

**PELACAKAN OBJEK MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING* PADA ROBOT
HUMANOID R-SCUAD BERBASIS *ROBOT OPERATING SYSTEM***

SKRIPSI

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana**



Disusun Oleh:

HAM DANDIH
2000018350

**PROGRAM STUDI S1 INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN**

2024

**PELACAKAN OBJEK MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING* PADA ROBOT
HUMANOID R-SCUAD BERBASIS *ROBOT OPERATING SYSTEM***

SKRIPSI



Disusun Oleh:

HAM DANDIH
2000018350

**PROGRAM STUDI S1 INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**PELACAKAN OBJEK MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING* PADA ROBOT
HUMANOID R-SCUAD BERBASIS *ROBOT OPERATING SYSTEM***

Dipersiapkan dan disusun oleh:

HAM DANDIH

2000018350

**Program Studi S1 Informatika
Fakultas Teknologi Industri Universitas
Ahmad Dahlan**

Telah disetujui oleh:

Pembimbing



Adhi Prahara, S.Si., M.Cs.

NIPM. 19881124 201508 111 1212828

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PELACAKAN OBJEK MENGGUNAKAN DEEP LEARNING PADA ROBOT HUMANOID R-SCUAD BERBASIS ROBOT OPERATING SYSTEM

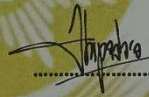
Dipersiapkan dan disusun oleh:

HAM DANDIH
2000018350

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada 28 Maret 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

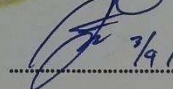
Ketua : Adhi Prahara, S.Si., M.Cs.

 2/4/2024

Penguji 1 : Dr. Murinto, S.Si., M.Kom.

 3/4/24

Penguji 2 : Faisal Fajri Rahani S.Si., M.Cs.

 3/4/24

Yogyakarta, 18 April 2024

Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Ahmad Dahlan



Prof. Dr. Ir. Siti Jamilatun, M.T.

NPM. 19660812 199601 011 0784324

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : HAM DANDIH

NIM : 2000018350

Email : ham2000018350@webmail.uad.ac.id

Program Studi : S1 Informatika

Fakultas : Teknologi Industri

Judul Tesis : Pelacakan Objek Menggunakan *Deep Learning* pada Robot *Humanoid R-SCUAD* Berbasis *Robot Operating System*

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Ahmad Dahlan maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Ahmad Dahlan.

Yogyakarta, 28 Maret 2024
Yang Menyatakan



HAM DANDIH

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : HAM DANDIH
NIM : 1908048022
Email : ham2000018350@webmail.uad.ac.id
Program Studi : S1 Informatika
Fakultas : Teknologi Industri
Judul Tesis : Pelacakan Objek Menggunakan Deep Learning pada Robot
Humanoid R-SCUAD Berbasis Robot Operating System

Dengan ini Saya menyerahkan hak sepenuhnya kepada Perpustakaan Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tesis elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak): Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repository Perpustakaan Universitas Ahmad Dahlan.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 28 Maret 2024

Yang Menyatakan



HAM DANDIH

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Skripsi



Adhi Prahara, S.Si., M.Cs.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : HAM DANDIH

NIM : 2000018350

Prodi : Informatika

Judul Skripsi : Pelacakan Objek Menggunakan Deep Learning pada Robot Humanoid R-SCUAD Berbasis Robot Operating System

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya/Kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 28 Maret 2024

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Adhi Prahara, S.Si., M.Cs.

NIPM. 19881124 201508 111 1212828

Yang Menyatakan



HAM DANDIH

2000018350

MOTTO dan PERSEMBAHAN

“ Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan “

Al-Qur'an Surat Al-Insyirah Ayat 5-6

“ I think one thing i do pretty well is not taking myself too seriously”

- Linus Torvalds –

“ Keep humble and never give up “

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Orang Tua
2. Para pembaca Semua

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan Dengan mengucapkan Alhamdulillahirobbil'alamin, penulis memanjatkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Pelacakan Objek Menggunakan *Deep Learning* Pada Robot *Humanoid R-SCUAD* Berbasis *Robot Operating System***". Laporan ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan menyelesaikan Studi Program studi Informatika Universitas Ahmad Dahlan.

