



SKRIPSI

PENERAPAN *Threading Asinkron* untuk DETEKSI KEMATANGAN KELAPA SAWIT SECARA Real-Time MENGGUNAKAN YOLOv11 BERBASIS WEBSITE

IQBAL RAMADHAN ANNISWA
NPM 21083010111

DOSEN PEMBIMBING

Wahyu Syaifullah Jauharis Saputra, S.Kom., M.Kom
Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN *THREADING ASINKRON* UNTUK DETEKSI KEMATANGAN KELAPA SAWIT SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN YOLOv11 BERBASIS WEBSITE

Oleh:
Iqbal Ramadhan Anniswa
NPM. 21083010111

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Sidang Skripsi Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur pada Tanggal 09 Juni 2026:

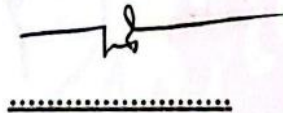
Menyetujui,

Wahyu Syaifullah Jauharis
Saputra, S.Kom., M.Kom
198608252021211003



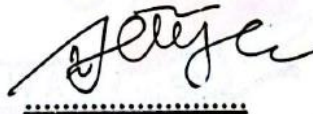
(Pembimbing I)

Dr. Ir. Mohammad Idhom,
S.P., S.Kom., M.T
198303102021211006



(Pembimbing II)

Amri Muhaimin, S.Stat.,
M.Stat., M.S.
199507232024061002



(Ketua Penguji)

Trimono, S.Si., M.Si
199509082022031003



(Penguji I)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.
NIP. 196811261994032001

LEMBAR PERSETUJUAN

PENERAPAN *THREADING ASINKRON* UNTUK DETEKSI KEMATANGA KELAPA SAWIT SECARA REAL-TIME MENGUNAKAN YOLOv11 BERBASIS WEBSITE

Oleh:
IQBAL RAMADHAN ANNISWA
NPM. 21083010111

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Skripsi

Menyetujui,

**Koordinator Program Studi Sains Data
Fakultas Ilmu Komputer**



Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S
NIP. 197006192021211009

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Iqbal Ramadhan Anniswa
NPM : 21083010111
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Sains Data
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila di kemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Surabaya, 22 April 2026
Yang Membuat Pernyataan,



Iqbal Ramadhan Anniswa
NPM. 21083010111

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Iqbal Ramadhan Anniswa/ 21083010111
Judul Skripsi : Penerapan *Threading Asinkron* untuk Deteksi
Kematangan Kelapa Sawit Secara Real-Time
Menggunakan YOLOv11 Berbasis Web
Dosen Pembimbing : 1. Wahyu Saifullah Jauharis S, S.Kom., M.Kom
2. Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T.

Komoditas Dalam Proses penentuan tingkat kematangan buah kelapa sawit masih banyak dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan ketidakkonsistenan penilaian dan menurunkan efisiensi operasional, khususnya pada perkebunan skala kecil dan menengah. Penelitian ini mengusulkan sistem deteksi kematangan buah kelapa sawit berbasis algoritma *You Only Look Once* versi 11 (YOLOv11) yang diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis website. YOLOv11 dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan deteksi yang akurat dengan kecepatan inferensi tinggi pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya komputasi. Model dikembangkan menggunakan data primer yang diperoleh dari perkebunan mitra serta dataset sekunder pendukung, kemudian dioptimalkan melalui teknik kuantisasi untuk meningkatkan efisiensi pada perangkat *edge*. Evaluasi kinerja sistem dilakukan menggunakan metrik presisi, *recall*, dan *mean Average Precision* (mAP@50 dan mAP@50–95), serta analisis interpretabilitas menggunakan Grad-CAM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi tingkat kematangan buah kelapa sawit secara real-time dengan akurasi tinggi dan efisiensi komputasi yang baik. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi pendukung dalam penerapan teknologi digital pada proses panen kelapa sawit.

