

**SISTEM IDENTIFIKASI DAN PENANGANAN OBJEK
BERBASIS *COMPUTER VISION*: STUDI KASUS ROBOT
KRSRI (KONTES ROBOT SEARCH AND RESCUE
INDONESIA)**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Tamim Mudrik Naufalfalah

221341044



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

Sistem Identifikasi Dan Penanganan Objek Berbasis *Computer Vision*: Studi Kasus Robot KRSRI (Kontes Robot Search And Rescue Indonesia)

Oleh:

Tamim Mudrik Naufalfalah

221341044

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV) Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 17 Juli 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



Sarosa Castrena A, S.Pd., M.T.
NIP. 198702252020121001

Pembimbing II,



Aan Eko Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 199306082024061002

Disahkan,

Penguji I,



Nuryanti, S.T., M.Sc.
NIP. 197604262009122002

Penguji II,



Nur Wisma Nugraha, S.T., M.T.
NIP. 197406092003121002

Penguji III,



Capi Ramdani, S.Kom., M.Eng.
NIP. 198904182024061004

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tamim Mudrik Naufalfalah
NIM : 221341044
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur Dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Sistem Identifikasi Dan Penanganan Objek Berbasis *Computer Vision*: Studi Kasus Robot KRSRI (Kontes Robot Search and Rescue Indonesia)

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 17 – Juli – 2025
Yang Menyatakan,

(Tamim Mudrik Naufalfalah)
NIM 221341044

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tamim Mudrik Naufalfalah
NIM : 221341044
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur Dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Sistem Identifikasi Dan Penanganan Objek Berbasis *Computer Vision* : Studi Kasus Robot KRSRI (Kontes Robot Search and Rescue Indonesia)

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 17 – Juli – 2025
Yang Menyatakan,

(Tamim Mudrik Naufalfalah)
NIM 221341044

MOTO PRIBADI

Melangkah dengan penuh kesungguhan hati. Berjuang dengan istiqomah dan tawakal, menyerahkan segala hasil kepada Allah SWT.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak dan adik saya, teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “ Sistem Identifikasi Dan Penanganan Objek Berbasis *Computer Vision*: Studi Kasus Robot KRSRI (Kontes Robot Search and Rescue Indonesia)”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Sarosa Castrena A, S.Pd., M.T., dan Bapak Aan Eko Setiawan, S.T., M.T.

5. Para Penguji siding tugas akhir Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc., Bapak Nur Wisma Nugraha, S.T., M.T., dan Bapak Cepi Ramdani, S.Kom., M.Eng.
6. Panitia tugas akhir Bapak Rizqi Aji Pratama, S.Pd., M.Pd., Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., Ibu Hilda Khoirunnisa. S.Tr.T., M.Sc.Eng., Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc., dan lainnya yang saya hormati
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Lia Yuliani dan Bapak Syariful Hikmah Sormin yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk adik saya yang telah yang selalu mendukung saya dalam keadaan apapun, khususnya dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
9. Buat sahabat – sahabat saya yang selalu memberi support dan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, Juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Robot Search And Rescue (SAR) merupakan suatu robot yang dirancang bertugas mencari dan menyelamatkan korban dari lokasi bencana ke tempat aman (*safezone*). Pada Kontes Robot Search And Rescue Indonesia (KRSRI) tahun 2024 untuk mendapatkan poin pada saat melakukan misi penyelamatan, robot harus mengidentifikasi korban di antara dummy dengan orientasi korban menyerong 45° dan meletakkannya tepat di dalam *safezone*. Penelitian ini menggunakan input dari kamera arducam dengan memanfaatkan teknologi *Computer Vision* dengan algoritma YOLOv4-Tiny yang memiliki kemampuan deteksi dan pengenalan yang cepat, ringan, dan adaptif dalam berbagai kondisi penyelamatan korban dengan output berupa pergerakan robot dan lengan manipulator. Hasil tugas akhir berhasil menerapkan model YOLOv4-Tiny pada robot SAR dengan kemampuan deteksi pada intensitas cahaya 6 – 1500 lux, jarak maksimum 60 cm, nilai *mAP* 99%, dan persentase *IoU* 91,58% secara *real-time* dengan rata – rata 14.52 *FPS*. Persentase keberhasilan 87,50% dengan rata – rata waktu 18,99 detik pada pengambilan korban tanpa adanya dummy dan 70,83%, dengan rata – rata waktu 46,78 detik pada pengambilan korban di antara dummy. Sedangkan untuk proses peletakan korban pada *safezone* abu dengan tingkat keberhasilan 86,67% dan rata – rata waktu 15,29 detik, *safezone* kuning dengan tingkat keberhasilan 93,33% dan rata – rata waktu 15,23 detik, dan *safezone marker* dengan tingkat keberhasilan mencapai 100% dan rata – rata waktu 14,29 detik. Dengan akurasi dan kecepatan yang tinggi tersebut, algoritma ini efektif untuk mendapat poin pada kompetisi Robot Search And Rescue Indonesia.

