

**IMPLEMENTASI *DEEP LEARNING* PADA ROBOT
MANIPULATOR MULTI JARI UNTUK *PICK AND PLACE*
PERALATAN HIDANG MAKANAN**

TUGAS AKHIR

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

Oleh
Muhammad Sulaeman Gheofani
221441916



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**IMPLEMENTASI *DEEP LEARNING* PADA ROBOT MANIPULATOR
MULTI JARI UNTUK *PICK AND PLACE* PERALATAN HIDANG
MAKANAN**

oleh

Muhammad Sulaeman Gheofani

221441916

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

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, Februari, 2023

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ruminto Subekti, S.ST., M.T.
NIP. 196510141989031002

Ismail Rokhim, ST., MT.
NIP. 197002161993031001

Disahkan,

Penguji I,

Penguji II,

Penguji III,

Suharyadi Pancono, Dipl.Ing.HTL., MT.
NIP. 196701171990031004

Sarosa Castrena Abadi, S.Pd., MT.
NIP. 198702252020121001

Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr., MT.
NIP. 199402272020121005

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama	:	Muhammad Sulaeman Gheofani
NIM	:	221441916
Jurusan	:	Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Implementasi <i>Deep Learning</i> pada Robot Manipulator Multi Jari untuk <i>Pick and Place</i> Peralatan Hidang Makanan

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 : 08-02-2023
Yang Menyatakan,

Muhammad Sulaeman Gheofani
NIM 221441916

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama	:	Muhammad Sulaeman Gheofani
NIM	:	221441916
Jurusan	:	Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi	:	Diploma 4
Jenis Karya	:	Tugas Akhir
Judul Karya	:	Implementasi <i>Deep Learning</i> pada Robot Manipulator Multi Jari untuk <i>Pick and Place</i> Peralatan Hidang Makanan

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 Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif 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 sen 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 : 08-02-2023
Yang Menyatakan,

Muhammad Sulaeman Gheofani
NIM 221441916

MOTO PRIBADI

Pintar dan tidak pernah salah bukanlah syarat mutlak untuk menggapai puncak, karena puncak adalah perayaan kemerdekaan bagi mereka yang tidak menyerah.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk alharhum ayahanda tersayang dan ibunda tercinta, kakak dan adik, sahabat dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan.

ABSTRAK

Perusahaan perjalanan, pariwisata, dan perhotelan sudah mulai mengadopsi sistem RAISA dalam bentuk *chatbot*, robot pengiriman, *autonomous dishwasher*, restoran konveyor, kios informasi layanan mandiri dan banyak lainnya [1], [2]. Beberapa pengusaha berusaha melakukan inovasi melalui pendekatan kepada pelanggan dengan mengembangkan sistem pengiriman produk ke pelanggan untuk menghasilkan pengalaman yang menarik berupa penggunaan robot penyaji [3]. Tugas yang tampak sederhana bagi manusia seperti mengambil dan menempatkan objek dengan berbagai bentuk, ukuran, bahan, dan sifat permukaan, dapat menjadi tantangan bagi robot untuk melakukan penggengaman [4]. Penelitian kali ini berfokus pada implementasi jaringan saraf tiruan *deep learning* untuk pengenalan objek dalam perencanaan penggengaman pada *end effector*. Robot manipulator dengan 4 derajat kebebasan digunakan untuk mendukung peraihan objek dan *end effector* berupa *gripper* 5 jari yang digunakan untuk mendapatkan penggengaman yang bervariasi terhadap objek dengan bentuk acak. Sebuah kamera RGB digunakan untuk pengenalan objek dengan konfigurasi *eye-on-hand* yaitu ditautkan pada bagian *end effector* untuk mendapatkan sudut pandang dengan orientasi subjek menuju objek. Penentuan kelas dan dimensi objek dilakukan dengan menggunakan metode YOLOv3 dan bekerja optimal pada rentang intensitas cahaya 12 lux hingga 35 lux. *End effector* bekerja optimal pada objek dengan bentuk dasar tabung, prisma segi empat, prisma segi enam dan prisma segi sepuluh dengan beban maksimal yang dapat diangkat sebesar 303 gram. Pada operasi *pick and place* dengan kapasitas maksimal beban objek didapatkan nilai *success rate* sebesar 71.23%.

Kata Kunci : *Serving Robot*, RAISA, Pencekam Multi Jari, Pemrosesan Citra, *Deep Learning*.