Selama penulisan ini penulis menyadari bahwa banyak pihak telah memberikan bantuannya, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tulus kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sealma pengerjaan skripsi.
2. Kedua orang tua saya bapak (Efri Susanto) dan mamak (Waryati) yang telah senantiasa memotivasi,menasehati,menyemangati, mendukung secara materil dan menginspirasi setiap saat.
3. Adik saya Aditya Kusuma Wardana yang memberi semangat dan perhatiannya selama ini.
4. Bapak Prof. Dr. Muchlas, M.T. selaku Rektor Universitas Ahmad Dahlan.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Jamilatun, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan.
6. Bapak Dr. Murinto, S.Si., M.Kom. selaku kepala program studi informatika.
7. Bapak Dinan Yulianto, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing akademik saya yang telah memberikan pengarahan selama berkuliah di Universitas Ahmad Dahlan.
8. Bapak Adhi Prahara, S.Si., M.Cs. selaku dosen pembimbing skripsi dan pembimbing kerja praktik yang telah memberikan pengarahan dalam pengerjaan skripsi saya.
9. Bapak Nuryono Satya Widodo, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tim robot R-SCUAD yang telah memperbolehkan saya belajar di lab robotika dan memberikan ilmunya sehingga saya dapat belajar di tim R-SCUAD, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
10. Segenap dosen Informatika Universitas Ahmad Dahlan, yang telah membagikan ilmunya selama perkuliahan sehingga saya dapat mengerjakan skripsi ini.
11. Alumni dan teman-teman tim R-SCUAD yang selalu memberikan inovasi,motivasi dan saran.
12. Partner alumni Robocup 2023 Korea Selatan Ahmad Rudiansyah dan Abdullah Fadli Yusuf yang telah berjuang bersama dari awal jatuh bangun kita lalui sehingga bisa di titik itu.
13. Teman-teman seperjuangan informatika Angkatan 2020 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
14. Teman-teman tim robot RDC (Robotic Development Community) yang memberikan dukungan.
15. Serta pihak-pihak yang belum di sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun selalu penulis harapkan, demi penyusunan laporan yang lebih baik lagi kedepannya. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk penulis sendiri, dan para pembaca.

Yogyakarta, 15 Januari 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hamdandih', with a stylized flourish extending from the end of the name.

HAM DANDIH

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT..... | iii |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES..... | iv |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN | v |
| MOTTO dan PERSEMBAHAN | vii |
| KATA PENGANTAR..... | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR KODE PROGRAM | xiii |
| DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI LAMBANG | xiv |
| ABSTRAK..... | xv |
| ABSTRACT..... | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2. Batasan Masalah Penelitian..... | 2 |
| 1.3. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.4. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II Tinjauan Pustaka | 4 |
| 2.1. Kajian Penelitian Terdahulu..... | 4 |
| 2.2. Landasan Teori..... | 8 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 31 |
| 3.1. Metode Pengumpulan Data | 31 |
| 3.2. Hardware dan software | 37 |
| 3.3. Tahapan Penelitian | 39 |
| 3.4. Pengujian Sistem..... | 50 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 52 |
| 4.1. Hasil Training Peforma YOLO..... | 53 |
| 4.2. Hasil Deteksi..... | 57 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 72 |
| 5.1. Kesimpulan | 72 |
| 5.2. Saran | 73 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 74 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Arsitektur of Object Detection [5]..... | 4 |
| Gambar 2.2 Hasil pendeteksian menggunakan YOLO[5]..... | 5 |
| Gambar 2.3 Hasil deteksi robot dan gawang secara bersamaan YOLOV4-Tiny[7] | 6 |
| Gambar 2.4 Ukuran diameter Bola setiap size | 9 |
| Gambar 2.5 Lapangan KRSBI Humanoid | 10 |
| Gambar 2.6 Contoh Rancangan Robot | 12 |
| Gambar 2.7 Diagram Framework DARwin-OP[13]..... | 14 |
| Gambar 2.8 Komunikasi Robot Operating System (ROS)[15]..... | 15 |
| Gambar 2.9 Ruang Warna HSV[26] | 17 |
| Gambar 2.10 Arsitektur Convolutional Neural Network[2] | 20 |
| Gambar 2.11 Arsitektur semantic segmentation[27] | 21 |
| Gambar 2.12 Hasil penerapan Instance [21]..... | 22 |
| Gambar 2.13 Arsitektur YOLOv8[28] | 23 |
| Gambar 2.14 Bentuk Fisik NVIDIA Jetson Orin NX[23] | 26 |
| Gambar 2.15 Tipe OpenCM9.04[24] | 28 |
| Gambar 2.16 Bentuk Fisik Dynamixel series MX..... | 29 |
| Gambar 2.17 Baterai Lithium Polymer 3300 mAh | 30 |
| Gambar 2.18 Bentuk fisik WebCam c920[25]..... | 30 |
| Gambar 3.1 Ambil Dataset | 33 |
| Gambar 3.2 Data Bola | 34 |
| Gambar 3.3 Data Bola dan Gawang | 34 |
| Gambar 3.4 Data Gawang | 35 |
| Gambar 3.5 Data Bola Robot | 35 |
| Gambar 3.6 Data Gawang Robot | 36 |
| Gambar 3.7 Data Bola Gawang dan Robot..... | 36 |
| Gambar 3.8 Data Robot | 37 |
| Gambar 3.9 Frame Robot..... | 40 |
| Gambar 3.10 Penomoran ID servo..... | 41 |
| Gambar 3.11 Diagram Alir Sistem Hardware Robot..... | 43 |
| Gambar 3.12 Flowchart Alur YOLO | 45 |
| Gambar 3.13 Diagram Alir Implementasi YOLO to ROS..... | 46 |
| Gambar 3.14 Proses Labeling atau Kontruksi Data | 47 |
| Gambar 3.15 Proses Convert Data | 48 |
| Gambar 3.16 Arsitektur Darknet-53[20] | 49 |
| Gambar 3.17 Titik Pengujian | 51 |
| Gambar 4.1 Mapping pengambilan data Gambar | 52 |
| Gambar 4.2 Grafik hasil training | 56 |
| Gambar 4.3 Tampilan menjalankan roscore | 58 |
| Gambar 4.4 Output Subscribe data ROS | 64 |
| Gambar 4.5 Proses deteksi..... | 68 |
| Gambar 4.6 Hasil FPS saat pendeteksian setiap model..... | 70 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Kajian Peneliti Terdahulu..... | 7 |
| Tabel 2.2 Ukuran Lapangan KRSBI Humanoid 2023 Tingkat Nasional | 10 |
| Tabel 2.3 Spesifikasi Robot..... | 12 |
| Tabel 2.4 Perbandingan konfigurasi 5 model..... | 24 |
| Tabel 2.5 Jetson Orin Nx Spesifikasi | 26 |
| Tabel 2.6 Spesifikasi OpenCM 9.04 | 27 |
| Tabel 3.1 Data Citra | 33 |
| Tabel 3.2 Dimensi Robot..... | 39 |
| Tabel 3.3 Dimensi Robot..... | 40 |
| Tabel 3.4 Penomoran ID Servo | 41 |
| Tabel 4.1 Hasil train loss | 53 |
| Tabel 4.2 Hasil val loss | 54 |
| Tabel 4.3 Hasil mAP | 55 |
| Tabel 4.4 Hasil FPS..... | 69 |

