

# **SKRIPSI**

## **SISTEM DETEKSI BRONDOLAN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**ALDILAH REZKI RHAMADANI SYAHSIR  
D121 20 1036**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### SISTEM DETEKSI BRONDOLAN KELAPA SAWIT DENGAN MENGUNAKAN METODE YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)

Disusun dan diajukan oleh

**Aldilah Rezki Rhamadani Syahsir**  
**D121 20 1036**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 10 Oktober 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM.ASEAN.Eng.  
NIP 19750716 200212 1 004



Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM.ASEAN.Eng.  
NIP 19750716 200212 1 004

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Aldilah Rezki Rhamadani Syahsir  
NIM : D121201036  
Program Studi : Teknik Informatika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Sistem Deteksi Brondolan Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode You Only  
Look Once (YOLO)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 14 Oktober 2024

Yang Menyatakan



Aldilah Rezki Rhamadani Syahsir

## ABSTRAK

**ALDILAH REZKI RHAMADANI SYAHSIR.** *Sistem Deteksi Brondolan Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode You Only Look Once* (dibimbing oleh Indrabayu)

Brondolan sawit merupakan bagian buah sawit yang memiliki kandungan minyak yang tinggi dan akan menyebabkan kerugian apabila tidak ditangani dengan tepat. Pengutipan brondolan buah sawit merupakan salah satu proses pengumpulan buah sawit yang kurang efektif karena membutuhkan waktu dan banyak tenaga karena masih dilakukan secara manual. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem deteksi brondolan sawit agar nantinya dapat diimplementasikan pada robot pengumpul brondolan yang dapat membantu meringankan pekerjaan pengutipan buah sawit. Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem deteksi brondolan sawit dengan membandingkan tiga algoritma YOLO, yaitu YOLOv5s, YOLOv7-tiny, dan YOLOv8s. Dataset penelitian ini diambil pada kebun sawit dan halaman kampus yang menyerupai lingkungan kebun sawit. Model dilatih dengan menggunakan skenario pelatihan optimisasi parameter *batch size*, *epoch*, *optimizer*, *learning rate*, *weight decay*, dan momentum dan kemudian akan diuji dengan metrik evaluasi mAP50 dan mAP50:95. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa skenario pelatihan terbaik untuk algoritma YOLOv5s adalah menggunakan *batch size* 32, *epoch* 250, *optimizer* SGD, *learning rate* 0,01, *weight decay* 0,0005, dan momentum 0,9. Skenario pelatihan terbaik untuk algoritma YOLOv7-tiny adalah menggunakan *batch size* 32, *epoch* 450, *optimizer* AdamW, *learning rate* 0,001, *weight decay* 0,0005, dan momentum 0,9. Lalu, skenario pelatihan terbaik untuk algoritma YOLOv8s adalah menggunakan *batch size* 32, *epoch* 500, *optimizer* Adam, *learning rate* 0,0001, *weight decay* 0,0005, dan momentum 0,9. Selanjutnya, berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa YOLOv5s merupakan model paling optimal dalam pendeteksian brondolan dengan nilai AP50 sebesar 0,634, 0,941, dan 0,581 untuk kelas “Daun Kering”, “Brondolan”, dan “Batu” serta AP50:95 sebesar 0,497, 0,658, dan 0,468. Secara keseluruhan, YOLOv5s juga memiliki performa yang unggul dengan nilai mAP50 dan mAP50:95 sebesar 0,718 dan 0,541. YOLOv5s juga memperoleh waktu inferensi sebesar 130,06 ms.

Kata Kunci: brondolan sawit, You Only Look Once, optimisasi parameter, mAP

## ABSTRACT

**ALDILAH REZKI RHAMADANI SYAHSIR.** *Oil Palm Loose Fruits Detection System Using You Only Look Once (YOLO)* (supervised by Indrabayu)

