



**PENGEMBANGAN SISTEM *INSPECTION-BOX* BERBASIS  
YOLOV8 UNTUK DETEKSI DINI PADA MAKROSTRUKTUR  
PRODUK PENGELASAN WAAM**

**SKRIPSI**

**MUHAMMAD RAFFY AKBARSYAH**

**2010311046**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**2025**



**PENGEMBANGAN SISTEM *INSPECTION-BOX* BERBASIS  
YOLOV8 UNTUK DETEKSI DINI PADA MAKROSTRUKTUR  
PRODUK PENGELASAN WAAM**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik**

**MUHAMMAD RAFFY AKBARSYAH**

**2010311046**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

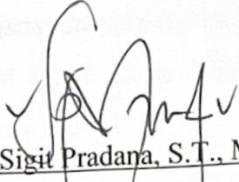
**2025**


## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

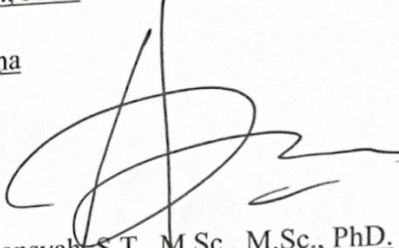
Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Raffy Akbarsyah  
NIM : 2010311046  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengembangan Sistem *Inspection-Box* Berbasis YOLOv8 untuk Deteksi Dini pada Makrostruktur Produk Pengelasan WAAM.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

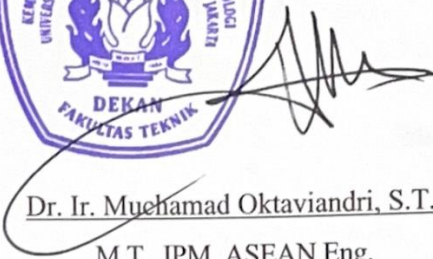
  
Sigit Pradana, S.T., M.T.  
Penguji Utama

  
M. Arhudin Lukmana, S.T., M.T.

  
Armansyah S.T., M.Sc., M.Sc., PhD.

  
Penguji Lembaga

Penguji III (Pembimbing)

  
Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,  
M.T., IPM, ASEAN Eng.

Ir. Fahrudin, S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

Plt. Dekan Fakultas Teknik

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 15 Januari 2025


## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Raffy Akbarsyah  
NIM : 2010311046  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengembangan Sistem *Inspection-Box* Berbasis YOLOv8 untuk Deteksi Dini pada Makrostruktur Produk Pengelasan WAAM.

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui



Armansyah, S.T., M.Sc., M.Sc., Ph.D.

Pembimbing I



Ir. Fahrudin, ST., MT.

Pembimbing II

Mengetahui,



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Raffy Akbarsyah

NIM : 2010311046

Prodi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini maka saya bersedia dituntut dan diproses dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 23 Januari 2025

Yang Menyatakan,



Muhammad Raffy Akbarsyah

## **LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang akan bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Raffy Akbarsyah

NIM : 2010311046

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas skripsi saya yang berjudul:

### **"PENGEMBANGAN SISTEM *INSPECTION-BOX* BERBASIS YOLOV8 UNTUK DETEKSI DINI PADA MAKROSTRUKTUR PRODUK PENGELASAN WAAM"**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 23 Januari 2025



Yang Menyatakan,  
Muhammad Raffy Akbarsyah

**PENGEMBANGAN SISTEM *INSPECTION-BOX*  
BERBASIS YOLOV8 UNTUK DETEKSI DINI PADA  
MAKROSTRUKTUR PRODUK PENGELASAN WAAM**

