

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN PROYEK AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan dan Manfaat Proyek Akhir	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Sistematika Penulisan	7
1.6. Lingkup Tinjauan Pustaka	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.2.1. Arsitektur Model <i>Machine Learning</i> untuk Melakukan Deteksi Objek	8
2.2. Dasar Teori.....	14
2.2.1. Intelligent Surveillance System.....	14
2.2.2. Deep Learning	15
2.2.3. Pendeteksian Objek.....	16
2.2.4. Dataset COCO	17
2.2.5. Backbone	19
2.2.6. Convolutional Neural Network	20
2.2.7. Arsitektur Pendeteksian Objek YOLO.....	26
2.2.8. Arsitektur Pendeteksian Objek DETR.....	28
2.2.9. Topologi Deep Learning Network.....	33

2.2.10. Model Evaluation	36
2.2.11. Arsitektur Frontend-Backend Aplikasi Web.....	40
2.2.12. Basis Data	41
2.2.13. User Acceptance Test (UAT)	41
BAB III METODE PROYEK AKHIR	43
3.1. Bahan	43
3.1.1. Repositori Sumber Kode Proyek RT-DETR dan YOLOv9	43
3.1.2. Dataset COCO 2017.....	43
3.2. Peralatan.....	44
3.2.1. Perangkat Keras	44
3.2.2. Perangkat Lunak.....	44
3.2.3. Platform Komputasi Awan.....	48
3.3. Tahapan Proyek Akhir	50
3.4. Rancangan Alat.....	52
3.4.1. Prediction Model Berbasis Neural Network	52
3.4.2. Feed-forwarding Convolution.....	53
3.4.3. Feed-forwarding Fully-connected dan neural network.....	54
3.4.4. Backpropagation.....	61
3.4.5. Model Evaluation.....	76
3.4.5. Model Evaluation.....	76
3.4.6. Modifikasi Arsitektur RT-DETR	76
3.4.7. Sistem Aplikasi Web	80
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	87
4.1. Analisis Sumber Kode Proyek Arsitektur RT-DETR dan YOLOv9	87
4.1.1. Analisis Sumber Kode Proyek Arsitektur RT-DETR.....	87
4.1.2. Analisis Sumber Kode Proyek Arsitektur YOLOv9	91
4.2. Penggabungan Arsitektur RT-DETR dan YOLOv9	98
4.3. Pelatihan Model	100
4.3.1. Pemotongan Dataset COCO 2017	100
4.3.2. Analisis Perbandingan Jumlah Parameter, Runtime dan Konsumsi GPU pada Jenis-Jenis Backbone dan Arsitektur Model.....	103

4.4. Mekanisme <i>backup</i> dan <i>restore</i> otomatis.....	106
4.5. Proses dan Hasil Pelatihan Model.....	110
4.6. Perbandingan Hasil Akhir Pelatihan Model.....	113
4.7. Aplikasi Berbasis Web.....	114
4.7.1. Frontend	114
4.7.2. Backend	115
4.7.3. Hasil akhir tampilan aplikasi berbasis web	120
4.8. <i>User Acceptance Test</i> (UAT).....	121
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	125
5.1 Kesimpulan	125
5.2 Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perbandingan akurasi dari arsitektur RT-DETR dan YOLOv8 untuk tugas objek deteksi pada dataset COCO 2017.	3
Gambar 1.2 Objek manusia di belakang sebuah pagar	6
Gambar 2.1 Ilustrasi <i>deep learning</i> (sumber: [27]).....	16
Gambar 2.2 Contoh gambar, anotasi, visualisasi dataset COCO 2017.....	19
Gambar 2.3 Visualisasi konsep lapisan-lapisan pada CNN, [30]	20
Gambar 2.4 Ilustrasi operasi <i>convolution</i> dengan penerapan <i>kernel</i> yang berbeda-beda untuk menciptakan suatu gambar yang baru	22
Gambar 2.5 Ilustrasi operasi <i>average-pooling</i> dengan ukuran <i>kernel</i> 2x2 dan <i>stride</i> berjumlah 2.....	24
Gambar 2.6 Ilustrasi <i>shallow linear</i>	25
Gambar 2.7 Visualisasi arsitektur YOLOv1 [3]	26
Gambar 2.8 Visualisasi arsitektur <i>Transformer</i> [4].	29
Gambar 2.9 Visualisasi alur proses mekanisme <i>self-attention</i> dan <i>multi-head self-attention</i> [4].....	30
Gambar 2.10 Flowchart alur proses mekanisme <i>self-attention</i>	30
Gambar 2.11 Visualisasi contoh operasi <i>masking</i> pada MSA.	31
Gambar 2.12 Visualisasi alur data masukan dan data keluaran pada model <i>transformer</i>	32
Gambar 2.13 Visualisasi arsitektur <i>Detection Transformer</i> [18].....	33
Gambar 2.14 Visualisasi FPN [34]	34
Gambar 2.15 Potongan visualisasi arsitektur GoogLeNet dengan auxiliary branch	35
Gambar 2.16 Visualisasi <i>gradient exploding</i> dan <i>gradient vanishing</i>	35
Gambar 2.17 Visualisasi <i>auxiliary branch</i>	36
Gambar 2.18 Visualisasi IoU (sumber: https://pyimagesearch.com/2022/05/02/mean-average-precision-map-using-the-coco-evaluator/).....	38
Gambar 2.19 Visualisasi alur dari arsitektur <i>frontend-backend</i> aplikasi web menggunakan RESTful API.....	41
Gambar 3.1 Rincian Varian Paket Langgan Google Colab	49
Gambar 3.2 Diagram alir tahapan proyek akhir	50
Gambar 3.3 Diagram alir tahapan dalam pembuatan ISS dan implementasi model	52
Gambar 3.4 Visualisasi operasi <i>convolution</i> 2 dimensi dengan <i>stride</i> sebesar 1..	54
Gambar 3.5 Visualisasi lapisan <i>linear</i>	55
Gambar 3.6 Visualisasi <i>fully-connected</i> dengan konfigurasi 2 <i>hidden layers</i> dan masing-masing 3 <i>hidden dimensions</i>	56
Gambar 3.7 Visualisasi perhitungan matriks <i>attention-pattern</i> (sumber: https://www.youtube.com/watch?v=4Bdc55j80l8&t=350s)	57
Gambar 3.8 Visualisasi perhitungan sederhana matriks <i>attention-pattern</i> dengan 1 <i>self-attention</i> dan <i>head</i> pada arsitektur DETR.....	58
Gambar 3.9 Visualisasi SGD untuk mencari nilai terendah pada sebuah fungsi..	62