Oil palm loose fruits are parts of the oil palm that have a high oil content and will cause losses if not handled properly. Loose fruits harvest is one of the loose fruits collection methods that less effective because it takes time and a lot of energy because it still done manually. The purpose of this study is to develop a loose fruits detection system so that it can later be implemented on a loose fruits collection robot that can help ease the work of collecting loose fruits. The research dataset was taken from an oil palm plantation and a campus yard that resembles an oil palm plantation environment. The model was trained using a training scenario of batch size, epoch, optimizer, learning rate, weight decay, and momentum parameter optimization and then evaluated using mAP50 and mAP50:95 evaluation metrics. The results of this study indicate that the best training scenario for the YOLOv5s algorithm is using a batch size of 32, epoch 250, SGD optimizer, learning rate 0.01, weight decay 0.0005, and momentum 0.9. The best training scenario for the YOLOv7-tiny algorithm is using a batch size of 32, epoch 450, AdamW optimizer, learning rate 0.001, weight decay 0.0005, and momentum 0.9. Then, the best training scenario for the YOLOv8s algorithm is using a batch size of 32, epoch 500, Adam optimizer, learning rate 0.0001, weight decay 0.0005, and momentum 0.9. Furthermore, based on the test results, it shows that YOLOv5s is the most optimal model in detecting loose fruit with AP50 values of 0.634, 0.941, and 0.581 for the classes "Daun Kering", "Brondolan", and "Batu" and AP50:95 of 0.497, 0.658, and 0.468. Overall, YOLOv5s also has superior performance with mAP50 and mAP50:95 values of 0.718 and 0.541. YOLOv5s also obtained an inference time of 130.06 ms.

Keywords: Loose Fruit, You Only Look Once, parameter optimization, mAP

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian .....	3
1.4    Manfaat Penelitian .....	4
1.5    Ruang Lingkup Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1    Brondolan Sawit .....	5
2.2    Pengolahan Citra .....	5
2.3    Citra Digital .....	6
2.4    Deteksi Objek .....	7
2.5    Visi Komputer .....	9
2.6    Python .....	10
2.7    Algoritma <i>You Only Look Once</i> (YOLO) .....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>13</b>
3.1    Waktu dan Lokasi Penelitian .....	13
3.2    Benda Uji dan Alat .....	14
3.3    Tahapan Penelitian .....	14
3.4    Teknik Pengambilan Data .....	16
3.5    Perancangan dan Implementasi Sistem .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>44</b>

4.1	Hasil Pelatihan Algoritma YOLO .....	44
4.2	Hasil Pembahasan Pengujian Model YOLO .....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		90
5.1	Kesimpulan.....	90
5.2	Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA .....		92
LAMPIRAN.....		94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 <i>Fishbone</i> penelitian .....	3
Gambar 2 Brondolan sawit .....	5
Gambar 3 Citra digital dalam matriks.....	7
Gambar 4 Algoritma deteksi objek .....	8
Gambar 5 Lini Waktu perkembangan algoritma YOLO .....	11
Gambar 6 Garis besar cara kerja algoritma YOLO dalam pendeteksian objek .....	12
Gambar 7 Lokasi penelitian .....	13
Gambar 8 Tahapan penelitian .....	14
Gambar 9 Persiapan pengambilan data.....	16
Gambar 10 Ilustrasi pengambilan data .....	17
Gambar 11 Contoh sampel data yang dikumpulkan .....	18
Gambar 12 <i>Flowchart</i> rancangan sistem .....	19
Gambar 13 Proses pelabelan data .....	20
Gambar 14 Contoh gambar hasil <i>resize</i> .....	21
Gambar 15 Contoh gambar hasil <i>flip</i> .....	22
Gambar 16 Contoh gambar hasil pengaturan kecerahan .....	23
Gambar 17 Contoh gambar hasil pengaturan saturasi .....	24
Gambar 18 Contoh gambar hasil pengaturan <i>exposure</i> .....	26
Gambar 19 Arsitektur algoritma YOLOv5 .....	27
Gambar 20 Arsitektur algoritma YOLOv7 .....	29
Gambar 21 Arsitektur algoritma YOLOv8 .....	31
Gambar 22 Alur proses optimisasi hyperparameter.....	34
Gambar 23 Perhitungan IoU .....	38
Gambar 24 <i>Confusion Matrix</i> dua kelas .....	39
Gambar 25 Contoh data uji skenario 1 .....	42
Gambar 26 Contoh data uji skenario 1 .....	43
Gambar 27 Contoh data uji skenario 3 .....	43
Gambar 28 Hasil pelatihan YOLOv5s pada skenario <i>batch siz</i> .....	45