ABSTRACT

Travel, tourism and hospitality companies have started to adopt RAISA systems in the form of chatbots, delivery robots, autonomous dishwashers, restaurant conveyors, self-service information kiosks and many others [1], [2]. Some entrepreneurs try to innovate by approaching customers by developing product delivery systems to customers to produce an interesting experience in the form of using serving robots [3]. Tasks that seem simple to humans, such as picking up and placing objects of various shapes, sizes, materials, and surface properties, can be challenging for robots to grasp [4]. This research focuses on the implementation of deep learning artificial neural networks for object recognition in planning grasp on end effectors. A manipulator robot with 4 degrees of freedom is used to support object grabbing and an end effector in the form of a 5-finger gripper is used to get a varied grasp on objects with random shapes. An RGB camera used for object recognition with an eye-on-hand configuration is linked to the end effector to get a point of view with the orientation of the subject to the object. Object class and dimension training is carried out using the YOLOv3 method and works optimally in light intensity range from 12 lux to 35 lux. The end effector works optimally on objects with the basic shape of a cylinder, rectangular prism, hexagon prism and ten-sided prism with a maximum load of 303 grams that can be lifted. In the pick and place operation with a maximum load capacity of objects, the system is able to obtain a success rate of 71.23%.

Keywords: Serving Robot, RAISA, Multi-Fingered Gripper, Image Processing, Deep Learning.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan dan memohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah SWT maka tidak ada yang mampu menyesatkan dari jalan-Nya. Dan aku bersaksi bahwa tiada sesembahan yang berhak disembah melainkan Allah SWT, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad SAW adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya yang telah dengan sempurna dalam menyempurnakan agama di muka bumi.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Implementasi *Deep Learning* pada Robot Manipulator Multi Jari untuk *Pick and Place* Peralatan Hidang Makanan”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma 4 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) Kedua Pembimbing tugas akhir saya yaitu Bapak Ruminto Subekti, S.ST., M.T. dan Bapak Ismail Rokhim, ST., MT.
- 2) Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B.
- 3) Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, ST., MT.
- 4) Ketua Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.

- 5) Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Suharyadi Pancono, Dipl.Ing.HTL., M.T., Bapak Sarosa Castrena Abadi, S.Pd., M.T., dan Bapak Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr., M.T.
- 6) Panitia tugas akhir Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.
- 7) Teristimewa kepada Orang Tua penulis almarhum bapak Ahmad Salim dan ibu Upay Parihah yang selama hidupnya selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- 8) Untuk kakak saya Wulan, Zaenul, Ayu, Ima dan adik saya Aini yang telah menghadirkan suasana hangat di rumah.
- 9) Untuk sahabat saya tersayang Silviana, Prengga, Opal, Raka, Gufron dan Mirza yang senantiasa mendorong mental saya untuk tetap bergerak maju.
- 10) Untuk rekan-rekan kelas 4AEE 2021 yang selalu memberi canda, tawa serta solidaritas yang sangat kuat rangkulannya.

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, 08 Februari 2023
Penulis,

Muhammad Sulaeman Gheofani
NIM 221441916

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iv
MOTO PRIBADI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir	4
1.5 Metode Penelitian.....	5
1.5.1 Studi Literatur	5
1.5.2 Analisis dan Perancangan	5
1.5.3 Implementasi	5
1.5.4 Pengujian.....	5
1.5.5 Dokumentasi dan Penyusunan Laporan	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Robot Manipulator	8
2.2 Robot Tangan Prostetik.....	10
2.3 <i>Machine Learning</i>	11
2.4 <i>Deep Learning</i>	12
2.5 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	12
2.6 <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Perancangan Sistem	15
3.1.1 System Requirements	16
3.1.2 System Design	18
3.1.3 <i>Domain Specific Design</i>	37
3.1.4 <i>System Integration</i>	62
3.2 Perancangan Prosedur Pengujian	64
3.2.1 Penentuan Variabel Pengujian.....	64
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	66