DAFTAR KODE PROGRAM

| | |
|---|----|
| Kode Program 3.1 Ambil Gambar | 32 |
| Kode Program 4.1 Menampilkan kamera dan pendeteksian..... | 61 |
| Kode Program 4.2 API Komunikasi ROS..... | 63 |
| Kode Program 4.3 Robot atau <i>Subscribe ROS</i> | 67 |

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI LAMBANG

| | |
|---------|--|
| FTI | : Fakultas Teknologi Industri |
| UAD | : Universitas Ahmad Dahlan |
| KRI | : Kontes Robot Indonesia |
| ROS | : Robot Operating System |
| R-SCUAD | : Robo Soccer Universitas Ahmad Dahlan |
| KRSBI-H | : Kontes Robot SepakBola Indonesia <i>Humanoid</i> |
| HSV | : Hue Saturation Value |
| YOLO | : You Only Look Once |
| GPU | : Graphics Processing Unit |
| AI | : Artificial Intelligence |
| mAP | : <i>mean Average Precision</i> |
| ReLU | : Rectified Linear Unit |

Pelacakan Objek Menggunakan *Deep Learning* pada Robot *Humanoid* R-SCUAD Berbasis *Robot Operating System*

HAM DANDIH (2000018350)

Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas

ABSTRAK

Dalam pengembangan robot *humanoid* untuk bermain sepakbola, pelacakan bola dan posisi gawang merupakan tantangan utama. Saat ini, robot R-SCUAD menggunakan pendekatan berbasis warna HSV (*Hue Saturation* dan *Value*) untuk melacak bola, yang rentan terhadap perubahan warna, terutama ketika bola berubah menjadi warna putih. Selain itu, pencahayaan yang berbeda-beda di lokasi pertandingan juga menyebabkan kesulitan dalam menemukan nilai warna yang konsisten. Untuk pelacakan posisi gawang, robot R-SCUAD mengandalkan gyro compassing, namun sering mengalami masalah ketika nilai gyro compassing berubah secara drastis setelah jatuh dan bangkit Kembali, menyebabkan kesulitan dalam mencetak goal. Dalam permainan robot sepakbola *humanoid* juga terdapat berbagai macam penerapan strategi yang sering digunakan dalam pertandingan salah satunya adalah melakukan pendeteksian robot satu tim maupun lawan. Pendeteksian robot juga dapat berguna untuk menghindari adanya tabrakan sesama robot tim dan untuk melakukan pengaturan posisi dari robot *keeper* ataupun robot *stiker*.