Kata kunci : Kematangan Buah kelapa sawit, YOLOv11, Deteksi Objek, *Deep learning*, Website, *Edge Computing*

ABSTRACT

Student Name / NPM : Iqbal Ramadha Anniswa/ 21083010111
Thesis Title : Implementation of Asynchronous Threading for Real-Time Palm Oil Ripeness Detection via Web-Based YOLOv11
Advisor : 1. Wahyu Saifullah Jauharis S, S.Kom., M.Kom
2. Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T

ABSTRACT

The process of determining the ripeness level of oil palm fruit is still largely performed manually, which can lead to inconsistent assessments and reduced operational efficiency, particularly in small- and medium-scale plantations. This study proposes an oil palm fruit ripeness detection system based on the *You Only Look Once* version 11 (YOLOv11) algorithm, integrated into a web-based application. YOLOv11 is selected due to its ability to deliver accurate detection with high inference speed on devices with limited computational resources. The model is developed using primary data collected from partner plantations and supported by secondary datasets, and is further optimized through quantization techniques to enhance efficiency on edge devices. System performance is evaluated using precision, recall, and *mean Average Precision* (mAP@50 and mAP@50–95), along with interpretability analysis using Grad-CAM. The results demonstrate that the proposed system is capable of performing real-time oil palm fruit ripeness detection with high accuracy and good computational efficiency. This system is expected to serve as a supportive solution for the implementation of digital technologies in oil palm harvesting processes.

Keywords: Oil Palm Fruit Ripeness, YOLOv11, Object Detection, Deep learning, Website Based Application, Edge Computing

KATA PENGANTAR

Dengan puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul **“PENERAPAN *THREADING ASINKRON* UNTUK DETEKSI KEMATANGAN KELAPA SAWIT SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN YOLOv11 BERBASIS WEBSITE”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Wahyu Syaifullah J. S, S.Kom., M.Kom. dan Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat serta motivasi kepada penulis. Dan penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, baik itu berupa moril, spiritual maupun materiil. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S., selaku Ketua Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Wahyu Syaifullah J. S, S.Kom., M.Kom. dan Dr. Ir. Mohammad Idhom, S.P., S.Kom., M.T. sebagai Pembimbing Skripsi yang dengan penuh kesabaran, ketelitian, dan dedikasi telah membimbing dan memberikan masukan.
4. Para Dosen Program Studi Sains Data UPN Veteran Jawa Timur.
5. Orang tua penulis yang sudah memberikan support materi dan mental.
6. Teman-Teman Sains Data Angkatan 2021

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar dapat menjadi evaluasi. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, 9 Juni 2026

Iqbal Ramadhan Anniswa

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
SURAT PENYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Batasan Masalah.....	6
1.4. Tujuan Masalah.....	7
1.5. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Penelitian Terdahulu	11
2.2. Dasar Teori	19
2.2.1 Perkebunan Kelapa Sawit	19
2.2.2 Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit	20
2.2.3 Deep Learning	21
2.2.4 Tensor	23

2.2.5 Deteksi Objek.....	25
2.2.6 Yolov11 Architecture	27
2.2.7 Evaluasi Matrik	29
2.2.8 ONNX.....	32
2.2.9 ONNX Runtime.....	33
2.2.10 Python	33
2.2.11 Latensi.....	34
2.2.12 Central Processing Unit (CPU)	35
2.2.13 Threading Process	36
2.2.14 Docker.....	37
2.2.15 Direct Memory Access	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Variabel Penelitian dan Sumber Data.....	41
3.1.1 Sumber data.....	41
3.1.2 Variabel Penelitian	42
3.2 Langkah Analisis.....	44
3.2.1 Pengumpulan Data.....	45
3.2.2 Anotasi data gambar	45
3.2.3 Pembagaian Data.....	46
3.2.4 Preprocessing Data	48
3.2.5 Konfigurasi Pelatihan Model	50
3.2.6 Pelatihan Model.....	50
3.2.7 Menyimpan model dan ekspor format ONNX	51
3.2.8 Evaluasi Akurasi Model.....	51
3.2.9 Konfigurasi threading processing asinkronus	53