Gambar 29 Hasil pelatihan YOLOv5s pada skenario <i>epoch</i> .....	46
Gambar 30 Hasil pelatihan YOLOv7-tiny pada skenario <i>batch size</i> .....	47
Gambar 31 Hasil pelatihan YOLOv7-tiny pada skenario <i>epoch</i> .....	48
Gambar 32 Hasil pelatihan YOLOv8s pada skenario <i>batch size</i> .....	49
Gambar 33 Hasil pelatihan YOLOv8s pada skenario <i>epoch</i> .....	50
Gambar 34 Hasil pelatihan YOLOv5s pada skenario <i>optimizer</i> dan <i>learning rate</i> ....	52
Gambar 35 Hasil pelatihan YOLOv7-tiny pada skenario <i>optimizer</i> dan <i>learning rate</i> .....	53
Gambar 36 Hasil pelatihan YOLOv8s pada skenario <i>optimizer</i> dan <i>learning rate</i> ....	55
Gambar 37 Hasil pelatihan YOLOv5s pada skenario <i>weight decay</i> .....	57
Gambar 38 Hasil pelatihan YOLOv7-tiny pada skenario <i>weight decay</i> .....	58
Gambar 39 Hasil pelatihan YOLOv8s pada skenario <i>weight decay</i> .....	60
Gambar 40 Hasil pelatihan YOLOv5s pada skenario momentum.....	61
Gambar 41 Hasil pelatihan YOLOv7-tiny pada skenario momentum.....	63
Gambar 42 Hasil pelatihan YOLOv8s pada skenario momentum.....	64
Gambar 43 Contoh data uji skenario 1 .....	66
Gambar 44 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv5s pada skenario 1.....	67
Gambar 45 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv7-tiny pada skenario 1.....	68
Gambar 46 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv8s pada skenario 1.....	69
Gambar 47 Contoh hasil deteksi pengujian skenario 1.....	73
Gambar 48 Contoh data uji skenario 2 .....	74
Gambar 49 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv5s pada skenario 2.....	74
Gambar 50 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv7-tiny pada skenario 2.....	75
Gambar 51 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv8s pada skenario 2.....	76
Gambar 52 Contoh hasil deteksi pengujian skenario 3.....	79
Gambar 53 Contoh data uji skenario 3 .....	80
Gambar 54 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv5s pada skenario 3.....	80
Gambar 55 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv7-tiny pada skenario 3.....	81
Gambar 56 <i>Confusion Matrix</i> YOLOv8s pada skenario 3.....	82
Gambar 57 Contoh hasil deteksi pengujian skenario 3.....	85

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Konfigurasi Parameter Pelatihan Model.....	37
Tabel 2. Hasil Pengujian Model YOLO pada Skenario 1.....	70
Tabel 3. Hasil Pengujian Model YOLO pada Skenario 2.....	77
Tabel 4. Hasil Pengujian Model YOLO pada Skenario 3.....	83
Tabel 5. Hasil Pengujian Waktu Inferensi Model YOLO.....	86
Tabel 6. Perbandingan Jumlah Parameter Model YOLO.....	87
Tabel 7. Perbandingan Model YOLO.....	88
Tabel 8. Rata-rata mAP50 Hasil Pengujian YOLOv5s.....	88
Tabel 9. Rata-rata mAP50:95 Hasil Pengujian YOLOv5s.....	89

**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL**

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
YOLO	<i>You Only Look Once</i>
SGD	<i>Stochastic Gradient Descent</i>
AP	<i>Average Precision</i>
mAP	<i>Mean Average Precision</i>
IoU	<i>Intersection over Union</i>
TP	<i>True Positive</i>
TN	<i>True Negative</i>
FP	<i>False Positive</i>
FN	<i>False Negative</i>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Beberapa contoh dataset primer .....	94
Lampiran 2 Beberapa contoh hasil deteksi oleh model YOLOv5s.....	95
Lampiran 3 Beberapa contoh hasil deteksi oleh model YOLOv7-tiny.....	96
Lampiran 4 Beberapa contoh hasil deteksi oleh model YOLOv8s.....	97
Lampiran 5 Evaluasi Validasi Pelatihan Model.....	98
Lampiran 6 Lembar Perbaikan Skripsi .....	113

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil'aalamiin, puji syukur kehadirat Allah atas berkat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul "Sistem Deteksi Brondolan Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode You Only Look Once" sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan jenjang pendidikan Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan tugas akhir ini. Sehingga, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. Atas semua berkah dan karunia serta pertolongan-Nya yang tiada batas, yang telah diberikan kepada penulis di setiap langkah dalam penelitian ini.
2. Kedua orang tua penulis, Alm. Bapak Ahmad Syahsir dan Ibu Syahtaati yang selalu memberikan doa, dukungan, dan curahan kasih sayang yang tiada henti kepada penulis. Terima kasih Bapak dan Ibu telah sabar dalam mendidik dan menghadapi penulis sejak kecil.
3. Kepada keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, serta perhatian yang sangat besar kepada penulis.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM., ASEAN.Eng., selaku pembimbing tugas akhir yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian yang luar biasa untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
5. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu, pengetahuan dan pengalaman baru, serta bantuan kepada penulis selama menuntut masa perkuliahan.