4.1 Hasil Implementasi Rancangan.....	66
4.2 Hasil Pengujian Sistem	71
4.2.1 Evaluasi Sistem Pengenalan Citra	71
1) Nilai Keyakinan	71
2) Durasi Komputasi	74
4.3 Analisis Hasil Pengujian	86
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	89
1.1 Kesimpulan	89
1.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	91
DAFTAR LAMPIRAN	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur dasar robot manipulator [15].....	9
Gambar 2. 2 Varian end effector industri dari QB Robotics	9
Gambar 2. 3 Matriks kemampuan berbagai jenis pencekam di industri.....	10
Gambar 2. 4 Anatomi tangan manusia dan robot prostetik tangan 5 DoF DIY	11
Gambar 2. 5 <i>Machine Learning Mind Map</i>	11
Gambar 2. 6 Arsitektur CNN.....	12
Gambar 2. 7 Arsitektur YOLOv3.....	13
Gambar 2. 8 Struktur jaringan Darknet-53 pada YOLOv3	14
Gambar 3. 1 Panduan Pembuatan Rancangan Sistem Mekatronika	15
Gambar 3. 2 Gambaran Umum Sistem.....	17
Gambar 3. 3 Rencana Area Kerja	18
Gambar 3. 4 Klasifikasi <i>joint</i> dan <i>link</i> pada robot manipulator	20
Gambar 3. 5 Sendi wrist setelah dirakit.....	23
Gambar 3. 6 Sendi <i>elbow</i> setelah dirakit.....	25
Gambar 3. 7 Sendi <i>shoulder</i> setelah dirakit.....	27
Gambar 3. 8 <i>Arm Base</i> (Sendi 1) Robot Manipulator 5 DoF DIY.....	27
Gambar 3. 9 Anatomi <i>link</i> robot prostetik tangan.....	29
Gambar 3. 10 Anatomi <i>link</i> pada jari robot prostetik tangan pada saat kontraksi	29
Gambar 3. 11 <i>Prosthetic Hand Robot</i> sebagai <i>Five-fingered Gripper End Effector</i>	31
Gambar 3. 12 Rangkaian pengontrol Arduino Mega 2560	32
Gambar 3. 13 Rancangan tata letak panel elektrik.....	33
Gambar 3. 14 Diagram kecepatan vs akurasi metode pendeteksian objek [34]	34
Gambar 3. 15 Perbandingan kecepatan FPS dengan percobaan resolusi rendah dan tinggi [35]	35
Gambar 3. 16 Perbandingan performa YOLOv3,YOLOv4 dan YOLOv5 menggunakan dataset Pascal VOC 2007 [36].....	36
Gambar 3. 17 Perbandingan kecepatan YOLOv3, YOLOv4 dan YOLO v5 [36]	37
Gambar 3. 18 Realisasi Keseluruhan Struktur Manipulator	38
Gambar 3. 19 Servo Sendi <i>Shoulder</i>	38
Gambar 3. 20 Servo Sendi <i>Elbow</i>	39
Gambar 3. 21 Transmisi Internal Servo Digital	39
Gambar 3. 22 Motor Stepper NEMA17 17HS4401	41
Gambar 3. 23 Rancangan manipulator dengan penggerak motor stepper	41
Gambar 3. 24 Motor stepper NEMA34 sdengan kapasitas torsi 60kg.cm	43
Gambar 3. 25 Motor Stepper 17HS4401 dengan <i>planetary gearbox</i> PG14.....	44
Gambar 3. 26 <i>Pulley</i> dan sabuk GT2.....	44
Gambar 3. 27 Realisasi struktur manipulator	45
Gambar 3. 28 Area kerja pick and place robot manipulator multi jari.....	45
Gambar 3. 29 Realisasi mekanisme <i>under-actuated</i> pada struktur <i>end effector</i>	46
Gambar 3. 30 Lapisan permukaan gripper multi jari robot prostetik tangan.....	48
Gambar 3. 31 Ilustrasi kontak antara material rigid objek dengan material elastis <i>grripper</i> .	49
Gambar 3. 32 Rangkaian dasar motor stepper dengan Arduino	49
Gambar 3. 33 Rangkaian elektrik utama setelah pembaruan	50
Gambar 3. 34 <i>Program data routing</i>	51
Gambar 3. 35 Diagram alir pemrosesan gambar	52
Gambar 3. 36 Proses Anotasi Citra	53
Gambar 3. 37 Proses pengenalan objek oleh algoritma YOLOv3	54

