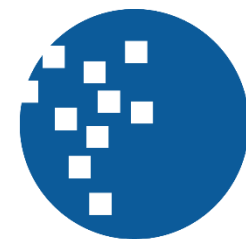


**PENDETEKSIAN ALAT PELINDUNG DIRI
DAN LOKASI PEKERJA MENGGUNAKAN
IMAGE PROCESSING UNTUK KESELAMATAN
DI AREA PABRIK**



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

SKRIPSI

Dwijaya Mahendra Parayana

00000051381

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2025

**PENDETEKSIAN ALAT PELINDUNG DIRI
DAN LOKASI PEKERJA MENGGUNAKAN
IMAGE PROCESSING UNTUK KESELAMATAN
DI LANTAI PABRIK**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Elektro

Dwijaya Mahendra Parayana

00000051381

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2025**

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Dwijaya Mahendra Parayana

Nomor Induk Mahasiswa : 00000051381

Program studi : Teknik Elektro

Skripsi dengan judul:

**PENDETEKSIAN ALAT PELINDUNG DIRI DAN LOKASI PEKERJA
MENGUNAKAN IMAGE PROCESSING UNTUK KESELAMATAN DI
AREA PABRIK**

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk Tugas Akhir yang telah saya tempuh.

Tangerang, 11 Juli 2025



Dwijaya Mahendra Parayana

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

PENDETEKSIAN ALAT PELINDUNG DIRI DAN LOKASI PEKERJA
MENGUNAKAN IMAGE PROCESSING UNTUK KESELAMATAN DI
AREA PABRIK

Oleh

Nama : Dwijaya Mahendra Parayana
NIM : 00000051381
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Selasa, 15 Juli 2025
Pukul 13.00 s.d 15.00 dan dinyatakan
LULUS
Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang



Marojahan Tampubolon, S.T., M.Sc., Ph.D.
074883

Penguji



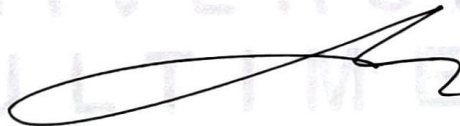
Dr. Rangga Winantyo, BCS., M.Sc, Ph.D
038470

Pembimbing



Megantara Pura, S.T., M.T.
075103

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ahmad Syahril Muharom, S.Pd, M.T.
0513178

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwijaya Mahendra Parayana
NIM : 0000051381
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : *D3/S1/S2
Judul Karya Ilmiah : Pendeteksian Alat Pelindung Diri dan Lokasi Pekerja Menggunakan Image Processing Untuk Keselamatan di Area Pabrik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia (**pilih salah satu**):

- ☒ Saya bersedia member Kan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) **.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
 - ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
 - ☐ Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 11 Juli 2025



(Dwijaya Mahendra Parayana)

* Pilih salah satu

** Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat yang melimpah dan kesehatan sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi beserta proyek dengan judul ‘PENDETEKSIAN ALAT PELINDUNG DIRI DAN LOKASI PEKERJA MENGGUNAKAN IMAGE PROCESSING UNTUK KESELAMATAN DI AREA PABRIK’ untuk mencapai gelar Strata 1 jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, saya sadar penyelesaian tugas akhir tidak dapat diwujudkan. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Andrey Andoko, M.Sc., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Dr. Eng Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Universitas Multimedia Nusantara.
3. Ahmad Syahril Muharom, Spd., M.T., selaku Ketua Program Studi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Megantara Pura, S.T., M.T., sebagai Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
5. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Aditya Mulyadi, Raphael Malcolm, Nicholas Robert, dan Serrano Bongharten yang telah menemani proses pembuatan skripsi dan memberikan *moral support*.
7. Teman *coding* bernama ‘Cyberbaboon’ yang telah memberikan inspirasi dan semangat untuk membuat kode yang digunakan dalam tugas akhir.
8. ‘Full Circle’, ‘Riley’, ‘TrinitysEnd’, ‘Purg’ dan ‘Nick H.’ dari komunitas Discord yang telah memberikan semangat dan bantuan secara finansial selama penyusunan skripsi.