**Muhammad Raffy Akbarsyah**

**ABSTRAK**

*Wire Arc Additive Manufacturing* (WAAM) adalah teknologi manufaktur aditif yang membentuk komponen logam secara lapis demi lapis namun rentan terhadap cacat seperti *porosity*, *crack*, dan *spatter*. Inspeksi visual tradisional umumnya dilakukan secara manual, yang memiliki kelemahan seperti ketidakkonsistenan dan kurangnya objektivitas akibat *human error*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatis yang dapat mendeteksi cacat pada permukaan WAAM. Sistem ini dirancang menggunakan pencahayaan LED strip yang konsisten, antarmuka pengguna berbasis *Flask Graphical User Interface* (GUI), serta algoritma YOLOv8 yang dilatih menggunakan 5.187 gambar sebanyak 150 *epochs*, dengan *optimizer* AdamW dan *learning rate* sebesar 0,0001. Model YOLOv8 yang dikembangkan berhasil mencapai nilai *mean Average Precision* (mAP) 50-95 sebesar 77% dan *F1-Score* sebesar 88%. Eksperimen dilakukan menggunakan spesimen WAAM dengan dan tanpa *inspection-box*, menghasilkan peningkatan *F1-Score* sebesar 20% dan mAP 50-95 sebesar 8% saat menggunakan *inspection-box*. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *inspection-box* secara signifikan mempengaruhi kinerja deteksi model.

**Kata Kunci:** YOLOv8, *Inspection-Box*, *Wire Arc Additive Manufacturing* (WAAM), cacat makrostruktur, *porosity*, *crack*, *spatter*.

***DEVELOPMENT OF A YOLOV8-BASED INSPECTION-  
BOX SYSTEM FOR EARLY DETECTION OF  
MACROSTRUCTURE IN WAAM WELDING PRODUCTS***

**Muhammad Raffy Akbarsyah**

***ABSTRACT***

*Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) is an additive manufacturing technology that forms metal components layer by layer but is prone to defects such as porosity, cracks, and spatters. Visual inspection of WAAM is typically conducted manually, which has drawbacks such as inconsistency and lack of objectivity due to human error. This study aims to develop an automated system to detect surface defects in WAAM. The system is designed with consistent LED strip lighting, a Flask-based graphical user interface (GUI), and a YOLOv8 algorithm trained on 5,187 images over 150 epochs using the AdamW optimizer and a learning rate of 0,0001. The developed YOLOv8 model achieved a mean Average Precision (mAP) of 50-95 of 77% and an F1-Score of 88%. Experiments were conducted on WAAM specimens with and without an inspection box, resulting in a 20% improvement in F1-Score and a 8% increase in mAP 50-95 when using the inspection box. These results demonstrate that the inspection box significantly enhances the model's detection performance.*

***Keywords:*** *YOLOv8, Inspection-Box, Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM), macrostructural defects, porosity, cracks, spatter.*



## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis telah menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Adapun penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin.

Dalam penyelesaiannya, penulis menyadari bahwa skripsi ini pun tak lepas dari bantuan berupa materi, informasi, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, di kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Bapak Armansyah, S.T., M.Sc., M.Sc., PhD. selaku dosen pembimbing I dalam penulisan skripsi.
3. Bapak Ir. Fahrudin, ST., MT. selaku dosen pembimbing II dan dosen pembimbing akademik yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan skripsi ini.
4. Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2020 atas dukungan dan doa yang diberikan untuk kelancaran penyelesaian skripsi ini.
5. Adisty Fachrani Santoso, yang telah menemani penulis pada hari-hari yang tidak mudah selama proses penyusunan skripsi.

Dengan penuh kesadaran, penulis juga menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi perbaikan lebih lanjut. Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak di masa mendatang.

Jakarta, Januari 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Penelitian Terdahulu .....	6
2.2 Pengelasan WAAM ( <i>Wire Arc Additive Manufacturing</i> ) .....	7
2.3 Cacat Makrostruktur dalam Produk Pengelasan .....	9
2.4 Deteksi Cacat Makrostruktur Otomatis .....	11
2.5 <i>Computer Vision &amp; Machine Learning</i> .....	12
2.6 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> .....	13
2.7 YOLOv8 .....	14
2.8 Metrik Evaluasi .....	15
2.9 <i>Kaggle Notebook</i> .....	18
2.10 <i>Flask</i> .....	19
2.11 <i>Sistem Inspection-Box</i> .....	19
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	21
3.1 Diagram Alir .....	21
3.2 Studi Literatur .....	22