Kata kunci: Robot SAR, *Computer Vision*, YOLOv4-Tiny, Deteksi Objek, Lengan Manipulator

ABSTRACT

Search And Rescue (SAR) robots are designed to locate and rescue victims from disaster sites to safe zones. In the 2024 Indonesian Search And Rescue Robot Contest (KRSRI), to earn points during rescue missions, the robot must identify victims among dummies with the victim oriented at a 45° angle and accurately place them in the safe zone. This research utilizes input from an Arducam camera and leverages the YOLOv4-Tiny Computer Vision algorithm, which offers reliable and adaptive detection and recognition capabilities under varying victim rescue conditions. The system outputs control commands for the robot's movement and manipulator arm. The final project successfully implemented the YOLOv4-Tiny model on a SAR robot, achieving real-time object detection across a light intensity range of 6 to 1500 lux and a maximum distance of 60 cm. The system demonstrated a mAP of 99% and an IoU rate of 91.58%, with an average processing speed of 14.52 FPS. The success rate was 87.50% with an average time of 18.99 seconds for rescuing victims without dummies, and 70.83% with an average time of 46.78 seconds for rescuing victims among dummies. For victim placement, success rates and average times were as follows: 86.67% and 15.29 seconds for the gray safe zone, 93.33% and 15.23 seconds for the yellow safe zone, and 100% with 14.29 seconds for the marker safe zone. Given the high accuracy and speed, this algorithm is effective for scoring points in the Indonesian Search And Rescue Robot competition.

Keywords: SAR Robot, Computer Vision, YOLOv4-Tiny, Object Detection, Manipulator Arm

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
I BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-4
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 KRSRI (Kontes Robot Search and Rescue Indonesia)	II-1
II.1.2 Computer Vision	II-2
II.1.3 GStreamer	II-3
II.1.4 Algoritma YOLOv4-Tiny	II-4
II.1.5 Kinematics.....	II-6
II.1.6 Aturan cosinus.....	II-7
II.2 Tinjauan Alat.....	II-8
II.2.1 NVIDIA Jetson Nano Developer Kit	II-8
II.2.2 Arducam 16 Mp Autofocus Camera	II-11
II.2.3 Servo Dynamixel AX-18A.....	II-11
II.2.4 Dynamixel U2D2	II-12
II.2.5 Motor servo	II-13
II.2.6 Driver PWM PCA9685	II-14
II.3 Studi Penelitian Terdahulu	II-15