3.2.10 Evaluasi <i>inference</i> model pada <i>Device</i> CPU.....	54
3.2.11 Implementasi GUI FastAPI dan Vue JS	55
3.3 Perancangan Rancang Bangun.....	56
3.3.1 Design Alur Sistem.....	57
3.3.2 Skema Database	58
3.3.3 Skema <i>Deployment</i>	59
3.4 Jadwal Penelitian	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	63
4.1 Informasi Dataset	63
4.2 Anotasi Data	65
4.3 Pembagian Data	68
4.4 Pra-Pemrosesan Data.....	69
4.4.1 Ekpor Data Image dari Platform	69
4.4.2 Resize Data Gambar	72
4.4.3 Augmentasi Data	73
4.5 Proses Modelling	84
4.5.1 Konfigurasi Pelatihan Model	85
4.5.2 <i>Fine Tuning</i> YOLOv11.....	87
4.5.3 Penyimpanan Model dan Ekspor ONNX.....	89
4.6 Evaluasi Kinerja Model	90
4.6.1 Evaluasi Hasil Pelatihan Model	90
4.6.2 Evaluasi Hasil Pengujian Model	91
4.6.3 Analisis Loss dan Konvergensi Model.....	93
4.7 Evaluasi Inferensi Model	95
4.7.1 Konfigurasi ONNX Runtime	95

4.7.2 Implementasi Pengujian Inferensi	97
4.7.3 Evaluasi Kinerja CPU.....	104
4.7.4 Analisis Optimasi Inferensi.....	105
4.8 Implementasi Antarmuka dan Fitur Sistem	107
4.8.1 Fitur Pada User.....	108
4.8.2 Fitur-Fitur Pada Admin.....	116
4.9 Deployment Fitur Deteksi Kematangan buah kelapa sawit	121
4.9.1 Build Container	123
4.9.2 Publikasi Docker Image pada Docker Hub.....	129
4.9.3 Publikasi Docker Image pada Docker Hub.....	133
BAB V PENUTUP	141
5.1. Kesimpulan.....	141
5.2. Saran.....	142
DAFTAR PUSTAKA.....	145
LAMPIRAN	153

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi dari Scalar hingga Tensor.....	24
Gambar 2. 2 Arsitektur Algoritma YoloV11	28
Gambar 2. 3 Ilustrasi Workflow Threading Process	36
Gambar 3. 1 Variabel penelitian tingkat kematangan	43
Gambar 3. 2 Flowchart dari Alur Penelitian.....	44
Gambar 3.3 Ilustrasi Pembagian setelah Anotasi.....	47
Gambar 3.4 Diagram Alir Sistem Deteksi Kematangan	57
Gambar 3. 5 Skema Database	58
Gambar 3. 6 Arsitektur Deployment Model dan Integrasi Sistem Web	59
Gambar 4.1 Tampilan Pengaturan data gambar sebelum, progress dan setelah anotasi	65
Gambar 4. 2 Tampilan proses anotasi dilakukan dengan memberi bounding box pada setiap objek tandan buah kelapa sawit yang terdeteksi pada citra.	67
Gambar 4. 3 Tampilan Data Gambar Setelah di Anotasi	68
Gambar 4. 4 Tampilan Mengunduh data yang telah di anotasikan.....	71
Gambar 4.5 Opsi Format Dataset.....	71
Gambar 4.6 Opsi Mengunduh Dataset yang kita gunakan untuk melatih model	72
Gambar 4.7 Hasil Resize Citra Buah Kelapa Sawit dengan Resolusi 640 x 640	73
Gambar 4.8 Hasil Image processing dengan menggunakan Hue adjustment.....	77
Gambar 4. 9 Hasil Augmentasi Saturatution Adjusment	78
Gambar 4. 10 Hasil Augmentasi Flip Vectical	80
Gambar 4. 11 Hasil Augmentasi Scala Factor.....	81
Gambar 4. 12 Hasil Augmentasi Translate.....	83
Gambar 4. 13 Hasil Augmentasi Mixup.....	84
Gambar 4. 14 Grafik Perkembangan mAP, Precision, dan Recall Model YOLOv11 terhadap Epoch.....	93
Gambar 4. 15 Grafik Box Loss Dan klasifikasi pada Fase Pelatihan dan Validasi	94
Gambar 4. 16 Diagram Alur Komunikasi Client-Server Mengikuti Distributed Layered Architecture	107