Dalam mengatasi kendala tersebut, penggunaan *Deep Learning* dengan model YOLO (You Only Look Once) telah diadopsi menggunakan YOLO versi 8. Metode ini melibatkan proses labeling data, training model menggunakan GPU NVIDIA A100, dan deteksi objek secara *realtime* dengan terimplementasikan pada platform ROS (Robot Operating System) dan Jetson Orin NX sehingga dapat langsung digunakan. Penerapan YOLOv8-seg menghasilkan model dengan stabilitas yang baik dalam deteksi objek, terutama dalam hal akurasi deteksi. Selain itu, metode ini memungkinkan pelacakan objek secara efisien, dengan fokus pada bola, gawang, dan robot.

Setelah YOLO terimplementasikan pada Jetson Orin NX dan ROS hasil pengujian menunjukkan bahwa model YOLOv8 untuk segmentasi semantik menunjukkan stabilitas yang sangat baik dalam deteksi objek. Model YOLOv8x-seg memiliki nilai FPS yang relatif rendah, berkisar antara 4.5 hingga 5.5, namun memiliki nilai mAP50 yang sangat tinggi, mencapai 0.99464. Selain itu, nilai Map50-90 sebesar 0.92578 dan nilai Average Loss yang rendah, hanya sebesar 0.19713. Hal ini menunjukkan bahwa model ini mampu menghasilkan hasil deteksi yang sangat akurat bahkan dengan data yang sangat terbatas. Sementara itu, model pretrain N memberikan nilai FPS yang tinggi, berkisar antara 20.0 hingga 23.0. Namun, nilai mAP50 nya sedikit lebih rendah, sekitar 0.99454. Meskipun demikian, model ini memiliki nilai mAP50-90 yang tetap tinggi, yaitu sebesar 0.98646, dan nilai Average Loss sebesar 0.20691. Hal ini menunjukkan bahwa model pre-trained ini membutuhkan sedikit lebih banyak data untuk mencapai tingkat akurasi yang setara dengan model YOLOv8x-seg.

Kata kunci : Deep Learning, ROS, YOLOv8-seg, mAP, FPS, Jetson Orin NX.

Object Tracking Using Deep Learning on the R-SCUAD Humanoid Robot Based on Robot Operating System

HAM DANDIH (2000018350)

Study Informatics Faculty of Industrial Technology Ahmad Dahlan University

ABSTRACT

In the development of humanoid robots for playing football, ball tracking and goal position are the main challenges. Currently, the R-SCUAD robot uses an HSV (Hue Saturation and Value) color-based approach to track the ball, which is prone to color changes, especially when the ball turns white. In addition, varying lighting at match locations also causes difficulties in finding consistent color values. To track the goal position, the R-SCUAD robot relies on gyro compassing, but often experiences problems when the gyro compassing value changes drastically after falling and getting back up, causing difficulty in scoring goals. In the humanoid soccer robot game, there are also various strategies that are often used in matches, one of which is detecting robots from one team or the opponent. Robot detection can also be useful for avoiding collisions between team robots and for adjusting the position of the keeper robot or sticker robot.

In overcoming these obstacles, the use of Deep Learning with the YOLO (You Only Look Once) model has been adopted using YOLO version 8. This method involves a data labeling process, model training using an NVIDIA A100 GPU, and real-time object detection implemented on the ROS (Robot) platform. Operating System) and Jetson Orin NX so that it can be used immediately. The implementation of YOLOv8-seg produces a model with good stability in object detection, especially in terms of detection accuracy. In addition, this method allows efficient tracking of objects, focusing on the ball, goal, and robot.

After YOLO was implemented on Jetson Orin NX and ROS, the test results showed that the YOLOv8 model for semantic segmentation showed very good stability in object detection. The YOLOv8x-seg model has a relatively low FPS value, ranging from 4.5 to 5.5, but has a very high mAP50 value, reaching 0.99464. Apart from that, the Map50-90 value is 0.92578 and the Average Loss value is low, only 0.19713. This shows that this model is able to produce very accurate detection results even with very limited data. Meanwhile, the pretrain N model provides high FPS values, ranging from 20.0 to 23.0. However, the mAP50 value is slightly lower, around 0.99454. However, this model has a high mAP50-90 value, namely 0.98646, and an Average Loss value of 0.20691. This shows that this pre-trained model requires slightly more data to achieve a level of accuracy equivalent to the YOLOv8x-seg model.

Kata kunci : Deep Learning, ROS, YOLOv8-seg, mAP, FPS, Jetson Orin NX.