III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1	Metodologi Penelitian.....	III-1
III.2	Gambaran Umum Sistem.....	III-2
III.3	Analisis	III-3
III.4	Perancangan	III-3
III.4.1	Perancangan Mekanik	III-3
III.4.2	Perancangan Elektrik	III-11
III.4.3	Perancangan Informatik	III-13
III.5	Integrasi Sistem.....	III-27
III.6	Pengujian Sistem.....	III-30
III.6.1	Pengujian Gerak Kaki	III-30
III.6.2	Pengujian Algoritma YOLOv4-Tiny	III-31
III.6.3	Pengujian Integrasi Sistem.....	III-31
IV	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-33
IV.1	Hasil perancangan robot	IV-33
IV.2	Pengujian Gerakan Kaki	IV-34
IV.2.1	Gerakan Translasi.....	IV-34
IV.2.2	Gerakan Rotasi	IV-37
IV.3	Hasil dan Pengujian Algoritma YOLOv4-Tiny.....	IV-40
IV.3.1	Hasil Training Korban dan Dummy.....	IV-40
IV.3.2	Hasil Training Safezone	IV-46
IV.3.3	Pengujian Area Deteksi Kamera	IV-48
IV.3.4	Pengujian Intensitas Cahaya	IV-53
IV.3.5	Pengujian Deteksi Posisi	IV-56
IV.4	Pengujian Integrasi Sistem.....	IV-64
IV.4.1	Pengujian Pengambilan Korban	IV-65
IV.4.2	Pengujian Peletakan Objek	IV-71
V	BAB V PENUTUP	V-1
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran	V-1
	DAFTAR PUSTAKA	iii
	LAMPIRAN.....	vii

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi Jetson Nano Development Kit.	II-9
Tabel II. 2 Penelitian terdahulu.	II-15
Tabel III. 1 Komponen yang di gunakan	III-5
Tabel III. 2 Parameter sistem gerak robot	III-8
Tabel III. 3 Konfigurasi manipulator arm	III-11
Tabel IV. 1 Hasil pengujian gerak translasi	IV-35
Tabel IV. 2 Hasil pengujian gerak rotasi	IV-38
Tabel IV. 3 Hasil deteksi <i>TP</i> , <i>FP</i> , <i>FN</i> dari gambar validasi	IV-43
Tabel IV. 4 Hasil deteksi <i>TP</i> , <i>FP</i> , <i>FN</i> dari gambar validasi berdasarkan <i>split</i> dataset	IV-45
Tabel IV. 5 Hasil pengujian area deteksi kamera	IV-50
Tabel IV. 6 Hasil pengujian deteksi berdasarkan intensitas cahaya	IV-55
Tabel IV. 7 Pengujian deteksi korban	IV-58
Tabel IV. 8 Deteksi korban diantara dummy	IV-59
Tabel IV. 9 Deteksi <i>safezone</i> berwarna abu	IV-61
Tabel IV. 10 Deteksi <i>safezone</i> berwarna kuning	IV-62
Tabel IV. 11 Deteksi <i>safezone</i> dengan <i>marker</i>	IV-64
Tabel IV. 12 Data pengujian pengambilan korban tanpa dummy	IV-66
Tabel IV. 13 Rangkuman data pengujian pengambilan korban tanpa dummy	IV-68
Tabel IV. 14 Data pengujian pengambilan korban di antara dummy	IV-69
Tabel IV. 15 Rangkuman data pengujian pengambilan korban di antara dummy	IV-71
Tabel IV. 16 Data pengujian peletakan korban pada <i>safezone</i> berwarna abu..	IV-73
Tabel IV. 17 Rangkuman data pengujian peletakan korban pada <i>safezone</i> berwarna abu	IV-75
Tabel IV. 18 Data pengujian peletakan korban pada <i>safezone</i> berwarna abu..	IV-76
Tabel IV. 19 Rangkuman data pengujian peletakan korban pada <i>safezone</i> berwarna kuning.....	IV-77
Tabel IV. 20 Data pengujian peletakan korban pada <i>safezone</i> dengan <i>marker</i>	IV-78

Tabel IV. 21 Rangkuman data pengujian peletakan korban pada *safezone* dengan
markerIV-80

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Arena Kontes Robot Search And Rescue Indonesia 2024 [5].	II-1
Gambar II. 2 Proses pengolahan gambar dan deteksi objek dalam lingkup <i>Computer Vision</i> [6].	II-3
Gambar II. 3 Arsitektur dan komponen utama dari <i>framework GStreamer</i> .	II-4
Gambar II. 4 Arsitektur jaringan YoloV4-Tiny [24].	II-5
Gambar II. 5 Hubungan antara Forward dan Inverse kinematics .	II-6
Gambar II. 6 Segitiga sembarang dengan sudut-sudut A , B , dan C yang masing-masing berseberangan dengan sisi a , b , dan c .	II-7
Gambar II. 7 Jetson Nano Development Kit [32].	II-8
Gambar II. 8 Overview tata letak dan layout board.[33]	II-9
Gambar II. 9 Arducam IMX519 16 Mp Autofocus Camera [35].	II-11
Gambar II. 10 Servo Dynamixel AX-18 [36]	II-12
Gambar II. 11 Dynamixel U2D2 sebagai Komunikasi Dymnamixel dan PC...	II-13
Gambar II. 12 konstruksi motor servo DC	II-14
Gambar II. 13 Driver <i>PWM PCA9685</i>	II-14
Gambar II. 14 <i>State-Of-The-Art</i> .	II-18
Gambar III. 1 Model <i>ADDIE</i>	III-1
Gambar III. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian.	III-1
Gambar III. 3 Gambaran Umum Sistem	III-2
Gambar III. 4 Rancangan desain robot.	III-4
Gambar III. 5 Tampak samping desain robot.	III-4
Gambar III. 6 Tampak depan desain robot.	III-4
Gambar III. 7 Tampak atas desain robot.	III-5
Gambar III. 8 Struktur Kaki Robot.	III-7
Gambar III. 9 Konfigurasi Hexapod Rectangular.	III-8
Gambar III. 10 Pola <i>Gait</i> Robot Hexapod [11].	III-9
Gambar III. 11 Desain skematik manipulator arm.	III-10
Gambar III. 12 Stick diagram manipulator arm.	III-10
Gambar III. 13 Wiring komponen elektrik	III-12
Gambar III. 14 Tampak 2D pemodelan <i>inverse kinematic</i> kaki robot.	III-14
Gambar III. 15 Tampak atas pemodelan <i>inverse kinematic</i> kaki robot.	III-14

Gambar III. 16 Diagram alir perancangan YOLOv4-Tiny	III-20
Gambar III. 17 Diagram alir tracking objek.....	III-22
Gambar III. 18 Diagram Alir Integrasi Sistem.....	III-28
Gambar III. 19 Area pengujian gerakan kaki.....	III-30
Gambar III. 20 Area pengujian pengambilan dan peletakan objek.....	III-31
Gambar III. 21 Variasi <i>safezone</i>	III-32
Gambar IV. 1 Tampak depan robot.....	IV-33
Gambar IV. 2 Tampak samping robot	IV-33
Gambar IV. 3 Pengujian gerak translasi robot.....	IV-34
Gambar IV. 4 Grafik waktu tempuh gerakan translasi	IV-36
Gambar IV. 5 Pengujian gerak rotasi robot	IV-38
Gambar IV. 6 Grafik waktu tempuh gerakan rotasi.....	IV-39
Gambar IV. 7 Grafik <i>Loss Function</i> dan <i>mAP</i> dengan <i>split</i> dataset = 10%	IV-40
Gambar IV. 8 Grafik <i>Loss Function</i> dan <i>mAP</i> dengan <i>split</i> dataset = 20%	IV-41
Gambar IV. 9 Grafik <i>Loss Function</i> dan <i>mAP</i> dengan <i>split</i> dataset = 30%	IV-42
Gambar IV. 10 Grafik <i>Loss Function</i> dan <i>mAP</i> dengan <i>split</i> dataset = 40%	IV-42
Gambar IV. 11 Hasil deteksi objek dan error rate	IV-44
Gambar IV. 12 Grafik metrik <i>mAP</i> , <i>Precision</i> , <i>Recall</i> , <i>F1-Score</i> , dan <i>IoU</i>	IV-46
Gambar IV. 13 Grafik <i>Loss Function</i> dan <i>mAP safezone</i> abu	IV-47
Gambar IV. 14 Grafik <i>Loss Function</i> dan <i>mAP safezone</i> kuning	IV-47
Gambar IV. 15 Grafik <i>Loss Function</i> dan <i>mAP safezone</i> dengan <i>marker</i>	IV-48
Gambar IV. 16 Pengujian area deteksi korban.....	IV-49
Gambar IV. 17 <i>Heatmap</i> area deteksi kamera	IV-52
Gambar IV. 18 Pengujian deteksi pada intensitas cahaya = 0 lux	IV-53
Gambar IV. 19 Pengujian deteksi pada intensitas cahaya = 6 lux	IV-54
Gambar IV. 20 Pengujian deteksi pada intensitas cahaya = 66 lux	IV-54
Gambar IV. 21 Pengujian deteksi pada intensitas cahaya = 1500 lux	IV-55
Gambar IV. 22 Deteksi korban berada pada kanan layar.....	IV-57
Gambar IV. 23 Deteksi korban berada pada kiri layar.....	IV-57
Gambar IV. 24 Deteksi korban berada pada kiri layar.....	IV-57
Gambar IV. 25 Deteksi korban diantara dummy berada pada kiri layar	IV-58
Gambar IV. 26 Deteksi korban diantara dummy berada pada kanan layar	IV-59

Gambar IV. 27 Deteksi korban diantara dummy berada pada kiri layar	IV-59
Gambar IV. 28 Deteksi <i>safezone</i> berwarna abu berada pada kanan layar	IV-60
Gambar IV. 29 Deteksi <i>safezone</i> berwarna abu berada pada kiri layar	IV-60
Gambar IV. 30 Deteksi <i>safezone</i> berwarna kuning berada pada kiri layar	IV-61
Gambar IV. 31 Deteksi <i>safezone</i> berwarna kuning berada pada kanan layar ..	IV-62
Gambar IV. 32 Deteksi <i>safezone</i> dengan <i>marker</i> berada pada kiri layar	IV-63
Gambar IV. 33 Deteksi <i>safezone</i> dengan <i>marker</i> berada pada kanan layar	IV-63
Gambar IV. 34 Area kerja pengujian integrasi sistem	IV-65
Gambar IV. 35 Pengujian pengambilan korban tanpa dummy	IV-66
Gambar IV. 36 Grafik waktu tempuh pengambilan korban tanpa dummy	IV-67
Gambar IV. 37 Pengujian pengambilan korban di antara dummy	IV-69
Gambar IV. 38 Grafik waktu tempuh pengambilan korban di antara dummy	IV-70
Gambar IV. 39 Berbagai variasi <i>safezone</i> yang di gunakan pada pengujian ...	IV-72
Gambar IV. 40 Pengujian peletakan korban pada <i>safezone</i> berwarna abu	IV-72
Gambar IV. 41 Grafik waktu tempuh peletakan korban pada <i>safezone</i> berwarna abu	IV-74
Gambar IV. 42 Pengujian peletakan korban pada <i>safezone</i> berwarna kuning ..	IV-75
Gambar IV. 43 Grafik waktu tempuh peletakan korban pada <i>safezone</i> berwarna kuning	IV-77
Gambar IV. 44 Pengujian peletakan korban pada <i>safezone</i> dengan <i>marker</i>	IV-78
Gambar IV. 45 Grafik waktu tempuh peletakan korban pada <i>safezone</i> dengan <i>marker</i>	IV-79

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** : Buku Pedoman KRI 2024
- Lampiran 2** : Layout Board PCB
- Lampiran 3** : Datasheet Arducam
- Lampiran 4** : Library – Program `pca_servo.py`
- Lampiran 5** : Library – Program `servo.py`
- Lampiran 6** : Library – Program `hexapod_control.py`
- Lampiran 7** : Library – Program `hexapod_constant.py`
- Lampiran 8** : Program Tracking
- Lampiran 9** : Program Integrasi Sistem

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol

r	:	Jarak proyeksi kaki pada bidang horizontal dari titik pangkal coxa
d	:	Jarak <i>Euclidean</i> total dari pangkal <i>joint</i> femur ke posisi <i>end-effector</i>
A	:	Sudut antara garis d dan femur
α_1	:	Sudut elevasi dari bidang horizontal ke posisi <i>end-effector</i>
B	:	Sudut antara femur dan tibia
W	:	Lebar frame
H	:	Tinggi frame
t	:	Waktu
s	:	Jarak
v	:	Kecepatan
ω	:	Kecepatan sudut
θ	:	Sudut rotasi

Singkatan

KRI	:	Kontes Robot Indonesia
KRSRI	:	Kontes Robot Search And Rescue
SAR	:	Search And Rescue
IK	:	Invers Kinematics
FK	:	Forward Kinematics
PWM	:	Pulse Width Modulation
I2C	:	Inter-Integrated Circuit
SOCs	:	System on Chip
CPU	:	Central Processing Unit
GPU	:	Graphics Processing Unit
FPN	:	Feature Pyramid Network
HTTP	:	Hyper Text Transfer Protocol
RTSP	:	Real-Time Streaming Protocol
RTP	:	Return To Player
Mp	:	Megapixel

CSI/MIPI	:	Camera Serial Interface/Mobile Industry Processor Interface
WLAN	:	Wireless Local Area Network
TP	:	True Positif
TN	:	True Negatif
FN	:	False Negatif
AP	:	Average Precision
mAP	:	Mean of Average Precision
IoU	:	Intersection over Union
FPS	:	Frame Per Second

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) di era revolusi industri 4.0 memegang peranan krusial dalam berbagai aspek kehidupan manusia, kemajuan teknologi mendorong perubahan signifikan dari pendekatan metode tradisional menuju metode yang lebih modern [1]. Salah satu inovasi teknologi yang meningkat pesat adalah di bidang robotik, beragam robot di rancang untuk memudahkan dan menawarkan solusi pada berbagai permasalahan dan tantangan yang ada di kehidupan manusia [2]. Untuk mewadahi inovasi dan rekayasa di bidang robotik, Pusat Prestasi Nasional (Puspresnas) menyelenggarakan ajang kompetisi bergengsi Kontes Robot Indonesia (KRI). KRI mempertandingkan 7 divisi yang salah satunya yaitu Kontes Robot SAR Indonesia (KRSRI) [3][4]. KRSRI berfokus pada pengujian kemampuan robot dalam menjalankan misi pencarian dan penyelamatan dengan menghadapi berbagai rintangan yang merepresentasikan kondisi pasca bencana dan menyelamatkan korban ke zona aman [5].

Salah satu aspek penting pada robot KRSRI yaitu identifikasi serta penanganan korban. Kecepatan dalam mengidentifikasi objek (korban atau dummy), dan ketepatan pengambilan serta peletakan korban menjadi poin penting. Agar dapat melakukan Identifikasi objek robot harus di rancang agar dapat melihat dan memahami data visual, teknologi yang dapat di gunakan pada kasus ini yaitu *Computer Vision*. *Computer Vision* adalah teknologi yang melatih komputer memanfaatkan *machine learning* dan algoritma *deep learning* untuk mengenali objek dengan cara meniru persepsi manusia dengan mengumpulkan data, melatih model, dan menggunakan model yang telah dilatih untuk dapat membuat keputusan [6]. Algoritma deteksi objek *deep learning* di bagi menjadi dua kategori, yang pertama adalah *one-stage object detection algorithms*, contohnya SSD dan YOLO, lalu yang kedua adalah *two-stage object detection algorithms*, contohnya RCNN, Fast RCNN, dan CNN [7] yang tinggi dalam akurasi, tetapi dengan kecepatan yang lebih lambat dibandingkan dengan *one-stage object detection algorithms* [8].

Algoritma YOLO (You Only Look Once) telah berkembang melalui beberapa versi. Penelitian M. A. R. Alif [9] mengeksplorasi potensi dari berbagai versi YOLO, mulai dari YOLOv1 hingga YOLOv10, dengan hasil pada model-model seperti YOLOv3, dan YOLOv4 telah menunjukkan kecepatan dan akurasi yang luar biasa. Meskipun model yang lebih baru menawarkan kemajuan teknologi yang signifikan, model tersebut tidak secara keseluruhan mengungguli versi lama di semua metrik secara *real-time* [10].

Pada penelitian robot SAR di lingkungan Politeknik Manufaktur Bandung pada tahun 2023 [11], robot belum memiliki kemampuan identifikasi dan penanganan objek. Selanjutnya pada penelitian G. Yopa [12], mengembangkan sistem lengan manipulator robot hexapod dengan *smart vision* sensor untuk mendeteksi korban berbasis warna dengan tingkat keberhasilan penyelamatan korban sebesar 80% - 85% pada berbagai kondisi pencahayaan [13]. Meskipun metode ini efektif dalam kondisi tertentu, penambahan objek dummy menimbulkan masalah baru karena metode tersebut tidak di rancang untuk menangani variasi bentuk. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis warna saja tidak cukup untuk membedakan korban dan dummy yang memiliki karakteristik *appearance* serupa tetapi berbeda secara fungsional [14]. Variasi dalam bentuk, sudut pandang, pose, oklusi, dan kondisi cahaya, sulit untuk mencapai deteksi objek dengan baik [15], di sisi lain *deep learning* menawarkan kemampuan untuk melatih model pada data yang lebih besar dan beragam. Pada penelitian dengan konteks serupa, Y. I. Putra [16] mengimplementasikan deteksi objek menggunakan *deep learning* yang dapat mendeteksi objek dalam berbagai kondisi cahaya dan orientasi berbeda [17][18].

Berdasarkan penelitian terdahulu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sebuah sistem identifikasi yang memiliki kemampuan membedakan korban dan dummy secara *real-time*, serta pengambilan dan peletakan korban di dalam *safezone* dengan kecepatan dan akurasi yang optimal. Memanfaatkan *Computer Vision* dengan algoritma *deep learning* yang dilatih dengan banyak data agar lebih adaptif dalam berbagai kondisi sehingga menghasilkan potensi besar dalam meningkatkan efektivitas penyelamatan korban untuk memperoleh poin penting khususnya pada ajang Kontes Robot Search And Rescue Indonesia (KRSRI).

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, berikut adalah rumusan masalah yang akan dibahas:

1. Bagaimana merancang sistem identifikasi yang mampu membedakan korban dan dummy?
2. Bagaimana kecepatan dan tingkat keberhasilan pada saat pengambilan korban dan peletakan korban?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat di bahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas mengenai sistem identifikasi dan penanganan objek asli dan objek dummy menggunakan robot SAR Polman.
2. Robot SAR yang di gunakan pada penelitian ini adalah robot berkaki 6 dengan konfigurasi hexapod rectangular
3. Tidak membahas sistem navigasi robot
4. Korban merupakan boneka berbentuk anak kecil yang sedang menangis berwarna orange, dibuat dengan 3D printer dengan ukuran dan berat sesuai kriteria yang ditentukan pada rules perlombaan.
5. Dummy merupakan boneka kamuflase korban berbentuk seperti korban namun tanpa lengan.
6. Penanganan yang dimaksud adalah pengambilan dan peletakan objek
7. Hanya mengenali objek yang sudah ditentukan dan bersifat statis
8. Penelitian ini hanya membahas algoritma YOLOv4-Tiny sebagai algoritma yang di gunakan untuk identifikasi objek
9. Robot berhasil mengambil korban apabila dapat mengangkat seluruh tubuh korban
10. Robot berhasil meletakan korban apabila seluruh tubuh korban berada di dalam *safezone*
11. Area pengujian dilakukan pada rekayasa arena menyesuaikan dengan buku pedoman lomba yang telah dimodifikasi dengan tahapan pengambilan lalu peletakan objek

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir sebagai berikut:

1. Merancang sistem identifikasi yang mampu membedakan objek asli dan objek dummy pada robot SAR Polman.
2. Mengetahui kecepatan dan tingkat keberhasilan pada saat pengambilan dan peletakan objek dengan menggunakan algoritma YOLOv4-Tiny

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem identifikasi dan penanganan objek pada robot SAR polman
2. Robot dapat di gunakan pada Kontes Robot SAR Indonesia yang akan mendatang dengan peluang kesuksesan dalam meraih prestasi dalam kompetisi di tingkat regional maupun nasional.
3. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam pengembangan sistem identifikasi berbasis *Computer Vision* untuk aplikasi robotik lainnya

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi jawaban permasalahan yang dirumuskan, dan penjelasan mengenai hasil-hasil pengujian TA.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, berisi kesimpulan dan keseluruhan tulisan tugas akhir dan saran untuk tugas akhir berikutnya.