3.3	Pengumpulan <i>Dataset</i> .....	22
3.4	Pengembangan Model .....	22
3.5	Pengembangan GUI dengan <i>Flask</i> .....	22
3.6	Desain <i>Inspection-Box</i> .....	23
3.7	Proses Manufaktur <i>Inspection-Box</i> .....	24
3.7.1	Spesifikasi Komponen .....	24
3.7.2	Persiapan Alat Kerja .....	25
3.7.3	Proses Perakitan <i>Box</i> .....	27
3.7.4	Proses Pencetakan <i>Mounting</i> dan <i>Wiring Case</i> .....	30
3.7.5	Proses Perakitan <i>Inspection-Box</i> .....	31
3.8	Biaya Produksi.....	33
3.8.1	Biaya Material.....	33
3.8.2	Biaya Pemesinan .....	34
3.9	Pengoperasian <i>Inspection-Box</i> .....	34
3.10	Evaluasi .....	35
3.11	Kesimpulan.....	35
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>36</b>
4.1	Hasil.....	36
4.1.1	<i>Image Pre-processing</i> .....	36
4.1.2	Konfigurasi Parameter Pelatihan Model .....	37
4.1.3	Hasil Pelatihan Model.....	38
4.1.4	Evaluasi <i>Inspection-Box</i> .....	40
4.1.5	Eksperimen Pertama .....	41
4.1.6	Eksperimen Kedua .....	43
4.2	Pembahasan .....	44
4.2.1	Evaluasi Kinerja Model Berdasarkan Metrik .....	44
4.2.2	Perbandingan Variasi Model.....	45
4.2.3	Evaluasi Hasil Eksperimen Spesimen WAAM.....	45
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>47</b>
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)</i> .....	8
<b>Gambar 2.2</b>	<i>Crack</i> atau Retak pada Hasil Las.....	10
<b>Gambar 2.3</b>	<i>Spatter</i> atau Percikan pada Hasil Las .....	10
<b>Gambar 2.4</b>	<i>Porosity</i> atau Porositas pada Hasil Las.....	11
<b>Gambar 2.5</b>	Struktur Umum dari CNN .....	14
<b>Gambar 2.6</b>	Arsitektur YOLOv8 .....	15
<b>Gambar 2.7</b>	<i>Intersection of Union (IoU)</i> .....	18
<b>Gambar 2.8</b>	Lampu LED Strip .....	19
<b>Gambar 2.9</b>	Universal USB Webcam .....	20
<b>Gambar 2.10</b>	Baterai AA 1.2V .....	20
<b>Gambar 2.11</b>	4xAA Switch Battery Case .....	20
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir .....	21
<b>Gambar 3.2</b>	<i>Graphical User Interface (GUI)</i> untuk deteksi <i>real-time</i> ...	23
<b>Gambar 3.3</b>	Desain 3D <i>Inspection-Box</i> .....	24
<b>Gambar 3.4</b>	Pemotongan Kayu Pinus Merah menjadi 24 buah.....	27
<b>Gambar 3.5</b>	Penyambungan Potongan Kayu Menggunakan Lem Kayu	28
<b>Gambar 3.6</b>	Penghalusan Permukaan Kayu .....	28
<b>Gambar 3.7</b>	Penyambungan Kayu Menjadi <i>Box</i> .....	29
<b>Gambar 3.8</b>	Hasil <i>Box</i> Setelah Pengecatan.....	29
<b>Gambar 3.9</b>	Hasil 3D <i>Printing Camera Mounting &amp; Wiring Case</i> .....	31
<b>Gambar 3.10</b>	Pemasangan Camera Mounting & Wiring Case.....	32
<b>Gambar 3.11</b>	Pemasangan LED Strip dan Baterai pada <i>Box</i> .....	32
<b>Gambar 3.12</b>	Hasil Perakitan <i>Inspection-Box</i> .....	32
<b>Gambar 3.13</b>	Pengoperasian <i>Inspection-Box</i> menggunakan GUI .....	34
<b>Gambar 3.14</b>	Diagram Alir Sistem <i>Inspection-Box</i> .....	35
<b>Gambar 4.1</b>	Metode Augmentasi Gambar a) Gambar asli. (b-c) Multi-rotasi gambar. (d) Pembalikan gambar. (e) Variasi kecerahan gambar .....	36
<b>Gambar 4.2</b>	Proses Labeling Gambar di Roboflow .....	37
<b>Gambar 4.3</b>	Perbandingan YOLOv8s, YOLOv7-tiny, YOLOv5s, dan YOLOv5m.....	40