Gambar 3. 38 Proses pengenalan objek oleh algoritma YOLOv3	56
Gambar 3. 39 Tampilan <i>software</i> YAT sebagai antarmuka kendali mode manual	57
Gambar 3. 40 Diagram alir kendali manipulator multi jari	58
Gambar 3. 41 Analisis Geometri Manipulator	60
Gambar 3. 42 Rentang Area Kerja dan Referensi Koordinat Manipulator	61
Gambar 3. 43 Sistem Manipulator Multi Jari	63
Gambar 3. 44 <i>Gripper</i> saat <i>grasp</i> , <i>carry</i> , <i>placing</i> dan <i>ungrasp</i> objek botol	63
Gambar 3. 45 Anatomi tangan manusia dan robot prostetik tangan 5DoF DIY	65
Gambar 3. 46 Referensi Koordinat Kartesian Robot dan Area Kerja.....	79
Gambar 4. 1 Robot Manipulator Multi Jari saat Beroperasi.....	66
Gambar 4. 2 Konstruksi Manipulator Sesudah Penyesuaian	67
Gambar 4. 3 Struktur permukaan gripper sebelum dan sesudah penyesuaian	68
Gambar 4. 4 Penambahan Lensa Makro pada Kamera Web	69
Gambar 4. 5 Perbedaan Tangkapan Gambar Sebelum dan Sesudah Penggunaan Lensa Makro	69
Gambar 4. 6 Grafik Respons Nilai Keyakinan Pengenalan Objek Botol dengan perbedaan Intensitas Cahaya	71
Gambar 4. 7 Ilustrasi Perbedaan Intensitas Cahaya pada Pengukuran Nilai Keyakinan Pengenalan Objek Botol.....	71
Gambar 4. 8 Grafik Respons Nilai Keyakinan Pengenalan Objek Mangkok dengan perbedaan Intensitas Cahaya	72
Gambar 4. 9 Ilustrasi Perbedaan Intensitas Cahaya pada Pengukuran Nilai Keyakinan Pengenalan Objek Mangkok	72
Gambar 4. 10 Grafik Respons Nilai Keyakinan Pengenalan Objek Cangkir dengan perbedaan Intensitas Cahaya	73
Gambar 4. 11 Ilustrasi Perbedaan Intensitas Cahaya pada Pengukuran Nilai Keyakinan Pengenalan Objek Cahaya.....	73
Gambar 4. 12 Grafik Durasi Komputasi Identifikasi Objek Botol dengan perbedaan Intensitas Cahaya	74
Gambar 4. 13 Grafik Durasi Komputasi Identifikasi Objek Mangkok dengan perbedaan Intensitas Cahaya	74
Gambar 4. 14 Grafik Durasi Komputasi Identifikasi Objek Cangkir dengan perbedaan Intensitas Cahaya	75
Gambar 4. 15 Grafik Slip pada Pencekaman Objek Botol dengan Nilai Massa Berbeda	76
Gambar 4. 16 Ilustrasi Varian Bentuk Objek Botol Tampak Samping dan Tampak Bawah	76
Gambar 4. 17 Grafik Slip pada Pencekaman Objek Mangkok dengan Nilai Massa Berbeda	77
Gambar 4. 18 Ilustrasi Varian Bentuk Objek Mangkok Tampak Samping dan Tampak Bawah	77
Gambar 4. 20 Grafik Slip pada Pencekaman Objek Cangkir dengan Nilai Massa Berbeda .	78
Gambar 4. 19 Ilustrasi Varian Bentuk Objek Cangkir Tampak Samping dan Tampak Bawah	78
Gambar 4. 21 Grafik Nilai <i>Error</i> pada <i>Placing</i> Objek Botol Silinder Singset	81
Gambar 4. 22 Grafik Nilai <i>Error</i> pada <i>Placing</i> Objek Mangkok.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tuntutan Kerja Sistem.....	16
Tabel 3. 2 Perbandingan aktuator manipulator DIY	19
Tabel 3. 3 Spesifikasi Motor Servo TD-8120MG.....	22
Tabel 3. 4 Spesifikasi Motor Servo RDS3235MG.....	24
Tabel 3. 5 Spesifikasi Motor Servo DSC45MG.....	26
Tabel 3. 6 Spesifikasi motor servo Emaxx ES08MDII	30
Tabel 3. 7 Perbandingan aktuator manipulator DIY	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 8 Visualisasi Rentang Buka-an Jari pada End Effector	47
Tabel 3. 9 Definisi Operasional Variabel	64
Tabel 4. 1 Tabel Perhitungan Referensi Area Kerja.....	79
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian <i>Placing</i> Objek Botol Silinder Singset	80
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian <i>Placing</i> Objek Mangkok Ø100mm.....	82
Tabel 7. 1 Spesifikasi PC.....	95
Tabel 7. 2 Spesifikasi mikrokontroler	95
Tabel 7. 3 Spesifikasi Manipulator 4DoF	95
Tabel 7. 4 Spesifikasi Kamera Web	96
Tabel 7. 5 Daftar komponen perangkat lunak pada PC	97