9. Charles Langko dan Mario A. F. Putra sebagai kakak tingkat yang telah meneliti penggunaan *computer vision* dan menjadi inspirasi penulisan serta penelitian tugas akhir ini.
10. Teman-teman dari jurusan Teknik Elektro dari angkatan 21 yang telah menjadi teman seperjuangan yang saling mendukung dalam penyusunan skripsi tugas akhir.

Semoga karya ilmiah ini dapat dijadikan sebagai sumber bacaan atau inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Tangerang, 11 Juli 2025



(Dwijaya Mahendra Parayana)

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

ABSTRAK

Dalam perkembangan teknologi, keselamatan kerja merupakan aspek yang sangat penting untuk mengurangi kecelakaan dalam pabrik. Faktor tingginya angka kecelakaan dalam bidang manufaktur dan konstruksi dibagi menjadi dua, yakni faktor manusia dan lingkungan. Penelitian ini berfokus kepada pengembangan sistem keamanan terhadap kelalaian penggunaan APD beserta lokasi seorang pekerja sehingga seorang pekerja berada area yang aman ketika mengoperasikan sistem pada pabrik. Untuk menyimulasikan area pabrik, sebuah maket dibuat sebagai area yang digunakan dalam pengetesan. Jika sistem mendeteksi bahwa seorang pekerja tidak menggunakan APD dan tidak berada di area operasi yang sudah ditentukan sebelumnya, maka mesin di lantai pabrik tidak dapat dioperasikan. Sistem dibuat menggunakan algoritma *You Only Look Once version 11* (YOLOv11) yang sudah dilatih berdasarkan sebuah data set yang disesuaikan dengan kondisi maket serta model dari pekerja yang digunakan. Untuk menyesuaikan skala dari maket, hanya satu tipe APD untuk mendemonstrasikan kapabilitas sistem yakni topi pelindung. *Region of Interest* (ROI) digunakan untuk menentukan area pekerjaan. Algoritma tersebut dapat mendeteksi 3 kelas objek; 'person', 'no hat', 'hat'. Sistem berhasil mendeteksi APD dan pekerja dengan akurasi F1 Score sebesar 0.80 yang dihitung secara manual. Selain itu, *mean average precision* (mAP) yang dihasilkan algoritma menunjukkan nilai mAP 50 sebesar 0.986, dan mAP 50-95 sebesar 0.916. Toleransi batas ROI yang dihasilkan adalah 3 milimeter. Performa sistem yang dibuat berhasil memproses gambar dan memberikan rata-rata respons sebesar 0.66 *frame per second* (FPS).

Kata kunci: *Computer Vision, YOLOv11, Region of Interest*



ABSTRACT (English)

In technological development, work safety is a very important aspect to reduce accidents in factories. The high rate of accidents in the manufacturing and construction sectors is divided into two factors, namely human and environmental. This research focuses on the development of a safety system for negligence in the use of PPE (Personal Protective Equipment) along with a worker's location, ensuring that a worker is in a safe area when operating the system in the factory. To simulate the factory area, a physical model was created as the area for testing. If the system detects that a worker is not using PPE and is not in the predetermined operational area, the machines on the factory floor cannot be operated. The system was built using the You Only Look Once version 11 (YOLOv11) algorithm, which was trained on a data set customized to the conditions of the physical model and the worker model used. To match the scale of the model, only one type of PPE, the hard hat, was used to demonstrate the system's capabilities. Region of Interest (ROI) is used to determine the work area. The algorithm can detect 3 object classes: 'person', 'no hat', and 'hat'. The system successfully detected PPE and workers with an F1 Score accuracy of 0.80, which was calculated manually. Additionally, the mean average precision (mAP) produced by the algorithm shows a mAP 50 value of 0.986 and a mAP 50-95 of 0.916. The resulting ROI boundary tolerance is 3 millimeters. The system's performance successfully processed images and delivered an average response of 0.66 frame per second (FPS).