Gambar 3.10 Visualisasi alur perhitungan <i>feed-forwarding</i> dan <i>backpropagation</i>	63
Gambar 3.11 Visualisasi perhitungan <i>dot product</i>	66
Gambar 3.12 Visualisasi perhitungan turunan <i>dot product</i>	67
Gambar 3.13 Visualisasi BBOX dari dataset dan hasil prediksi model sederhana	77
Gambar 3.14 Visualisasi perhitungan AUC berdasarkan nilai <i>precision</i> dan <i>recall</i>	79
Gambar 3.15 Visualisasi modifikasi arsitektur RT-DETR yang dilakukan	80
Gambar 3.16 Rancangan antarmuka halaman utama ISS	81
Gambar 3.17 <i>Use case diagram</i> dari aplikasi ISS yang dikembangkan	81
Gambar 3.18 Gambar 3.16 <i>Activity diagram</i> dari aplikasi ISS yang dikembangkan	82
Gambar 3.19 Visualisasi objek <i>person</i> yang memicu alarm ISS karena melintasi <i>detection line</i> pada ISS	83
Gambar 3.20 Arsitektur implementasi ISS berbasis aplikasi web	84
Gambar 3.21 Visualisasi alur pemrosesan frame secara asinkronus dan sinkronus	85
Gambar 3.22 Diagram flowchart dari mekanisme perekaman aktivitas dugaan penyusupan	85
Gambar 4.1 Struktur direktori luaran proyek RT-DETR	87
Gambar 4.2 Struktur konten direktori <i>configs</i>	88
Gambar 4.3 Konten berkas <i>rtdetr_r50vd_6x_coco.yml</i>	89
Gambar 4.4 Konten berkas <i>rtdetr_r50vd_6x.yml</i>	89
Gambar 4.5 Sumber kode <i>backbone</i> PResNet	90
Gambar 4.6 Struktur direktori luaran proyek YOLOv9	91
Gambar 4.7 Berkas-berkas yang berkaitan dengan <i>backbone</i> YOLOv9	92
Gambar 4.8 Ekstraksi objek model YOLOv9 dari berkas <i>train.py</i>	93
Gambar 4.9 Sumber kode <i>DetectionModel</i> dan <i>parse_model()</i>	94
Gambar 4.10 Struktur dan parameter modul-modul PyTorch pada arsitektur YOLOv9	94
Gambar 4.11 Visualisasi struktur dan parameter modul-modul PyTorch pada arsitektur YOLOv9 varian S	96
Gambar 4.12 Visualisasi struktur dan parameter modul-modul PyTorch pada lapisan <i>backbone</i> dari arsitektur YOLOv9 varian S	97
Gambar 4.13 Proses ekstraksi <i>weight</i> dari lapisan <i>backbone</i> YOLOv9 varian E	98
Gambar 4.14 Perubahan konfigurasi RT-DETR	98
Gambar 4.15 <i>Class</i> dari <i>backbone</i> YOLOv9 untuk RT-DETR	99
Gambar 4.16 Visualisasi ERD dari bagian dataset COCO 2017	100
Gambar 4.17 Konfigurasi persiapan pemotongan dataset	101
Gambar 4.18 Proses utama pemotongan dataset (a)	101
Gambar 4.19 Proses utama pemotongan dataset bagian (b)	102
Gambar 4.20 Ekstraksi hasil pemotongan dataset dan hasil keluarannya	102
Gambar 4.21 Proses pengumpulan <i>backbone</i> dan perhitungan jumlah parameter	104
Gambar 4.22 Proses perhitungan waktu <i>runtime</i> dan memory GPU setiap <i>backbone</i>	104

