

**Kolaborasi 2 *Arm Robot* dalam Sebuah Tugas *Pick and place*
dengan Metoda *Task allocator* Berbasis pada *Computer vision***

Tugas Akhir

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

Oleh

David Yizreel Maruli Valentino Pardede

220441005



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Kolaborasi 2 Arm Robot dalam Sebuah Tugas *Pick and place*
dengan Metoda *Task allocator* Berbasis pada *Computer vision***

Oleh:

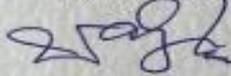
David Yizreel Maruli Valentino Pardede
220441005

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

Bandung, 24 Desember 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



Wahyu Adhie Candra S.T., M.Sc.
NIP. 197701092023211004

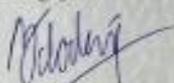
Pembimbing II,



Dr. Eng. Pipit Angraeni, S.T.,
M.T., M.Sc. Eng.
NIP. 197908242005012001

Disahkan,

Penguji I,



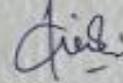
Ir. Bolo Dwiartomo, M.Sc.
NIP. 196810301995121001

Penguji II,



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

Penguji III



Dini Hadiani, S.Pd., M.Pd.
NIP. 197506122005012005

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : David Yizreel Maruli Valentino Pardede
NIM : 220441005
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Kolaborasi 2 Arm Robot dalam Sebuah Tugas
Pick and place dengan Metoda *Task allocator*
Berbasis pada *Computer vision*

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 : 25 – 11 – 2024
Yang Menyatakan,

David Yizreel Maruli Valentino
Pardede
NIM 220441005

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : David Yizreel Maruli Valentino Pardede
NIM : 220441005
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Kolaborasi 2 Arm Robot dalam Sebuah Tugas *Pick and place* dengan Metoda *Task allocator* Berbasis pada *Computer vision*

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 : 25 – 11 – 2024
Yang Menyatakan,

David Yizreel Maruli Valentino
Pardede
NIM 220441005

MOTO PRIBADI

Hidup dan mati dikuasai oleh lidah siapa suka menggemakannya akan memakan buahnya.

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.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan memohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kejahatan diri kami dan dari akibat buruk perbuatan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah, tidak ada yang dapat menyesatkannya, dan barang siapa yang sesat, tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Kami bersaksi bahwa tidak ada ilah yang berhak disembah kecuali Allah semata, yang tidak memiliki sekutu, dan kami bersaksi bahwa Yesus Kristus adalah Anak Allah dan Juruselamat kami.

Dengan petunjuk dan pertolongan dari Allah, saya telah menyelesaikan proyek ini dengan judul: " Kolaborasi 2 Arm Robot dalam Sebuah Tugas *Pick and place* dengan Metoda *Task allocator* Berbasis pada *Computer vision*".

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi 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 Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Wahyu Adhie Candra, S.T., M.Sc dan Ibu Dr.Eng. Pipit Anggraeni, S.T., M.T., M.Sc.Eng.
5. Para Penguji siding tugas akhir Bapak Ir. Bolo Dwiartomo, M.Sc., Bapak Sarosa Castrena A, S.Pd., M.T., dan Ibu Dini Hadiani, S.Pd., M.Pd.

6. Panitia tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T. dan Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Sarasi Manurung dan Bapak Ronald Pardede yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk kakak saya Theo Kristian Arman Erwindo Pardede dan adik saya Theresia Angelina Duma Octavia Pardede dan Alexandria Aurora Merry Naomi Pardede yang selalu mendukung saya
9. Untuk Amanda Alexandria yang selalu mendukung dalam merancang karya tulis ini
10. Untuk rekan – rekan seperjuangan Tugas Akhir program studi TRO kelas AEB-1 dan AEB-2 2020
11. Serta seluruh pihak lain yang turut membantu dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

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.