DAFTAR LAMPIRAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mengikuti kemajuan dalam pengembangan *robots, artificial intelligence and service automation* (RAISA) dan revolusi industri 4.0, perusahaan dari berbagai sektor ekonomi menggunakan RAISA untuk meningkatkan proses operasi, mengoptimalkan biaya, menciptakan pengalaman pelanggan dan memperluas kapasitas layanan [1]. Perusahaan perjalanan, pariwisata, dan perhotelan sudah mulai mengadopsi sistem RAISA dalam bentuk *chatbot*, robot pengiriman, *autonomous dishwasher*, restoran konveyor, kios informasi layanan mandiri dan banyak lainnya [1], [2]. Pandemi Covid-19 turut menstimulasi percepatan adopsi robotika di *travel, tourism and hospitality* (TTH) pada jaringan restoran, jaringan hotel, dan perusahaan penerbangan.

Berdasarkan data Gartner, terjadi peningkatan nilai proyek otomatisasi tahunan sebesar 57% di seluruh dunia dengan jumlah pengeluaran total \$2,4 miliar pada tahun 2022 [5]. Data tersebut mengacu pada perhatian terbesar masyarakat yang mengarah pada alternatif sistem otomasi yang dapat menjamin kebersihan dan pengurangan kontak sosial pada proses produksi hingga proses pengiriman ke pelanggan [5]. Beberapa pengusaha berusaha melakukan inovasi melalui pendekatan kepada pelanggan dengan mengembangkan sistem pengiriman produk ke pelanggan untuk menghasilkan pengalaman yang menarik berupa penggunaan robot penyaji [3]. Robot penyaji menawarkan solusi efisiensi biaya tenaga kerja, pengelolaan sumber daya manusia dan hasil pekerjaan yang konsisten dan tidak dibatasi oleh siklus jam kerja [3].

Berbeda dengan robot industri yang menangani objek dengan jenis yang seragam, robot penyaji ditugaskan untuk menangani berbagai macam objek perlengkapan hidangan makanan yang bervariasi. Tugas yang tampak sederhana bagi manusia seperti mengambil dan menempatkan objek dengan berbagai bentuk, ukuran, bahan, dan sifat permukaan, dapat menjadi tantangan bagi robot untuk melakukan penggengaman [4].

Gripper robot, dengan langsung bersentuhan dengan benda kerja, ditugaskan untuk berinteraksi dengan objek yang menggenggam dan berfungsi sebagai tangan robot untuk melakukan operasi *pick and place* [4]. Penggenggaman yang aman tidak hanya membutuhkan kontak dengan objek, tetapi juga mencegah kemungkinan terpeleset dan kerusakan saat objek diambil dan ditempatkan [4]. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengembangan pada sistem robot penyaji untuk memecahkan masalah menggenggam objek dengan varian kelas yang beragam dalam aplikasi praktis [6]. Kebutuhan akan menyesuaikan postur produk mengharuskan penyesuaian bentuk *gripper* secara khusus untuk setiap varian produk, dimana semakin banyak varian produk maka semakin banyak varian *gripper* yang perlu diganti untuk setiap produk yang berbeda [6], [7].

Mengacu pada pengembangan *gripper* di industri, *gripper* multi jari adalah struktur yang memungkinkan robot untuk mencengkeram berbagai macam produk karena strukturnya yang paling mendekati struktur tangan manusia [8], [9]. Kemudian, dibutuhkan sebuah algoritma yang mampu melakukan klasifikasi objek tertentu sehingga setiap varian objek dapat diberikan perlakuan penggenggaman objek beragam sesuai kelasnya. Pada dasarnya ada beberapa metode yang dapat diimplementasi agar sistem dapat mengetahui kelas objek, salah satunya adalah dengan menanamkan sistem jaringan syaraf tiruan *deep learning*. *Deep learning* dapat diimplementasikan untuk memecahkan masalah pengenalan gambar, pengenalan suara, *natural language processing* dan deteksi anomali. Pada pengenalan objek peralatan hidangan makanan, informasi yang dapat diproses adalah informasi visual objek.