6. Segenap keluarga AIMP Research Group Universitas Hasanuddin, terutama Ucha, Iksan, Agun, Kak Sofyan, Kak Herlina, Kak Clara, Kak Sheila, dan Kak Ijlal yang telah banyak memberikan bantuan serta pengetahuan baru selama progres penyusunan tugas akhir.
7. Teman-teman REZOLVER atas dukungan dan semangat yang diberikan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
8. Serta pihak-pihak lain yang tidak sempat disebutkan satu per satu dan tanpa sadar telah menjadi motivasi dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Dengan rasa syukur dan kerendahan hati, penulis memberikan rasa hormat yang tak terhingga, semoga Allah SWT. membalas semua kebaikan dari semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa pada tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran maupun kritik yang membangun sehingga tugas akhir ini dapat memberikan bagi pembaca, terlebih khusus bagi penulis.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, Agustus 2024

Penulis

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit adalah tanaman yang menghasilkan buah yang mengandung minyak kelapa sawit, yang merupakan salah satu sumber minyak nabati terbesar di dunia. Kelapa sawit merupakan salah satu hasil perkebunan yang memiliki peran signifikan dalam sektor pertanian dan ekonomi Indonesia. Pada tahun 2022, Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, Indonesia memproduksi sebanyak 45,58 juta ton kelapa sawit. Jumlah tersebut meningkat sebanyak 1,02% dibandingkan tahun sebelumnya yang mencapai 45,12 juta ton. Jumlah produksi kelapa sawit yang masif ini menunjukkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara produsen terbesar minyak kelapa sawit di dunia. Minyak kelapa sawit yang dihasilkan oleh Indonesia merupakan produk hasil kegiatan budidaya dan pengolahan komoditi di perkebunan terutama saat kegiatan pemanenan (Prayogie, 2023).

Proses pemanenan pada perkebunan kelapa sawit bertujuan untuk mengumpulkan atau memperoleh buah kelapa sawit, baik tandan buah segar maupun brondolan buah sawit, yang berkualitas dari proses pemanenan di kebun sampai dengan pengiriman ke pabrik kelapa sawit (Manurung dkk., 2019). Proses tersebut biasanya meliputi: pemotongan tandan buah matang, pengutipan brondolan, pemotongan pelepah, dan pengangkutan hasil (Prayogie, 2023). Pada proses pemanenan, kelapa sawit akan mengeluarkan brondolan sawit yang sudah cukup matang yang jumlahnya dapat mencapai 12,5 hingga 75 persen jumlah total buah yang dihasilkan oleh suatu tandan buah segar kelapa sawit (Tarigan dkk., 2018).

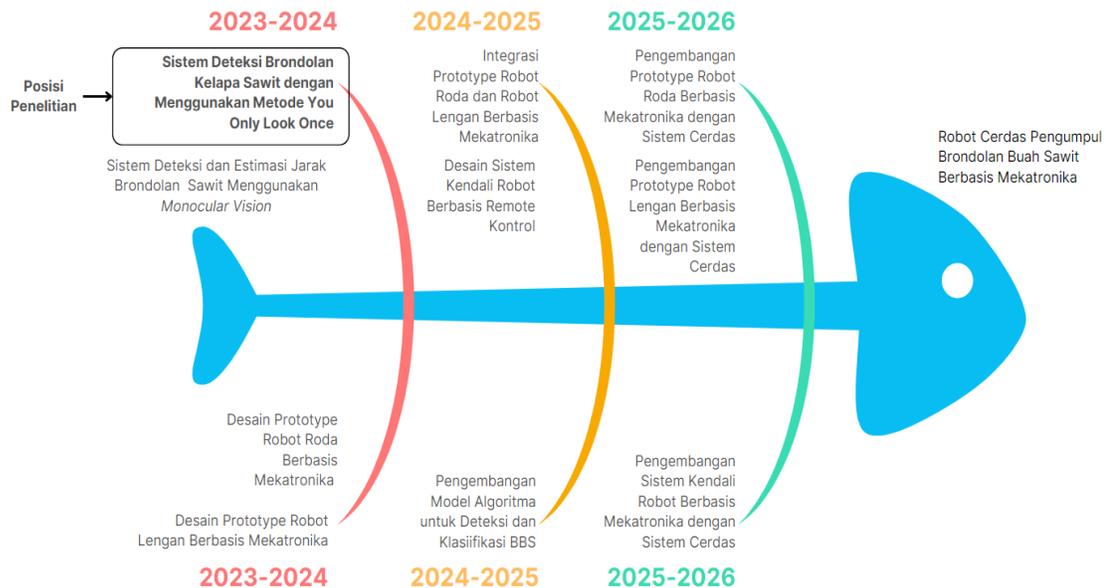
Brondolan sawit merupakan bagian buah sawit yang memiliki kandungan minyak yang tinggi. Brondolan sawit yang tidak ditangani dengan tepat akan menjadi *losses* dan gulma bagi pohon kelapa sawit (Prayogie, 2023). *Losses* merupakan kerugian yang terjadi dalam pemrosesan produk kelapa sawit, baik dalam bentuk buah seperti tandan buah segar dan brondolan, maupun dalam bentuk cair seperti minyak kelapa sawit dan akan membuat perkebunan kehilangan sebagian dari hasil yang seharusnya dapat

