

**PENGENDALIAN AKURASI PERGERAKAN ROBOT  
PARALEL DELTA 4DOF MENGGUNAKAN *IMAGE*  
*PROCESSING* BERBASIS APLIKASI DESKTOP**

**Tugas Akhir**

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

Oleh

Fikri Iihab Al'aziz

219341007



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

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir yang berjudul:

**Pengendalian Akurasi Pergerakan Robot Paralel Delta 4DOF  
Menggunakan *Image Processing* Berbasis Aplikasi Desktop**

Oleh:

Fikri Ihab Al'aziz  
219341007

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

Bandung, 28 Agustus 2024

Disetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Sandy Bhawana Mulia, S.Pd., M.T.

Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr., M.T.

NIP 198611052019031009

NIP 199402272020121005

Disahkan,

Penguji I,

Penguji II,

Penguji III,



Dr. Ing. Yuliadi Erdani, M.Sc.

M. Harry Khomas Saputra, S.T.,

Suharvadi Pancono,

NIP 196807021997021001

M.Ti.

Dipl. Ing. HTL., M.T.

NIP 198803242022031002

NIP 196701171990031004

## PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fikri Iihab Al`aziz  
NIM : 219341007  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Pengendalian Akurasi Pergerakan Robot Paralel Delta 4DOF Menggunakan *Image Processing* Berbasis Aplikasi Desktop

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 : 28 – 08 – 2024  
Yang Menyatakan,

Fikri Iihab Al`aziz  
NIM 219341007

## PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Fikri Ihab Al`aziz  
NIM : 219341007  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Pengendalian Akurasi Pergerakan Robot Paralel Delta 4DOF Menggunakan *Image Processing* Berbasis Aplikasi Desktop

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 : 28 – 08 – 2024  
Yang Menyatakan,

Fikri Ihab Al`aziz  
NIM 219341007

## ABSTRAK

Robot Delta adalah salah satu jenis robot paralel yang banyak digunakan di industri karena bobotnya yang ringan, inersia rendah, konsumsi energi rendah, dan operasi kecepatan tinggi. Namun, dengan keterbatasan gerakannya, yang hanya memungkinkan gerakan terprogram, membuatnya tidak fleksibel untuk menangani objek dengan posisi tidak beraturan. Penelitian ini mengusulkan solusi untuk meningkatkan fleksibilitas dan akurasi pergerakan robot paralel Delta dalam pekerjaan *pick and place*. Dengan tujuan untuk menentukan dan memetakan objek (*position mapping*) dengan akurat pada koordinat posisi dan orientasi objek dalam area kerja robot Delta dan mengarahkan robot untuk bergerak ke posisi tersebut. Algoritma *You Only Look Once-Oriented Bounding Box* (YOLOv8-OBB) digunakan untuk pendeteksian benda kerja dan metode *waterfall* sebagai pengembangan sistem informasi yang sistematis dan berurutan. Dimana sistem ini memungkinkan robot Delta mengenali benda kerja secara akurat, terlepas dari posisi dan orientasinya. Ketika sistem mendeteksi benda kerja, sistem tersebut akan menangkap posisi serta orientasi benda kerja dan ditunjukkan dalam notasi koordinat sumbu ruang pada aplikasi desktop berbasis Python. Hasil pengujian *position mapping* menunjukkan bahwa sistem berhasil dalam 10 dari 10 percobaan, dengan robot bergerak ke lokasi aktual benda dengan akurat. Akurasi deteksi benda kerja adalah 96,2%, akurasi posisi objek adalah 98,88% pada sumbu x dan 97,35% pada sumbu y, serta akurasi orientasi objek adalah 99,06%. Sistem ini mencapai *precision* sebesar 100% dan *recall* sebesar 96,2%, yang meningkatkan kemampuan fleksibilitas robot Delta dalam aplikasi *pick and place*.

**Kata kunci:** Robot Paralel Delta 4DOF, Algoritma YOLOv8-OBB, Pengenalan Objek, Pemetaan Objek, Aplikasi Desktop.

## ABSTRACT

*Delta robots are one type of parallel robots widely used in industry due to their light weight, low inertia, low energy consumption, and high-speed operation. However, with its motion limitation, which only allows programmed motion, makes it inflexible to handle objects with irregular positions. This research proposes a solution to improve the flexibility and movement accuracy on the Delta robot in pick and place work. With the aim to accurately determine and map the object (position mapping) on the coordinates of the position and orientation of the object within the Delta robot's working area and direct the robot to move to that position. The YOLOv8-OBB (You Only Look Once-Oriented Bounding Box) algorithm is used for workpiece detection and the waterfall method as a systematic and sequential development of information systems. This system allows the Delta robot to accurately recognize workpieces, regardless of their position and orientation. When the system detects a workpiece, it captures the position and orientation of the workpiece and is represented in the space-axis coordinate notation on a Python-based desktop application. The test results that the system was successful in 10 out of 10 trials, with the robot moving to the actual location of the object accurately. The workpiece detection accuracy was 96.2%, the object position accuracy was 98.88% in the x-axis and 97.35% in the y-axis, and the object orientation accuracy was 99.06%. The system achieved a precision of 100% and a recall of 96.2%, which improved the flexibility capabilities of the Delta robot in pick and place applications.*