Gambar 4.23 Proses penyajian data hasil akhir analisis	105
Gambar 4.24 Cuplikan sumber kode dari modul <i>backup</i> dan <i>restore</i> otomatis...	108
Gambar 4.25 Cuplikan sumber kode integrasi modul <i>backup</i> dan <i>restore</i> otomatis	108
Gambar 4.26 Contoh hasil modul <i>backup</i> otomatis pada Google Drive.....	109
Gambar 4.27 Konfigurasi penggunaan jenis GPU pada Google Colab	110
Gambar 4.28 Cuplikan sumber kode mekanisme pengosongan <i>bin</i> Google Drive	111
Gambar 4.29 Pengunduhan sumber kode proyek RT-DETR	112
Gambar 4.30 Pengunduhan dataset gambar dan berkas anotasi COCO versi 2017	112
Gambar 4.31 Kode untuk memulai proses pelatihan model RT-DETR	113
Gambar 4.32 Kode untuk melanjutkan proses pelatihan model RT-DETR.....	113
Gambar 4.33 Nilai mAP dari RT-DETR varian L dengan <i>backbone</i> YOLOv9 varian E	113
Gambar 4.34 Implementasi tag <i>img</i> untuk melakukan <i>streaming</i> video.....	115
Gambar 4.35 Struktur <i>class</i> RTDETROnnxDeploy.....	115
Gambar 4.36 Cuplikan sumber kode untuk proses <i>preprocessing</i> data.....	115
Gambar 4.37 Cuplikan sumber kode untuk proses <i>post-processing</i> data	115
Gambar 4.38 Cuplikan sumber kode dari <i>class SimulatedVideoSourceFile</i>	117
Gambar 4.39 Cuplikan sumber kode dari mekanisme <i>streaming</i> video pada sisi <i>backend</i> (a).....	118
Gambar 4.40 Cuplikan sumber kode dari mekanisme <i>streaming</i> video pada sisi <i>backend</i> (b).....	118
Gambar 4.41 Cuplikan sumber kode dari mekanisme perekaman aktivitas dugaan penyusupan.....	119
Gambar 4.42 Hasil akhir tampilan utama aplikasi ISS berbasis web (a).....	120
Gambar 4.43 Hasil akhir tampilan utama aplikasi ISS berbasis web (b).....	121
Gambar 4.44 Hasil akhir tampilan utama aplikasi ISS berbasis web (c).....	121
Gambar 4.45 Contoh video yang diunggah oleh pengguna UAT pada halaman belakang pabrik tekstil	123

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rincian jumlah data yang digunakan dari data COCO versi 2017	6
Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Arsitektur Model Pendeteksian.....	13
Tabel 2.2 Definisi TP, FP, TN dan FN pada konteks pendeteksian objek.....	39
Tabel 3.1 Rincian perangkat lunak yang digunakan	44
Tabel 3.2 Pustaka pendukung python	46
Tabel 3.3 Rincian pendukung tambahan untuk pemrograman JavaScript.....	47
Tabel 3.4 Rincian data-data untuk simulasi perhitungan mAP.....	77
Tabel 3.5 Arsitektur implementasi ISS berbasis aplikasi web.....	82
Tabel 4.1 Data hasil akhir analisis perbandingan antara jenis backbone.....	105
Tabel 4.2 Data hasil akhir analisis perbandingan antara varian RT-DETR dan jenis backbone	106
Tabel 4.3 Perbandingan hasil akhir mAP dan mAR dari hasil pelatihan model.	114
Tabel 4.4 Rincian informasi pengguna UAT aplikasi ISS berbasis web	122
Tabel 4.5 Skenario UAT	122
Tabel 4.6 Daftar pertanyaan dan jawaban dari post-scenario UAT	123
Tabel 4.7 Rincian informasi pengguna UAT aplikasi ISS berbasis web	124