diperoleh. Oleh karena itu, pengutipan brondolan buah sawit merupakan salah satu proses penting dalam pemanenan buah sawit untuk mencegah tumbuhnya gulma pada sekitar pohon sawit maupun berkurangnya keuntungan yang dapat diperoleh dari brondolan buah sawit yang semisalnya tidak ikut terpanen.

Pada kenyataannya di lapangan, banyak masyarakat yang masih menggunakan metode tradisional untuk mengumpulkan brondolan sawit yang jatuh ke tanah (Hibatullah, 2022). Kegiatan pengutipan brondolan buah sawit secara manual dinilai kurang efektif karena bersifat subjektif dan lambat (Sari dkk., 2019). Kegiatan tersebut dilakukan dengan postur menjongkok atau membungkuk, yang mana menyebabkan kelelahan pada anggota tubuh seperti bagian punggung menjadi lebih tinggi (Tarigan dkk., 2018).

Oleh karena itu, dengan kemajuan teknologi kecerdasan buatan, akan dikembangkan sebuah teknologi sistem pendeteksian brondolan kelapa sawit dengan menggunakan metode YOLO. Tantangan lain dalam mengembangkan suatu sistem untuk mendeteksi brondolan kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit adalah keberadaan benda lain yang bentuk maupun warnanya menyerupai brondolan kelapa sawit itu sendiri. Objek-objek seperti batu juga perlu dideteksi secara bersamaan agar sistem tidak salah mendeteksi antara brondolan dengan benda lain yang mirip dengannya. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan tidak hanya membutuhkan kemampuan deteksi yang tinggi, namun juga kemampuan deteksi yang cepat. Saat ini, *You Only Look Once* (YOLO) merupakan metode *state-of-the-art* dalam mendeteksi sebuah objek karena kemampuannya yang seimbang antara akurasi pendeteksian objek dan kecepatan pendeteksian objek (Li dkk., 2021).

Adapun penelitian yang akan peneliti lakukan merupakan sebuah bagian dari suatu penelitian besar yang bertujuan untuk menghasilkan alat atau robot pengutip brondolan secara otomatis. Yang mana penelitian ini berfokus pada perancangan sistem untuk mendapatkan kondisi optimal saat mendeteksi brondolan kelapa sawit menggunakan metode YOLO. Berikut merupakan *fishbone* dari penelitian-penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 1 *Fishbone* penelitian

Berdasarkan hal tersebut, penulis mengajukan judul “**Sistem Deteksi Brondolan Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode *You Only Look Once* (YOLO)**”, untuk membangun sistem yang dapat mendeteksi brondolan kelapa sawit dengan menggunakan metode YOLO.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian, yaitu:

1. Bagaimana penerapan metode YOLO untuk mendapatkan model paling optimal untuk mendeteksi brondolan kelapa sawit?
2. Bagaimana hasil kinerja penerapan metode YOLO untuk mendapatkan model paling optimal untuk mendeteksi brondolan kelapa sawit?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Menganalisis hasil penerapan metode YOLO untuk mendapatkan model paling optimal untuk mendeteksi brondolan kelapa sawit.
2. Menganalisis hasil kinerja penerapan metode YOLO untuk mendapatkan model paling optimal untuk mendeteksi brondolan kelapa sawit.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan manfaat yang didapatkan antara lain:

1. Menghasilkan sistem pendeteksi brondolan kelapa sawit yang dapat dikembangkan menjadi sistem untuk mengurangi beban kerja petani perkebunan kelapa sawit.
2. Memberikan pengetahuan mengenai penerapan teknologi visi komputer untuk mendeteksi brondolan kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan selanjutnya.