Keywords: *Computer Vision, YOLOv11, Region of Interest*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT (English)</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	7
1.3 Konsep Sistem	7
1.3.1 Konfigurasi Umum	7
1.3.2 Batasan Sistem	9
1.3.3 Fungsi dan Manfaat Sistem	9
BAB II KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM	10
2.1 Konsep Desain Sistem	10
2.2 Spesifikasi Sistem	12
2.2.1 Sistem Image Processing	12
2.2.2 Maket	13
2.2.3 Standarisasi	13
2.2.4 <i>Constraint</i> Produk	14
2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi	15
2.3.1 Pengujian F1 Recall	15
2.3.2 Pengujian mAP	16
2.3.3 Pengujian Toleransi ROI	17
2.3.4 Pengujian Integrasi Sistem	20
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM	21
3.1 Tinjauan Desain Sistem	21

3.1.1 Desain Sistem Keseluruhan.....	21
3.1.2 Desain Subsystem.....	23
3.1.3 Deskripsi Fisik Sistem	26
3.1.4 Diagram Sistem	27
3.2 Implementasi Maket.....	29
3.2.1 Hasil Implementasi Maket	29
3.2.2 Permasalahan dan Solusi	31
3.3 Akuisisi Data set Custom	31
3.3.1 Pengambilan Gambar	32
3.3.2 Labelling	33
3.3.3 Permasalahan dan Solusi	34
3.4 Pelatihan Model Algoritma YOLOv11.....	35
3.4.1 Enviroment	37
3.4.2 Pengetesan dan Penentuan Parameter Pelatihan	39
3.4.3 Pelatihan Algoritma Produk.....	44
3.4.4 Permasalahan dan Solusi	45
3.5 Streaming ESP32Cam.....	45
3.5.1 Koneksi ESP32	45
3.5.2 Program mDNS.....	46
3.5.3 Permasalahan dan Solusi	47
3.6 Implementasi Algoritma	47
3.6.1 Pendeteksian.....	48
3.6.2 Permasalahan dan Solusi	49
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM.....	50
4.1 Hasil Pengujian Sistem.....	50
4.1.1 Pengujian F1 Score	50
4.1.2 Pengujian mAP	51
4.1.3 Pengujian Toleransi ROI	52
4.1.4 Pengujian Integrasi Sistem	54
4.2 Analisis Hasil Pengujian Sistem	57
4.2.1 Pengujian F1 Score	57
4.2.2 Pengujian mAP	58

4.2.3 Pengujian ROI.....	58
4.2.4 Pengujian Integrasi Sistem	58
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1 Simpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	65



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 – Penjelasan DFD Produk.....	39
Tabel 3.2 – Penjelasan DFD Level 2 Subsistem Kamera.....	42
Tabel 3.3 – Penjelasan DFD Level 2 Subsistem Processor.....	43
Tabel 3.4 – Penjelasan DFD Level 2 Subsistem Receiver.....	44
Tabel 4.1 – Hasil Pengujian Percobaan Akurasi dan Presisi.....	72
Tabel 4.2 – Hasil Perbandingan Model.....	73
Tabel 4.3 – Truth Table Pendeteksian Pada Maket.....	78



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram produk ‘Implementasi <i>Image Processing</i> Untuk Keamanan di Lantai Pabrik’.....	8
Gambar 2.1 Diagram ilustrasi proses.....	10
Gambar 2.2 Konsep model maket.....	11
Gambar 2.3 Ilustrasi percobaan pertama dengan kondisi <i>true positive</i> dan <i>true negative</i> dengan objek topi sebagai contoh.....	16
Gambar 2.4 <i>Flowchart</i> Proses Pengetesan Jarak.....	17
Gambar 2.5 Pemilihan Titik <i>ROI</i>	18
Gambar 2.6 Hasil pembacaan <i>Image Processing</i> setelah kalibrasi area <i>ROI</i>	19
Gambar 2.7 Contoh prosedur percobaan untuk menghitung toleransi sisi kiri dari area.....	20
Gambar 3.1 <i>DFD</i> Produk.....	21
Gambar 3.2 Gambar <i>flowchart</i> pengoperasian produk.....	22
Gambar 3.3 <i>DFD Level 2</i> Subsistem Kamera.....	23
Gambar 3.4 <i>DFD Level 2</i> Subsistem <i>Processor</i>	24
Gambar 3.5 <i>DFD Level 2</i> Subsistem <i>Receiver</i>	25
Gambar 3.6 Gambar maket.....	27
Gambar 3.7 <i>Wiring Diagram</i> Sistem.....	28
Gambar 3.8 Bentuk dan bangun model keseluruhan dari maket untuk menyimulasikan area pekerjaan pada pabrik.....	29
Gambar 3.9 Gambar bagian penting dari maket.....	30
Gambar 3.10 Contoh gambar dari <i>batch</i> pertama yang diambil untuk data set menggunakan <i>handphone</i>	32
Gambar 3.11 Contoh gambar dari <i>batch</i> kedua yang diambil untuk data set menggunakan <i>ESP32Cam</i>	33
Gambar 3.12 Contoh <i>label</i> pada sebuah gambar di dalam data set.	34
Gambar 3.13 Gambar tabel perbandingan model YOLOv11 untuk <i>instance segmentation</i> menggunakan data set <i>valid COCO2017</i>	35
Gambar 3.14 Spesifikasi <i>cloud computing</i> T4 yang disediakan oleh Google	

<i>Colab</i>	38
Gambar 3.15 <i>Interface cloud computing</i> oleh <i>Google Colab</i>	38
Gambar 3.16 Grafik <i>cls_loss</i> dan <i>dfl_loss</i> pada data set <i>valid</i> , serta grafik <i>mAP50</i> , <i>mAP50-95</i> dari hasil pelatihan. Garis x menandakan jumlah <i>epochs</i> , garis y pada <i>cls_loss</i> serta <i>dfl_loss</i> menandakan hasil <i>loss</i> , dan garis y pada <i>mAP50</i> dan <i>mAP50-95</i> menandakan hasil <i>mAP</i>	39
Gambar 3.17 Contoh dari algoritma yang <i>overfitting</i>	40
Gambar 3.18 Grafik <i>mAP50</i> dan <i>mAP50-95</i> dari hasil pelatihan. Garis x menandakan jumlah <i>epochs</i> , garis y pada <i>mAP50</i> dan <i>mAP50-95</i> menandakan hasil <i>mAP</i>	41
Gambar 3.19 Hasil akhir pelatihan menggunakan <i>batch size</i> berbeda.....	43
Gambar 3.20 Hasil akhir pelatihan algoritma yang akan digunakan.....	44
Gambar 3.21 <i>ESP32Cam</i> dengan sebuah <i>shield</i> yang sudah dipasangkan	46
Gambar 3.22 Bagian kode dalam <i>example</i> dari <i>library</i> <i>ESP32</i> yang perlu diatur sesuai dengan <i>parameter</i> produk.....	46
Gambar 3.23 Hasil menjalankan kode <i>mDNS</i>	46
Gambar 3.24 Hasil pengambilan gambar melalui <i>ESP32Cam</i> yang sudah memiliki kapabilitas <i>streaming</i> pada maket.....	47
Gambar 3.25 <i>Script</i> untuk menjalankan prosedur prediksi menggunakan algoritma <i>YOLO</i>	48
Gambar 3.26 Hasil pendeteksian oleh algoritma menggunakan <i>script</i>	49
Gambar 4.1 Contoh pembacaan program.....	52
Gambar 4.2 Hasil pembacaan <i>Image Processing</i> setelah melakukan kalibrasi letak kaki.....	53
Gambar 4.3 Grafik data batas toleransi pendeteksian pekerja di luar <i>ROI</i>	54
Gambar 4.4 Grafik <i>FPS (Frame per Second)</i> yang terdeteksi oleh program terhadap waktu dalam detik.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Hasil Turnitin.....	65
Lampiran B Form Bimbingan.....	69
Lampiran C Tabel Hasil Percobaan Intergrasi... ..	71
Lampiran D Kode ESP32Cam.....	83
Lampiran E Kode NodeMCU.....	86
Lampiran F Kode Python.....	89
Lampiran G Tampilan roi_config.json.....	96