Dari latar belakang di atas, diajukanlah penelitian yang berjudul “IMPLEMENTASI *DEEP LEARNING* PADA ROBOT MANIPULATOR MULTI JARI UNTUK *PICK AND PLACE* PERALATAN HIDANG MAKANAN”. Penelitian ini berfokus meneliti kemampuan robot prostetik tangan sebagai *gripper* multi jari untuk melakukan tugas menggenggam objek peralatan hidangan makanan pada pekerjaan *pick and place*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, didapatkan permasalahan yang menjadi dasar penelitian untuk diselesaikan dan dicari solusinya. Permasalahan dalam penelitian ini dapat didefinisikan dan diuraikan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana mengimplementasi algoritma *deep learning* untuk melakukan tugas *grasping* objek peralatan hidangan makanan?
- 2) Bagaimana algoritma *deep learning* dapat menjadi referensi sistem untuk melakukan tugas *grasping* objek peralatan hidangan makanan?
- 3) Bagaimana kinerja pengenggaman pencekam multi jari pada pekerjaan *pick and place* pada peralatan hidangan makanan?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Kendali bersifat *object oriented* dengan objek peralatan hidangan makanan yang diklasifikasikan dalam tiga kategori utama yaitu mangkok, botol, dan cangkir dengan material dasar plastik dengan sifat mekanis kaku dan sifat permukaan kasar.
2. Pergerakan lengan robot ditentukan dengan titik A dan titik B.
3. Posisi objek yang akan dieksekusi adalah posisi tertata.
4. Algoritma yang dibuat adalah pengenalan objek untuk menentukan *grasp planning*.
5. Perangkat mekanik terdiri dari satu unit Robot Manipulator 4 DoF dan satu unit Robot Tangan Prostetik 5 DoF (sebagai *common gripper*) dengan bukaan tangan maksimum sebesar 110mm yang digabungkan menjadi satu unit robot lengan tiruan multi jari tangan manusia sebelah kanan yang ditautkan sebuah kamera untuk menangkap citra objek.
6. Konstruksi manipulator yang dibangun memiliki kapasitas mengangkat objek peralatan hidangan makan dengan beban maksimum 500 gram dengan bentuk geometri dasar silindris dengan rentang diameter 10mm hingga 100mm, bola (*spherical*) dengan rentang diameter 40mm sampai dengan 100mm.

7. Pengendalian berfokus pada pengenalan objek dan pemecahan keputusan dalam menentukan posisi dan orientasi untuk menggenggam dan memindahkan objek sesuai dengan kelasnya.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

1. Mengimplementasikan metode *deep learning* untuk menirukan struktur otak manusia dalam memberikan perlakuan pada objek.
2. Menghasilkan *grasp planning* dan *pose estimating* pada robot manipulator multi jari sehingga dapat menghasilkan pekerjaan *pick and place* peralatan hidangan makanan secara otomatis dengan kinerja optimal.
3. Menghasilkan pilihan baru dalam sistem operasional pelayanan restoran.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, dimana tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1.5.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan peninjauan terhadap jurnal, karya tulis ilmiah, data statistika, artikel, buku dan sumber informasi keilmuan lainnya sebagai referensi sebagai acuan utama penelitian ini. Hal ini dilakukan dalam rangka mendapatkan informasi mengenai implementasi *deep learning* pada pengendalian robot manipulator.

1.5.2 Analisis dan Perancangan

Tahap ini dilakukan pengolahan data dari hasil studi literatur untuk dipilah permasalahan yang akan dibahas sehingga dapat diperhitungkan kebutuhan yang perlu dipenuhi sebagai solusi. Perancangan sistem akan menggunakan metode VDI 2206 sebagai metode untuk merancang sistem mekatronika.

1.5.3 Implementasi

Penggunaan algoritma *deep learning* untuk diimplementasikan ke dalam pengendalian robot lengan tiruan multi jari dalam mendeteksi, mengenali kemudian merencanakan tugas menggenggam dan memindahkan objek dari titik A menuju titik B.

1.5.4 Pengujian

Pengujian akan dilakukan untuk mengukur kesesuaian hasil pekerjaan dalam tugas menggenggam dan memindahkan objek berupa peralatan hidangan makanan. Apabila terjadi *error* maka nantinya akan dilakukan koreksi pada algoritma yang dibuat.

1.5.5 Dokumentasi dan Penyusunan Laporan

Pada tahap ini dilakukan dokumentasi dan penyusunan laporan setelah aplikasi diuji dan fungsinya sudah memenuhi harapan maka akan dibuat laporan hasil penelitian dalam bentuk skripsi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika laporan 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 PERANCANGAN SISTEM, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi hasil pengujian pada beberapa domain dan pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V KESIMPULAN, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan.