

**RANCANG BANGUN SISTEM KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN
APEL BERBASIS *DEEP LEARNING* DENGAN IMPLEMENTASI *YOLOV8*
DAN OPTIMASI *HYPERPARAMETER***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



Oleh :

Lintang Rifatatiar

40040321650020

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2025

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN SISTEM KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN
APEL BERBASIS *DEEP LEARNING* DENGAN IMPLEMENTASI *YOLOV8*
DAN OPTIMASI *HYPERPARAMETER*

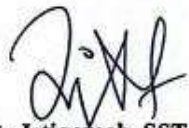
Diajukan oleh :

Lintang Rifatatiar
40040321650020

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH

Menyetujui
Pembimbing 1

Menyetujui
Pembimbing 2



Aulia Istiqomah, SST., M.T.
NIP. 199306122024062002



Lisa' Yihaa Roodhiyah, S.Si, M.Si
NPPU H. 7 199210062022042001

Mengetahui
Ketua
Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa
Otomasi Departemen Teknologi Industri Sekolah
Vokasi Universitas Diponegoro



Privo Sasmoko, S.T., M.Eng
NIP. 197009161998021001

Semarang, 2 Januari 2026

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN
APEL BERBASIS *DEEP LEARNING* DENGAN IMPLEMENTASI *YOLOV8*
DAN OPTIMASI *HYPERPARAMETER***

Diajukan oleh :

Lintang Rifatatiar
40040321650020

Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada :
Rabu, 31 Desember 2025
Tim Penguji
Ketua Penguji



Lisa' Yihaa Roodhivah, S.Si, M.Si
NPPU H. 7 199210062022042001

Penguji 1



Aulia Istiqomah, SST., M.T.
NIP 199306122024062002

Penguji 2



Rofiq Cahyo Prayogo, S.T., M.T.
NIP. 199505292024061001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi Departemen Teknologi
Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng
NIP. 197009161998021001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lintang Rifatatiar
NIM : 40040321650020
Program Studi : S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Tingkat Kematangan
Apel Berbasis *Deep Learning* Dengan Implementasi
Yolov8 Dan Optimasi *Hyperparameter*

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ini ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 2 Januari 2026

Penulis,


Lintang Rifatatiar

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tidak sedikit tantangan dan hambatan yang dihadapi. Namun, berkat doa, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak, tugas akhir ini akhirnya dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, atas segala nikmat dan karunia-Nya.
2. Kepada kedua orang tua penulis, Bapak Aris Munandar dan Ibu Suharti yang senantiasa mendoakan, memberikan motivasi, semangat, dan cinta yang tulus, sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Kepada kakak penulis, Betari Nuravianti, dan kakak ipar, Eka Pramudya Ardi, yang telah memberikan dukungan moril maupun materil, serta membantu penulis dalam berbagai hal selama proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Kepada dosen pembimbing, Lisa' Yihaa Roodhiyah, S.Si., M.Si., yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berarti selama proses penyusunan tugas akhir ini. Dengan penuh kesabaran dan ketelitian, beliau telah membantu penulis dalam menyempurnakan karya ini.
5. Kepada teman-teman kos Wisma Putra Anugrah, khususnya Raihan dan Pongo, yang telah menjadi teman seperjuangan selama masa penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, dukungan, dan semangat yang diberikan, yang telah membantu penulis melewati masa-masa sulit dan kejenuhan. Kehadiran kalian menjadi motivasi tersendiri dalam menjalani masa studi di Universitas Diponegoro, khususnya di program studi yang kita cintai ini.
6. Kepada rekan-rekan mahasiswa S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi Industri Angkatan 2021 MAVROS KAVALARIS, yang telah memberikan semangat, dukungan, serta berbagi informasi dan pengalaman yang sangat bermanfaat dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
7. Kepada Meido, yang telah menjadi role model bagi penulis dalam menjalani proses riset. Terima kasih atas segala ilmu, bimbingan, dan arahan yang telah

diberikan, serta kesediaannya untuk berbagi banyak hal yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Dukungan dan keteladanan Meido telah memberikan pengaruh besar dalam perjalanan akademik penulis.

8. Kepada Manchester United, klub sepak bola yang menjadi kesayangan penulis, yang secara tidak langsung telah mengajarkan arti kesabaran, semangat pantang menyerah, serta keyakinan bahwa proses tidak akan mengkhianati hasil. Nilai-nilai itu menjadi inspirasi tersendiri bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat limpahan rahmat, hidayah, dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Tingkat Kematangan Apel Berbasis Deep Learning dengan Implementasi YOLOv8 dan Optimasi *Hyperparameter*.”

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi.
2. Bapak Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi.
3. Ibu Lisa' Yihaa Roodhiyah, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi selama proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, khususnya bagi mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi yang ingin mengembangkan penelitian di bidang deep learning dan sistem otomasi.

Semarang, 2 Januari 2026
Penulis



Lintang Ratatiar

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
ABSTRACT	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Object Detection.....	8
2.2.1 Intersection Over Union (IoU).....	9
2.3 <i>Deep Learning</i>	10
2.3.1 <i>Hyperparamater</i>	11
2.3.2 Optimizer.....	12
2.3.3 Preconditioning	13

2.3.4	YOLOv8.....	14
2.3.5	Proses Training YOLOv8	17
2.3.6	Confusion Matrix	19
2.4	Roboflow.....	25
2.5	Ultralytics.....	26
2.6	Raspberry Pi 5	26
2.7	Hailo-8 (13 TOPS)	27
2.8	Camera Pi V3	28
2.9	Arduino Mega 2560	30
2.10	Motor Servo MG996R	31
2.11	Motor Power Window	32
2.12	Pulley and Belt	36
2.13	Power Supply	38
2.14	Stepdown DC-DC 300W 20A.....	39
2.15	Dimmer DC 12V-40V	40
2.16	ROI (Region of Interest)	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		43
3.1	Diagram Blok Sistem	43
3.2	Gambar Konsep Alat.....	45
3.3	Spesifikasi	46
3.4	Kebutuhan Perangkat Lunak	47
3.5	Perancangan Model Deteksi.....	48
3.5.1	Persiapan Dataset	51
3.5.2	Image Collection	51
3.5.3	Image Annotation	52

3.5.4	Image Preprocessing	53
3.5.5	Image Augmentation.....	54
3.5.6	Perancangan <i>Hyperparameter</i>	55
3.5.7	Validasi Final Model	70
3.5.8	Konversi Model dan implementasi model pada Raspberry pi	81
3.6	Teknik Fabrikasi.....	86
3.6.1	Diagram Alir Alat.....	87
3.6.2	Diagram Alur Pendeteksian ROI dan <i>Trigger</i> Servo.....	90
3.6.3	Desain Rangkaian Elektrikal.....	91
3.6.4	Perancangan Sistem Mekanik	99
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISA	106
4.1	Hasil dan analisa pengujian Yolov8n	106
4.2	Pengujian Model Deteksi dengan Hailo-8	109
4.3	Pengujian Fungsionalitas Komponen.....	111
4.4.1	Pengujian Catu Daya.....	111
4.4.2	Pengujian Modul Stepdown 20 A	113
4.4.3	Pengujian Motor Servo	115
4.4.4	Pengujian Motor Penggerak.....	118
4.4	Pengujian Keseluruhan Alat.....	125
4.5.1	Pengujian Kecepatan conveyor Terhadap Keluaran apel.....	125
4.5.2	Pengujian <i>Throughput</i> Sistem Sortir Apel	130
4.5.3	Pengujian Tidak Menggunakan apel	130
4.5.4	Pengujian dengan Varietas apel yang sama.....	132
BAB V	PENUTUP	134
5.1	Kesimpulan	134

5.2	Saran.....	135
	DAFTAR PUSTAKA.....	136
	LAMPIRAN.....	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Object Detection [11].....	9
Gambar 2. 2 IoU Box[14].....	10
Gambar 2. 3 Arsitektur YOLO[22].....	14
Gambar 2. 4 Anchor Box untuk masing masing grid cell[27].....	15
Gambar 2. 5 Output YOLO[29].....	16
Gambar 2. 6 Ilustrasi True Positive (TP), False Positive (FP), dan False Negative (FN) pada deteksi objek[30].....	20
Gambar 2. 7 Roboflow	25
Gambar 2. 8 Board Diagram Raspberry Pi 5[37]	26
Gambar 2. 9 Hailo 8	27
Gambar 2. 10 Camera Pi V3.....	28
Gambar 2. 11 Arduino [38].....	30
Gambar 2. 12 Servo MG996R[39]	31
Gambar 2. 13 Motor Power Window[40].....	32
Gambar 2. 14 Pulley dan Belt[42]	36
Gambar 2. 15 Scematik Pulley and Belt.....	37
Gambar 2. 16 Power Supply[43]	39
Gambar 2. 17 Stepdown DC-DC 20A	39
Gambar 2. 18 Dimmer DC 12V-40V1.....	40
Gambar 2. 19 Schematik Dimmer DC 12V-40V[44]	41
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem.....	43
Gambar 3. 2 3D Alat.....	45
Gambar 3. 3 Desain Peletakan Alat	46
Gambar 3. 4 Alur Proses Perancangan Model Deteksi Sebelum Tuning	48
Gambar 3. 5 Alur Proses Perancangan Model Deteksi Sebelum Tuning	50
Gambar 3. 6 Kumpulan Dataset di Roboflow	52
Gambar 3. 7 Proses Anotasi.....	53
Gambar 3. 8 Box , Cls, dan DFL Loss dengan Parameter tanpa tuning	71
Gambar 3. 9 Box , Cls, dan DFL Loss dengan dengan menggunakan Hyperparameter.....	73

Gambar 3. 10	Grafik mAP setelah Tuning	79
Gambar 3. 11	Grafik Precision Recall	80
Gambar 3. 12	Model build process, starting in a Tensorflow or ONNX model and ending with a Hailo binary (HEF) [55]	81
Gambar 3. 13	Proses Konversi model .pt ke ONNX	82
Gambar 3. 14	Tampilan Proses validating layer by layer	83
Gambar 3. 15	Pemetaan layer YOLOv8 ke dalam cluster Hailo AI Core	83
Gambar 3. 16	Tampilan Konversi .pt to HEF	84
Gambar 3. 17	Benchmarking YOLOv8 di Hailo	85
Gambar 3. 18	Diagram Alir Alat	87
Gambar 3. 19	Wiring Diagram	94
Gambar 3. 20	Rangkaian dalam Panel Box	98
Gambar 3. 21	Percobaan saat dinyalkan	98
Gambar 3. 22	Peletakan Motor dan Pulley	99
Gambar 3. 23	Penempatan Kamera	102
Gambar 3. 24	Perancangan Shaft Roller	103
Gambar 3. 25	Sortir Pada Diverter	104
Gambar 4. 1	Perbandingan Conf Score sebelum dan sesudah tuning	106
Gambar 4. 2	(a) Pengujian Apel menggunakan Hyperparameter, (b) Pengujian Apel menggunakan parameter tanpa tuning	107
Gambar 4. 3	Pengujian Power Supply	111
Gambar 4. 4	Pengujian Buck Converter	114
Gambar 4. 5	Pengujian Arus pada Servo	115
Gambar 4. 6	Pengukuran RPM, Arus dan Tegangan pada Motor	118
Gambar 4. 7	Grafik Keluaran RPM terhadap tegangan Terukur	121
Gambar 4. 8	Grafik Sorting Rate Terhadap Jumlah Aapel	128

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Tinjauan Pustaka	8
Tabel 2. 2 Spesifikasi Raspberry PI 5	27
Tabel 2. 3 Spesifikasi Hailo-8.....	28
Tabel 2. 4 Spesifikasi Camera	29
Tabel 2. 5 Spesifikasi Arduino.....	30
Tabel 2. 6 Spesifikasi Servo	32
Tabel 2. 7 Spesifikasi Motor Power Window	33
Tabel 2. 8 Spesifikasi Power Supply	39
Tabel 2. 9 Spesifikasi Buck Converter 20A	40
Tabel 2. 10 Spesifikasi Dimmer	41
Tabel 3. 1 Penggunaan Perangkat Lunak.....	47
Tabel 3. 2. Jumlah Anotasi Gambar.....	52
Tabel 3. 3 Pembagian Anotasi	53
Tabel 3. 4 Hyperparameter Default	56
Tabel 3. 5 Value Hyperparameter menggunakan OFAT	61
Tabel 3. 6 Hasil setiap Optimizer dengan parameter tetap	62
Tabel 3. 7 Hasil setiap Learning Rate.....	64
Tabel 3. 8 Hasil setiap Batch Size	66
Tabel 3. 9 Hasil setiap Weight Decay	68
Tabel 3. 10 Hasil setiap Epoch	69
Tabel 3. 11 Penggunaan I/O pada komponen	94
Tabel 3. 12 Tabel Penentuan Daya Sistem.....	95
Tabel 4. 1 Model Performance	108
Tabel 4. 2 Perbandingan Format Model	110
Tabel 4. 3 Pengukuran Power Supply VAC.....	112
Tabel 4. 4 Pengukuran Keluaran Power Supply	113
Tabel 4. 5 Pungukuran kelauran Buck.....	114
Tabel 4. 6 Pengujian Keluaran Servo tanpa Beban	116

Tabel 4. 7 Percobaan Keluaran Servo dengan beban.....	117
Tabel 4. 8 Pengujian Keluaran Servo dengan 3 Servo Aktif	117
Tabel 4. 9 Keluaran dari Motor tanpa Beban.....	119
Tabel 4. 10 Keluaran Motor dengan Beban.....	120
Tabel 4. 11 Hasil Deteksi Apel pada Conveyor	125
Tabel 4. 12 Pengukuran Kecepatan Conveyor terhadap Keluaran Apel.....	126
Tabel 4. 13 Keluaran Apel Permenit.....	130

ABSTRACT

DESIGN OF A DEEP LEARNING BASED APPLE MATURITY CLASSIFICATION SYSTEM WITH YOLOV8 IMPLEMENTATION AND HYPERPARAMETER OPTIMIZATION

Lintang Rifatatiar

Automation Engineering, Vocational School, Diponegoro University

The apple sorting process at the post-harvest stage is still commonly performed manually, which can lead to inconsistent results, low efficiency, and high dependency on operator subjectivity. To address this issue, this study designs and develops an apple ripeness classification system based on *deep learning* by implementing the YOLOv8 algorithm with hyperparameter optimization. The system classifies apples into three categories: ripe, semi-ripe, and unripe, and is integrated with a conveyor mechanism and mechanical actuators as an automated sorting system. The YOLOv8 model was trained using an apple image dataset that underwent annotation, augmentation, and preconditioning processes. Hyperparameter optimization was performed using the *One-Factor-At-a-Time* (OFAT) approach on key parameters such as learning rate, batch size, optimizer, weight decay, and epoch. The trained model was then converted into HEF format and deployed on a Raspberry Pi 5 integrated with a Hailo-8 AI accelerator to achieve real-time inference. The mechanical system employs a conveyor driven by a power window motor with a pulley and belt transmission system, while servo-based diverters are used to direct apples into their respective output paths. Experimental results indicate that hyperparameter optimization improves training stability and detection performance, as evidenced by more balanced confidence scores and improved mAP across all classes. The implementation of the Hailo-8 accelerator significantly increases inference speed from 11.07 FPS to 30.02 FPS.

Keywords: YOLOv8, Deep Learning, Apple Ripeness Classification, Hyperparameter Optimization, Automated Sorting System.

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN APEL BERBASIS *DEEP LEARNING* DENGAN IMPLEMENTASI *YOLOv8* DAN OPTIMASI *HYPERPARAMETER*

Lintang Rifatatiar

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Proses penyortiran buah apel pada tahap pascapanen masih banyak dilakukan secara manual sehingga berpotensi menimbulkan ketidakkonsistenan hasil, rendahnya efisiensi, serta ketergantungan terhadap subjektivitas operator. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun sistem klasifikasi tingkat kematangan apel berbasis *deep learning* dengan mengimplementasikan algoritma YOLOv8 yang dioptimasi melalui tuning hyperparameter. Sistem dirancang untuk mengklasifikasikan apel ke dalam tiga kelas, yaitu matang, setengah matang, dan tidak matang, serta diintegrasikan dengan mekanisme konveyor dan aktuator mekanik sebagai sistem sortir otomatis. Model YOLOv8 dilatih menggunakan dataset citra apel yang telah melalui proses anotasi, augmentasi, dan *preconditioning*. Optimasi hyperparameter dilakukan menggunakan pendekatan *One-Factor-At-a-Time* (OFAT) terhadap parameter utama seperti *learning rate*, *batch size*, *optimizer*, *weight decay*, dan *epoch*. Model hasil pelatihan kemudian dikonversi ke format HEF dan diimplementasikan pada Raspberry Pi 5 yang dipadukan dengan akselerator AI Hailo-8 untuk meningkatkan performa inferensi secara *real-time*. Sistem mekanik menggunakan konveyor berbasis motor power window dengan transmisi pulley dan belt, serta mekanisme diverter berbasis motor servo untuk proses pemisahan apel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa optimasi hyperparameter mampu meningkatkan stabilitas pelatihan dan performa deteksi model, ditunjukkan oleh peningkatan nilai *confidence score* dan mAP yang lebih proporsional antar kelas. Implementasi Hailo-8 berhasil meningkatkan kecepatan inferensi dari 11,07 FPS menjadi 30,02 FPS.

Kata kunci: YOLOv8, Deep Learning, klasifikasi kematangan apel, optimasi hyperparameter, sistem sortir otomatis.