<b>Gambar 4.4</b>	Setelan Kamera di Aplikasi Logi Capture .....	40
<b>Gambar 4.5</b>	Dimensi Spesimen WAAM .....	41
<b>Gambar 4.6</b>	Visualisasi Prediksi Model Eksperimen Pertama .....	41
<b>Gambar 4.7</b>	Visualisasi Prediksi Model Eksperimen Kedua.....	43

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b>	Tabel Spesifikasi Komponen <i>Inspection-Box</i> .....	24
<b>Tabel 3.2</b>	Tabel Alat Kerja .....	26
<b>Tabel 3.3</b>	Tabel Waktu Kerja Perakitan <i>Box</i> .....	30
<b>Tabel 3.4</b>	Tabel Waktu Kerja Pencetakan <i>Camera Mounting</i> dan <i>Wiring Case</i> .....	31
<b>Tabel 3.5</b>	Tabel Waktu Kerja Perakitan <i>Inspection-Box</i> .....	33
<b>Tabel 3.6</b>	Tabel Biaya Material .....	33
<b>Tabel 3.7</b>	Tabel Biaya Pemesinan .....	34
<b>Tabel 4.1</b>	Konfigurasi Parameter Eksperimen.....	38
<b>Tabel 4.2</b>	Tabel Metrik <i>Recall</i> , <i>Precision</i> , <i>F1-Score</i> model YOLOv8 .....	38
<b>Tabel 4.3</b>	Tabel Metrik <i>Average Precision</i> (AP) dan <i>mean Average Precision</i> (mAP).....	39
<b>Tabel 4.4</b>	Tabel Metrik <i>Recall</i> , <i>Precision</i> , <i>F1-Score</i> Model pada Eksperimen Pertama .....	42
<b>Tabel 4.5</b>	Tabel Metrik <i>Average Precision</i> (AP) dan <i>mean Average Precision</i> (mAP) pada Eksperimen Pertama .....	42
<b>Tabel 4.6</b>	Tabel Metrik <i>Recall</i> , <i>Precision</i> , <i>F1-Score</i> Model pada Eksperimen Kedua.....	44
<b>Tabel 4.7</b>	Tabel Metrik <i>Average Precision</i> (AP) dan <i>mean Average Precision</i> (mAP) pada Eksperimen Pertama .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** *Output Validation Model YOLOv8s*
- Lampiran 2** *Hyperparameters Model YOLOv5m*
- Lampiran 3** *Output Validation Model YOLOv5m*
- Lampiran 4** *Hyperparameters Model YOLOv5s*
- Lampiran 5** *Output Validation Model YOLOv5s*
- Lampiran 6** *Hyperparameters Model YOLOv7-tiny*
- Lampiran 7** *Output Validation Model YOLOv7-tiny*
- Lampiran 8** *Output Testing Recall, Precision, F1-Score Eksperimen Pertama*
- Lampiran 9** *Output Testing Average Precision (AP), dan mean Average Precision (mAP) Eksperimen Pertama*
- Lampiran 10** *Output Testing Recall, Precision, F1-Score Eksperimen Kedua*
- Lampiran 11** *Output Testing Average Precision (AP), dan mean Average Precision (mAP) Eksperimen Kedua*
- Lampiran 12** Form Dosen Pembimbing Pertama
- Lampiran 13** Form Dosen Pembimbing Kedua