujian jarak terhadap ketinggian kamera 1,5 meter pada kelas objek manusia.....	79
Gambar 6.8 Hasil pengujian jarak terhadap ketinggian kamera 1,5 meter pada kelas objek kucing	79
Gambar 6.9 Percobaan pengujian jarak terhadap tinggi kamera 3 meter	80
Gambar 6.10 Hasil pengujian jarak terhadap ketinggian kamera 3 meter pada kelas objek manusia.....	80
Gambar 6.11 Hasil pengujian jarak terhadap ketinggian kamera 3 meter pada kelas objek kucing	81
Gambar 6.12 Hasil pengujian jarak terhadap ketinggian kamera 1,5 meter pada kelas objek manusia	82
Gambar 6.13 Hasil pengujian jarak terhadap ketinggian kamera 1,5 meter pada kelas objek kucing.....	83
Gambar 6.14 Hasil pengujian jarak terhadap ketinggian kamera 3 meter pada kelas objek manusia.....	83
Gambar 6.15 Hasil pengujian jarak terhadap ketinggian kamera 3 meter pada kelas objek kucing	83

Gambar 6.16 Hasil percobaan ketertutupan kelas objek manusia (a) 25% (b) 50%	85
Gambar 6.17 Hasil pengujian terhadap pengaruh ketertutupan objek pada kelas objek manusia.....	85
Gambar 6.18 Hasil percobaan ketertutupan kelas objek kucing (a) 25% (b) 50%	86
Gambar 6.19 Hasil pengujian terhadap pengaruh ketertutupan objek pada kelas objek kucing	86
Gambar 6.20 Hasil percobaan inferensi deteksi <i>multiple</i> objek (a) mobil (b) sapi (c) kucing (d) anjing	87
Gambar 6.21 Hasil pengujian terhadap deteksi <i>multiple</i> objek pada masing-masing kelas yang diuji	88
Gambar 6.22 Hasil percobaan inferensi deteksi <i>multiple</i> objek pada kelas berbeda (a) manusia dan motor (b) manusia dan kucing (c) manusia dan anjing	89
Gambar 6.23 Hasil pengujian deteksi pada objek manusia dan motor secara bersamaan.....	89
Gambar 6.24 Hasil pengujian deteksi pada objek manusia dan kucing secara bersamaan.....	90
Gambar 6.25 hasil pengujian deteksi pada objek manusia dan anjing secara bersamaan.....	90
Gambar 6.26 Pelacakan tanpa menggunakan NMS.....	91
Gambar 6.27 Pelacakan dengan menggunakan NMS	92
Gambar 6.28 Pelacakan pada (a) <i>frame</i> ke-1, (b) <i>frame</i> ke-404, (c) <i>frame</i> ke-623	93
Gambar 6.29 Pengujian pelacakan menggunakan area deteksi berbentuk poligon pada kelas objek manusia.....	94
Gambar 6.30 Hasil <i>log tracking</i> kelas objek manusia.....	94
Gambar 6.31 Pengujian pelacakan menggunakan area deteksi berbentuk poligon pada kelas objek manusia dan kucing	95
Gambar 6.32 Hasil <i>log tracking</i> kelas objek manusia dan kucing	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian yang bersesuaian	8
Tabel 3.1 Ukuran Parameter dan Komputasi <i>Standard Convolution</i> dan <i>Depthwise Separable Convolution</i>	30
Tabel 3.2 <i>Confusion Matrix</i>	37
Tabel 4.1 Jumlah dataset dan anotasi yang digunakan untuk percobaan	41
Tabel 4.2 Jumlah dataset yang bersumber dari perekaman mandiri	41
Tabel 4.3 Penentuan batas <i>fine tuning</i>	47
Tabel 6.1 Ukuran kedalaman <i>feature map</i> yang digunakan pada detektor SSD	82
Tabel 6.2 Pengujian parameter susunan <i>feature map</i> pertama	84
Tabel 6.3 Pengujian parameter susunan <i>feature map</i> kedua	84
Tabel 6.4 Tabel perbandingan algoritme <i>tracking</i>	96