Gambar 4. 17 Tampilan Halaman Beranda Pengguna	109
Gambar 4. 18 Tampilan Halaman Register	110
Gambar 4. 19 Tampilan Halaman Login	111
Gambar 4. 20 Tampilan Halaman Utama User.....	112
Gambar 4. 21 Tampilan Halaman Deteksi Kematangan Buah Kelapa Sawit ...	113
Gambar 4. 22 Tampilan Halaman Hasil Deteksi	114
Gambar 4. 23 Tampilan Halaman Riwayat Deteksi.....	115
Gambar 4. 24 Tampilan Halaman Login Untuk Super Admin	117
Gambar 4. 25 Ilustrasi Antar Muka Dashbroad untuk Otoritas Admin	118
Gambar 4. 26 Tampilan Dashboard Admin Aplikasi Rover	120
Gambar 4. 27 Halaman Manajemen Pengguna.....	121
Gambar 4. 28 Tahapan Build Docker Backend	124
Gambar 4. 29 Tahapan Build Docker Image untuk Front-End.....	125
Gambar 4. 30 Tahapan Build Docker Image untuk Back-end Dalam Production	126
Gambar 4. 31 Tahapan Build Docker Image untuk Front-end Dalam Production	128
Gambar 4. 32 Tampilan dalam membuat Repository pada platform Docker Hub	129
Gambar 4. 33 Tahapan Build dan Push Citra ke Repositori Docker Hub	131
Gambar 4. 34 Tahapan Build dan Push Front-End ke Repositori Docker Hub.	132
Gambar 4. 35 Perintah Command untuk aktivasi VPS di komputer.....	135
Gambar 4. 36 Perintah Command di VPS untuk instalasi Docker Engine	135
Gambar 4. 37 Pull Image Kedua Repository	137
Gambar 4. 38 Jalankan Semua Image yang ada telah di pull image	138
Gambar 4. 39 Tampilan Website setelah berhasil deployment pada biznet VPS	139

DAFTAR TABEL

Table 2. 1 Penelitian Terdahulu	11
Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian	61
Tabel 4.1 Konfigurasi Augmentasi data untuk melatih model	74
Tabel 4.2 Konfigurasi Hyperparameter Pada Sesi Melatih Model	85
Tabel 4.3 Hasil Evaluasi Pada Data latih	91
Tabel 4.4 Hasil Evaluasi Pada Data Uji	92
Tabel 4.5 Konfigurasi Pada Session Options	96
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian CPU utilization pada Model YOLOv11	105

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Letter of Accept.....	153
Lampiran 2 Kode Program Aplikasi	153
Lampiran 3 Source Dataset.....	154

DAFTAR NOTASI

ms	:	<i>milisecond</i>
N	:	Jumlah Keseluruhan data yang dilatih
TP	:	<i>True Positive</i>
FP	:	<i>False Positive</i>
FN	:	<i>False Negative</i>
$Recall$	:	Nilai Tingkat positif sejati pada sebuah model
mAP	:	<i>Mean Averange Precision</i>
$mAP@50$	:	<i>Mean Averange Precision dengan IoU threshold 0.5</i>
IoU	:	<i>Intersection over Union</i>
FPS	:	<i>Frame Per Second</i>
ms	:	<i>milisecond</i>
N	:	Jumlah Keseluruhan data yang dilatih
TP	:	<i>True Positive</i>
FP	:	<i>False Positive</i>
$W(i,j)$	:	Nilai piksel pada feature map atau citra keluaran hasil operasi konvolusi.
$V(i,j)$	:	Nilai piksel pada citra masukan (<i>input image</i>).
$U(p,q)$	:	Nilai Elemen pada kernel atau konvolusi