*Keywords: 4DOF Delta Parallel Robot, YOLOv8-OBB algorithm, Object Recognition, Position Mapping, Desktop Application.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Robot telah menjadi bagian penting dari otomasi industri, membantu meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya, dan meningkatkan kualitas produk [1]. Robot dapat melakukan berbagai tugas industri, termasuk pembangunan jalur perakitan, pembuatan palet, pengelasan [2], pemotongan, serta operasi pengambilan dan penempatan [3]. Operasi pengambilan dan penempatan atau operasi *pick and place* termasuk salah satu tugas berulang yang melibatkan pengambilan objek dari satu lokasi dan menempatkannya di lokasi lain. Operasi ini diterapkan di berbagai industri, termasuk manufaktur, logistik, dan pengemasan [3]-[6]. Operasi *pick and place* dapat dilakukan dengan berbagai jenis robot, salah satunya adalah robot delta [8].

Robot delta adalah jenis robot paralel yang paling banyak digunakan di industri. Robot paralel lainnya yang memiliki keunggulan berupa bobot ringan, inersia rendah, konsumsi energi rendah, dan operasi kecepatan tinggi adalah manipulator fleksibel [9], [10], [11]. Hal ini membuat robot delta yang termasuk ke dalam jenis paralel cocok untuk pekerjaan *pick and place*, yang membutuhkan akurasi dan kecepatan tinggi dibandingkan dengan struktur serial [11], [12]. Proses pergerakan robot konvensional, umumnya menggunakan pendekatan “*teach-in*” atau pemrograman *offline* untuk mengatur pergerakan robot. Namun, metode ini tidak cocok untuk kondisi kerja yang kompleks dalam produksi industri modern, sehingga tidak dapat menyesuaikan dengan kondisi objek dengan posisi yang berubah-ubah atau tidak beraturan. Hal ini yang menyebabkan robot konvensional atau khususnya robot delta menjadi kaku [13], [14], [15], [16], [17]. Dengan adanya teknologi *Computer Vision (CV)*, masalah tersebut dapat diselesaikan sehingga pengambilan keputusan tidak lagi memerlukan campur tangan manusia. CV yang termasuk ke dalam cabang ilmu komputer yang mempelajari cara komputer dapat melihat dan memahami dunia [18], memiliki berbagai jenis, diantaranya yaitu pengenalan objek. Pengenalan objek yaitu proses mengidentifikasi objek hanya dengan mengenali gambar digital dari objek itu sendiri [19]. Pengenalan objek atau

*object recognition* adalah salah satu teknologi berbasis *Artificial Intelligence* (AI) yang digunakan dalam *Intelligent Process Automation* (IPA), yaitu kombinasi dari *Robotic Process Automation* (RPA) dan AI yang memungkinkan komputer untuk mengotomatiskan proses operasi tanpa campur tangan manusia [20]. Teknologi IPA ini dapat membantu robot delta untuk mengenali objek dan bergerak lebih leluasa dalam kondisi posisi objek yang tidak beraturan.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang telah mengeksplorasi penerapan visi komputer pada robot paralel Delta. Pada tahun 2016, penelitian oleh Chih J. dkk. menggunakan metode deteksi tepi Canny dan deteksi tepi dengan komputer sebagai mikrokontroler untuk memilih dan menempatkan pekerjaan pada benda kerja yang bergerak, mencapai akurasi posisi 98,6% [21]. Pada tahun 2023, penelitian oleh Kawin Y. dkk. dan Parsa Y. dkk. keduanya menggunakan *You Only Look Once* (YOLO) v5 sebagai metode dengan komputer sebagai mikrokontroler untuk memilih dan menempatkan pekerjaan pada objek kelas 3 dan bidak catur, dengan akurasi pengenalan masing-masing 85% dan 90% [16], [22]. Pada tahun yang sama, Naji G. dkk. menggunakan metode yang lebih kompleks dengan kombinasi *Hue Saturation Value* (HSV), *gaussian filter*, dan algoritma Canny, menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler untuk pekerjaan *pick and place* pada bentuk 2 dimensi, dengan akurasi identifikasi mencapai 98% [23]. Xuechen dkk. mengadopsi model *Convolution Neural Network* (CNN)-AlexNet dengan komputer sebagai mikrokontroler untuk memilih dan menempatkan pekerjaan pada daun teh segar, mencapai akurasi pengenalan 99,8% [24]. Sementara itu, pada tahun 2024, penelitian oleh Shuo Z. dkk. menggunakan algoritma *YOLOv8-Oriented Bounding Box* (OBB). Shuo Z. dkk. menggunakan komputer sebagai mikrokontroler untuk memilih dan menempatkan pekerjaan pada tanaman tunas padi asal china, dengan akurasi pengenalan 90% [25].

Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan sistem pengendalian pergerakan robot Delta agar mampu menentukan koordinat yang tepat dari setiap objek dalam ruang kerja (*position mapping*) dan mengarahkan robot untuk bergerak ke posisi benda kerja berada, dalam operasi *pick and place*. Sistem ini juga memungkinkan robot delta untuk mengenali objek secara akurat, meskipun posisi dan orientasi objek

tersebut tidak beraturan. Setelah objek dikenali, robot delta akan memindahkannya ke lokasi yang diinginkan serta menyesuaikan orientasinya sesuai dengan kebutuhan. Penelitian ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dan memanfaatkan algoritma YOLOv8-OBB untuk membantu robot delta dalam mengenali objek melalui aplikasi desktop.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini sebagai berikut.

1. Bagaimana sistem pengendalian pergerakan robot Delta pada pengenalan objek dalam operasi *pick and place* untuk benda posisi tidak beraturan?
2. Bagaimana tingkat akurasi pengenalan objek menggunakan metode *image processing* pada sistem pengendalian pergerakan robot Delta untuk benda posisi tidak beraturan?
3. Bagaimana tingkat akurasi pembacaan posisi dan orientasi objek menggunakan metode *image processing* pada sistem pengendalian pergerakan robot Delta untuk benda posisi tidak beraturan?

## **I.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi dan agar dapat dibahas lebih spesifik, maka tugas akhir ini dibatasi pada hal-hal berikut.

1. Robot paralel Delta yang digunakan yaitu robot paralel Delta 4 *Degree of Freedom* (DOF), dengan Arduino Mega 2560 sebagai kendali.
2. Benda yang digunakan sebagai objek pembacaan sudah ditentukan berupa *Printed Circuit Board* (PCB) kotak dengan ukuran panjang 50 mm dan lebar 50 mm.
3. Alas yang menjadi area benda kerja sebesar panjang 295 mm dan lebar 200 mm, dengan warna yang kontras dengan warna benda kerja.
4. Objek diidentifikasi menggunakan kamera Logitech C270 dengan resolusi 720p / 30 fps.
5. Kamera ditempatkan pada bagian *end effector* robot Delta dengan intensitas cahaya ruang tetap sebesar 100 – 200 lux.
6. Metode pengenalan objek benda menggunakan algoritma YOLOv8-OBB.

7. Sistem hanya dapat mengenali benda kerja yang sudah ditentukan dan mendeteksi posisinya dalam dua dimensi serta orientasinya dengan posisi benda kerja bersifat statis.
8. Penelitian berfokus pada sistem pemetaan objek atau *position mapping* di area kerja dan tidak membahas lebih lanjut tentang sub-mekanik.

#### **I.4 Tujuan dan Manfaat**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diberikan, berikut adalah tujuan tugas akhir yang dapat dirumuskan:

1. Mengembangkan sistem pengendalian pergerakan robot Delta yang efektif dan efisien dengan menerapkan metode pengolahan citra dan algoritma YOLOv8-OBB, untuk *position mapping* benda kerja dengan posisi benda tidak beraturan.
2. Membuat algoritma perhitungan dan menguji tingkat akurasi pengenalan objek menggunakan metode *image processing* pada sistem pengendalian pergerakan robot Delta untuk benda posisi tidak beraturan.
3. Membuat algoritma perhitungan dan menguji tingkat akurasi pembacaan posisi objek menggunakan metode *image processing* pada sistem pengendalian pergerakan robot Delta untuk benda posisi tidak beraturan.

Adapun manfaat tugas akhir ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses produksi yang melibatkan penggunaan robot Delta. Tugas akhir ini diharapkan dapat menghasilkan sistem pengendalian pergerakan pada robot Delta yang lebih efektif dan efisien dalam mengenali objek dengan posisi tidak beraturan, serta melakukan pemetaan posisi atau *position mapping* benda kerja di area kerja. Tugas akhir ini juga diharapkan dapat menambah pengetahuan dan pemahaman tentang teknologi robotika, khususnya pada bidang pengenalan objek operasi *pick and place* untuk benda posisi tidak beraturan. Hal ini dapat bermanfaat bagi para peneliti dan akademisi di bidang robotika.

#### **I.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika 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, menjelaskan istilah dan ilmu terkait, serta meninjau hasil penelitian terdahulu dengan topik atau kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir, meliputi gambaran umum sistem, perancangan sistem, dan perencanaan pengujian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi pemaparan hasil pengujian yang dilakukan pada beberapa domain dan sistem, dengan memperhatikan tuntutan yang harus dicapai.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