Bandung, 25 November 2024

Penulis

ABSTRAK

Robot lengan merupakan perangkat otomatisasi yang umum digunakan dalam sektor manufaktur. Pada awalnya, tugas-tugas ini dilakukan oleh manusia, tetapi proses manual ini memiliki sejumlah kelemahan, seperti keterbatasan kecepatan dan akurasi manusia, kelelahan, dan risiko kecelakaan kerja. Untuk mengatasi kendala-kendala tersebut, robot mulai menggantikan manusia dalam tugas pick and place. Awalnya, satu robot melaksanakan tugas pick and place. Namun, dengan perkembangan teknologi, dua robot mulai bekerja sama dalam tugas tersebut. Meskipun demikian, kolaborasi dua robot dalam tugas pick and place juga menimbulkan sejumlah tantangan. Studi ini mengimplementasikan deteksi objek menggunakan YOLOv5 dengan HSV dengan karakteristik komputasi yang rendah sehingga memungkinkan untuk mendukung operasi pick and place pada robot pole-arm. Komunikasi antara sistem deteksi objek dan robot dilakukan melalui python dengan komunikasi menggunakan serial arduino. Kamera diatur dengan transformasi perspektif untuk memungkinkan konversi koordinat objek yang akurat, mengingat perbedaan dalam proyeksi dari dunia 3D ke 2D. Pelatihan yang dilakukan menghasilkan mAP 0,5 sebesar 97,7% dan mAP 0,5:0,95 sebesar 60%. Hasil pengujian deteksi menunjukkan tingkat presisi deteksi objek sebesar 1, recall sebesar 0,977, dan F1 score sebesar 0,96. Metode Task Allocator yang berhasil membuat pengambilan lebih efisien dengan waktu lebih cepat sebesar 27 detik. Proses pick and place mencapai tingkat keberhasilan rata-rata dari 3 pengujian sebesar 91,667%, 85%, dan 86,667%, menunjukkan kinerja yang baik dalam aplikasi praktis di lingkungan pengujian.

Kata kunci: *Computer vision, Task allocator, Pick and place, Robot Interaction.*

ABSTRACT

Robotic arms are widely used in the manufacturing sector as a form of automation. Initially, these tasks were performed manually by humans, but this approach had several limitations, such as restricted speed and accuracy, fatigue, and the risk of workplace accidents. To address these issues, robots began replacing humans in pick-and-place tasks. At first, a single robot handled this task, but with advancements in technology, two robots started collaborating. However, this collaboration also introduced new challenges. This study implements object detection using YOLOv5 combined with HSV, ensuring low computational requirements to support pick-and-place operations on pole-arm robots. Communication between the object detection system and the robot is facilitated through Python, using serial communication with Arduino. The camera is calibrated with perspective transformation to enable accurate object coordinate conversion, addressing the projection difference between the 3D world and 2D images. Training achieved a mAP@0.5 of 97.7% and a mAP@0.5:0.95 of 60%. Detection testing showed an object detection precision rate of 1, recall of 0.977, and an F1 score of 0.96. The Task Allocator method improved efficiency, reducing the time to 27 seconds. The pick-and-place process achieved average success rates of 91.67%, 85%, and 86.67% across three tests, demonstrating strong practical performance in testing environments.

Keywords: Computer vision, Task allocator, Pick and place, Robot Interaction.

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	xii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xiv
I BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	2
1.5 Hipotesis	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
II BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1. Tinjauan Teori	6
II.1.1 Multi Robot	6
II.1.2 <i>Computer vision</i>	8
II.1.3 Monitoring Sistem Robot	9
II.1.4 Citra Digital	11
II.1.5 Matriks Jacobian	12
II.1.6 <i>Forward Kinematik</i>	14
II.2. Tinjauan Alat	14
II.2.1 Contoh Prototype Lengan Robot	14
II.2.2 Pengolahan Citra Digital	15
II.2.3 Arduino Nano	17
II.2.4 Python	18

II.2.5	Motor Servo	20
II.2.6	Kamera Webcam.....	21
II.3.	Studi Penelitian Terdahulu.....	22
III	BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	35
III.1	Gambaran Umum Sistem	35
III.1.1	Alur Kerja Sistem.....	36
III.1.2	Penjelasan tahap-tahap kerja sistem.....	38
III.2	Model Metodologi Penelitian.....	38
III.2.1	Metoda.....	40
III.2.2	Perancangan Sistem Mekanik	42
III.2.3	Perancangan Sistem Elektrik.....	46
III.2.4	Perancangan Perangkat Lunak	53
III.2.5	Implementasi dan Integrasi Sistem	58
III.2.6	Perencanaa Pengujian Sistem.....	60
III.3	Perencanaan Pengujian Metode	63
III.3.1	Metode X Y Z Real World Coordinates.....	63
V	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	70
4.1	Hasil Implementasi Sistem.....	70
4.1.1	Desain Sistem.....	70
4.1.2	Implementasi Perangkat Keras.....	72
4.1.3	Implementasi Perangkat Lunak.....	74
4.2	Analisis Hasil	122
VII	BAB V PENUTUP.....	130
5.1	Kesimpulan	130
5.2	Saran.....	130
	DAFTAR PUSTAKA	132
	LAMPIRAN	19
Lampiran 1	Standar Operasional Prosedur Penggunaan Lengan robot.....	19

DAFTAR TABEL

Table II. 1 Penelitian terdahulu.....	22
Table II. 2 Penelitian Terdahulu.....	27
Table II. 3 Penelitian Terdahulu.....	31
Tabel III. 1 Tabel Perencanaan	41
Tabel III. 2 Hasil ukuran dari objek.....	61
Tabel IV. 1 Hasil ukuran dari objek.....	82
Tabel IV. 2 Hasil Data Pengujian Skenario 1	84
Tabel IV. 3 Presentase keberhasilan Skenario 1	86
Tabel IV. 4 Dokumentasi Pick and Place Skenario 1	92
Tabel IV. 5 Hasil Data Pengujian Skenario 2	92
Tabel IV. 6 Presentase keberhasilan Skenario 2	94
Tabel IV. 7 Dokumentasi Pick and Place Skenario 2	99
Tabel IV. 8 Hasil Data Pengujian Skenario 3	100
Tabel IV. 9 Presentase keberhasilan Skenario 3	101
Tabel IV. 10 Dokumentasi Pick and Place Skenario 3	106
Tabel IV. 11 Hasil waktu akhir rata-rata setiap pengujian.....	106
Tabel IV. 12 Hasil akhir presentase keberhasilan akhir rata-rata setiap pengujian	107
Tabel IV. 13 Hasil tabel penelitian terdahulu	128
Tabel IV. 14 Hasil perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian saya....	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Penerapan Multi Robot [29]	7
Gambar II. 2 Robot memakai <i>Computer vision</i>	8
Gambar II. 3 Data <i>Twin</i> [8]	10
Gambar II. 4 Arsitektur sistem dengan tujuh subsistem [11]	10
Gambar II. 5 Citra Digital (Nixon dan Aguado, 2002)	12
Gambar II. 6 Contoh Prototype <i>Arm Robot</i> [13]	15
Gambar II. 7 Arduino Nano [17]	18
Gambar II. 8 Logo Python	19
Gambar II. 9 Motor Servo	20
Gambar II. 10 Kamera Webcam	21
Gambar III. 1 Gambar Umum Sistem	35
Gambar III. 2 Diagram Alur Sistem	36
Gambar III. 3 Diagram Alir Sistem	37
Gambar III. 4 VDI 2206 [33]	39
Gambar III. 5 Gambar 3D <i>Arm Robot</i>	44
Gambar III. 6 Mekanik <i>Arm Robot</i> 6 DOF	44
Gambar III. 7 Mekanik <i>Arm Robot</i> 4 DOF [10]	45
Gambar III. 8 Diagram Alir Penelitian [33]	45
Gambar III. 9 Skema Elektrik	48
Gambar III. 10 Papan PCB	48
Gambar III. 11 Skema Elektrik <i>Arm Robot</i> 4 DOF	51
Gambar III. 12 Skema Elektrik <i>Arm Robot</i> 6 DOF	51
Gambar III. 13 Flowchart Program Utama	53
Gambar III. 14 Flowchart Program Arduino	55
Gambar III. 15 Hasil pengukuran lux	60
Gambar III. 16 Benda yang diuji	61
Gambar IV. 1 <i>Arm Robot</i> 1	70
Gambar IV. 2 <i>Arm Robot</i> 2	71
Gambar IV. 3 Posisi letak kedua <i>Arm Robot</i>	72
Gambar IV. 4 Tempat pengujian	75
Gambar IV. 5 Ukuran tempat pengujian	76
Gambar IV. 6 GUI dan hasil kalibrasi <i>arm robot</i>	77
Gambar IV. 7 Urutan koordinat titik yang akan dimasukan	77
Gambar IV. 8 Data Logger Pembacaan kamera	80
Gambar IV. 9 Hasil Akhir Pengambilan Benda	81
Gambar IV. 10 Kalibrasi Warna Kuning	108
Gambar IV. 11 Kalibrasi Warna Merah	109
Gambar IV. 12 Kalibrasi Warna Hijau	109
Gambar IV. 13 Kalibrasi Warna Biru	109
Gambar IV. 14 Hasil HSV	110
Gambar IV. 15 Diagram Alir Pelatihan	111

Gambar IV. 16 Preprocessing (Label dan bounding box)	112
Gambar IV. 17 Statistik Label dan Distribusi Posisi Bounding Box	113
Gambar IV. 18 Korelasi dan Distribusi Bounding Box	113
Gambar IV. 19 Hasil percobaan epoch sebanyak 100x	115
Gambar IV. 20 F1-Confidence Curve	116
Gambar IV. 21 Precision-Confidence Curve	117
Gambar IV. 22 Precision-Recall Curve	117
Gambar IV. 23 Recall-Confidence Curve	118
Gambar IV. 24 Confusion Matrix	120
Gambar IV. 25 Confusion Matrix Normalized	120
Gambar IV. 26 Hasil Train akhir	122
Gambar IV. 27 Hasil tampilan Mask	122
Gambar IV. 28 Hasil tampilan Warped tanpa objek	123
Gambar IV. 29 Hasil tampilan Warped dengan objek	123
Gambar IV. 30 Hasil tampilan Frame	124
Gambar IV. 31 Contoh data set yang digunakan	127
Gambar IV. 32 Hasil pengujian Sobel	127
Gambar IV. 33 Hasil pengujian Canny	128
Gambar IV. 34 Hasil F1 medians	128

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

MRTA = *Multi Robot Task Allocation*

YoLo = *You Only Look One*

CNN = *Convolution Neural Network*

MRS = *Multi Robot System*

AI = *Artificial Intelligence*

DL = *Deep Learning*

ML = *Machine Learning*

AR = *Augmented Reality*

VR = *Virtual Reality*

ROS = *Robot Operating System*

mAP = *mean Average Precision*

PCD = *Pengolahan Citra Digital*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robot lengan merupakan perangkat otomatisasi yang umum digunakan dalam sektor manufaktur. Fungsinya mencakup berbagai tugas, termasuk tugas *pick and place*. Tugas *pick and place* melibatkan pengambilan dan penempatan objek dari satu lokasi ke lokasi lain [1].

Pada awalnya, tugas-tugas ini dilakukan oleh manusia, tetapi proses manual ini memiliki sejumlah kelemahan, seperti keterbatasan kecepatan dan akurasi manusia, kelelahan, dan risiko kecelakaan kerja. Untuk mengatasi kendala-kendala tersebut, robot mulai menggantikan manusia dalam tugas *pick and place*. Robot memiliki keunggulan dalam hal kecepatan, akurasi, ketahanan tanpa kelelahan, dan risiko kecelakaan yang lebih rendah [2].

Awalnya, satu robot melaksanakan tugas *pick and place*. Namun, dengan perkembangan teknologi, dua robot mulai bekerja sama dalam tugas tersebut. Kolaborasi dua robot membawa sejumlah keuntungan, seperti peningkatan kecepatan dan efisiensi, kemampuan menangani objek lebih besar dan berat, serta kemampuan bekerja di lingkungan yang berbahaya bagi manusia [3].

Meskipun demikian, kolaborasi dua robot dalam tugas *pick and place* juga menimbulkan sejumlah tantangan. Koordinasi dan interaksi antara keduanya harus dilakukan dengan cermat, serta pembagian tugas harus optimal. Salah satu masalah yang dihadapi dalam kolaborasi ini adalah masalah pembagian tugas yang tidak optimal, yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan beban kerja antar robot dan mengurangi efisiensi serta produktivitas keseluruhan [4], [5].

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan dan kelemahan pemanfaat robot yang telah dipaparkan pada paragraf di atas, penulis melakukan penelitian yang membahas permasalahan pembagian dan kerja robot dalam menjalankan tugas. Hal ini dilakukan agar menyelesaikan dan memberikan gambaran jelas mengenai bagaimana cara dan metode yang tepat yang dapat digunakan untuk mengatur pembagian tugas robot dalam kerjanya pada industry.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah yang akan menjadi landasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana *Task Allocator* yang digunakan dapat mengatasi 2 sistem robot yang dapat menyelesaikan masalah penanganan efisiensi kerja di industri terutama dalam menggantikan beberapa keterbatasan manusia?
2. Bagaimana penerapan kombinasi metode HSV dan YOLO pada sistem monitoring 2 lengan robot dengan *computer vision* yang digunakan?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka batasan masalah yang akan menjadi landasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lengan robot yang digunakan adalah jenis *Pole-Arm*.
2. Penempatan kamera *fix* di suatu posisi tertentu.
3. Kamera menggunakan tipe *web cam*.
4. Skenario *pick and place* berfokus pada warna suatu benda.
5. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Nano.
6. Pergerakan robot sudah dibatasi dengan perhitungan tertentu tergantung dari kapasitas spesifikasi robot.
7. Setiap arm robot sudah ditentukan warna benda yang akan diambil.
8. Setiap arm robot mempunyai kalibrasi pergerakan masing-masing berdasarkan spesifikasi robot yang digunakan yaitu 4 DOF dan 6 DOF
9. Penelitian berfokus pada object detection benda dan kolaborasi kedua arm robot
10. Pada penelitian ini tidak berfokus pada perhitungan pergerakan arm robot
11. Batas letak benda dan pembacaan kamera dibatasi oleh border kotak berwarna merah dengan panjang 40 cm dan lebar 40 cm

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tujuan Umum

Tujuan dari penelitian ini adalah metode yang akan dikembangkan diantisipasi dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan tingkat keselamatan dalam pelaksanaan tugas tersebut.

2. Tujuan Khusus

Dalam kerangka tujuan khusus, penelitian ini bertujuan untuk melakukan beberapa langkah signifikan. Pertama, melakukan tinjauan menyeluruh terhadap berbagai metode yang telah dikembangkan sebelumnya dan berbasis pada *computer vision*. Kemudian, mengambil langkah ke depan dengan mengembangkan sebuah metode yang inovatif, khususnya yang dirancang untuk mendukung kolaborasi dua robot lengan dalam tugas *pick and place*. Setelahnya, metode yang baru dikembangkan akan diimplementasikan pada dua robot lengan industri untuk memastikan kepraktisan dan keterapannya dalam konteks produksi.

Langkah terakhir adalah melibatkan diri dalam serangkaian eksperimen yang cermat, dengan tujuan mengukur dan menganalisis kinerja metode yang baru, diuji dalam berbagai kondisi yang dapat mencerminkan kompleksitas lingkungan produksi sehari-hari. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi yang substansial dalam pengembangan metode yang efektif dan dapat diandalkan dalam konteks kolaborasi robotik industri.

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Pendidikan

- a. Peningkatan Keterampilan Mahasiswa: Penelitian ini memberikan mahasiswa peluang untuk mengasah keterampilan praktis dalam perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem kolaborasi robotik dengan berbasis *computer vision*. Ini tidak hanya memperdalam pemahaman mahasiswa tetapi juga mengembangkan keterampilan berharga di bidang robotika dan *computer vision*.
- b. Aplikasi Teori dalam Realitas Praktis: Mahasiswa dapat mengaplikasikan konsep-konsep yang mereka pelajari selama perkuliahan ke dalam konteks situasi nyata, memberikan pengalaman yang substansial dalam menanggapi tantangan teknis dan metodologis dalam konteks penelitian ini.

- c. Kontribusi terhadap Pengembangan Kurikulum: Penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan kurikulum di bidang robotika dan teknologi otomatisasi dengan berbasis *computer vision* sebagai suatu pendekatan inovatif dalam kolaborasi robot.
 - d. Pemicu Penelitian Lanjutan: Hasil penelitian ini dapat membuka pintu bagi penelitian lanjutan yang lebih mendalam dalam pengembangan sistem kolaboratif robotika, membentuk dasar untuk penelitian tingkat lanjut di tingkat magister atau pascasarjana.
2. Manfaat bagi Peneliti
- a. Pengembangan Keahlian dan Kompetensi Khusus: Peneliti akan mendapat kesempatan untuk meningkatkan keahlian khusus dalam merancang dan mengimplementasikan sistem kolaborasi robotika, khususnya dalam domain tugas *pick and place/sorting material* dengan berbasis *computer vision*.
 - b. Prestasi dan Publikasi Ilmiah: Hasil positif dari penelitian ini memiliki potensi untuk menghasilkan publikasi di jurnal ilmiah atau konferensi, memberikan pengakuan dan mendukung kemajuan karir peneliti di ranah akademis maupun industri.
 - c. Aplikasi Langsung dalam Konteks Industri: Penelitian ini memberikan peluang bagi peneliti untuk berkontribusi dalam pengembangan solusi otomatisasi yang dapat diaplikasikan secara langsung dalam konteks industri, menciptakan pengalaman praktis yang sangat berharga.
 - d. Pembentukan Jaringan Kolaboratif: Proses penelitian ini membuka peluang untuk membangun jaringan kolaboratif dengan peneliti-peneliti lain, baik di tingkat nasional maupun internasional, memfasilitasi pertukaran ide dan potensi kerjasama di masa mendatang.

Dengan manfaat yang diperoleh untuk dunia pendidikan dan bagi peneliti secara keseluruhan, diharapkan bahwa penelitian ini tidak hanya menyumbang pada basis pengetahuan akademis, tetapi juga menciptakan dampak positif yang signifikan dalam kemajuan teknologi robotika dan otomatisasi industri.

1.5 **Hipotesis**

Dengan menerapkan metode yang berbasis *Computer vision* pada kolaborasi dua robot lengan dalam tugas *pick and place*, dapat dihipotesiskan bahwa efisiensi dan kecepatan dalam menyelesaikan tugas akan meningkat signifikan. Selain itu, kolaborasi ini diharapkan dapat mengoptimalkan alokasi tugas antara dua robot, meminimalkan waktu siklus, dan meningkatkan akurasi dalam mengenali dan memanipulasi objek berdasarkan informasi visual dari sistem *Computer vision*.

1.6 **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 BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN, berisi rancangan jadwal kegiatan TA dan rincian anggaran biaya untuk penyelesaian TA.