#### **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data dilakukan pada pagi dan siang hari dengan kondisi pencahayaan yang beragam.
2. Data training menggunakan data primer dan data sekunder.
3. Objek utama penelitian berupa brondolan kelapa sawit.
4. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan kamera HP Android dan kamera GoPro Hero 11 Black.
5. Sistem dilatih dan diuji dengan menggunakan data gambar.
6. Kelas non-brondolan yang akan dideteksi berupa objek batu dan daun kering yang memiliki bentuk atau warna yang mirip dengan brondolan buah sawit.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Brondolan Sawit**

Brondolan sawit adalah bagian dari buah sawit yang terlepas dari tandan buah segar kelapa sawit apabila buah sawit tersebut terlalu matang atau buah yang terjatuh saat proses pemanenan TBS dilakukan. Brondolan-brondolan yang telah jatuh ke tanah harus dikumpulkan dengan melakukan pengutipan brondolan. Pengutipan brondolan yang dilakukan bersamaan dengan proses pemanenan TBS kelapa sawit ini merupakan salah satu aspek penting dalam perkebunan kelapa sawit karena brondolan sawit memiliki tingkat kematangan buah secara maksimal dengan kualitas rendemen minyak sebesar 22-24%, yang mana memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan TBS yang belum menjadi brondolan. Kandungan rendemen minyak yang tinggi pada brondolan ini dapat menambah nilai jual kelapa sawit, sehingga kehilangan sejumlah brondolan kelapa sawit dapat secara langsung memengaruhi hasil panen yang dilakukan oleh suatu kebun sawit (Jufri & Chairudin, 2023).



Gambar 2 Brondolan sawit  
Sumber: (Amri, 2021)

#### **2.2 Pengolahan Citra**

Pengolahan citra adalah suatu cara pemrosesan suatu citra menjadi citra lain yang lebih sempurna atau yang diinginkan. Dengan kata lain, pengolahan citra adalah suatu

proses dengan masukan citra dan menghasilkan keluaran berupa citra seperti yang dikehendaki (Sulistiyanti dkk., 2016). Walaupun sebuah citra kaya akan informasi, seringkali terjadi penurunan kualitas citra seperti cacat, derau, ketidakjelasan, hingga kaburnya kualitas citra yang mengakibatkan citra tersebut sulit untuk diinterpretasi karena informasi yang disampaikan berkurang (Putra, 2023). Dengan pengolahan citra, terdapat serangkaian algoritma yang dapat melakukan operasi seperti meningkatkan kualitas citra, mengekstraksi informasi penting yang terdapat pada citra, dan membuat citra menjadi lebih mudah untuk dipahami atau digunakan dalam berbagai aplikasi (Dijaya, 2023).

### 2.3 Citra Digital

Citra digital adalah bentuk representasi visual dari suatu objek dalam bentuk digital yang dapat diolah dan diproses oleh komputer. Citra ini terdiri dari elemen-elemen titik yang disebut piksel dan tersusun dalam bentuk baris dan kolom (Dijaya, 2023). Secara matematis, sebuah citra dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi, yaitu  $f(x, y)$  dimana variabel  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dalam ruang dua dimensi dan amplitudo dari fungsi  $f$  pada setiap pasangan koordinat  $(x, y)$  merupakan intensitas warna pada suatu titik dari citra tersebut (Gonzalez and Woods, 2018).

Citra digital adalah kondisi ketika variabel  $x$ ,  $y$ , dan nilai intensitas pada citra memiliki nilai yang terbatas (Gonzalez and Woods, 2018). Dengan mengalami penyesuaian dengan proses pengolahan di komputer, versi diskret citra adalah  $f(m, n)$ , dengan  $m$  dan  $n$  yang secara umum  $M = 0, 1, 2, \dots, M - 1$  dan  $N = 0, 1, 2, \dots, N - 1$ . Dengan demikian, sebuah citra memiliki sebanyak  $M \times N$  nilai ketelitian data citra atau yang biasa disebut dengan piksel. Gambar 3 menampilkan representasi citra digital sebagai matriks dengan  $M$  sebagai baris dan  $N$  sebagai kolom (Sulistiyanti et al., 2016).

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Gambar 3 Citra digital dalam matriks

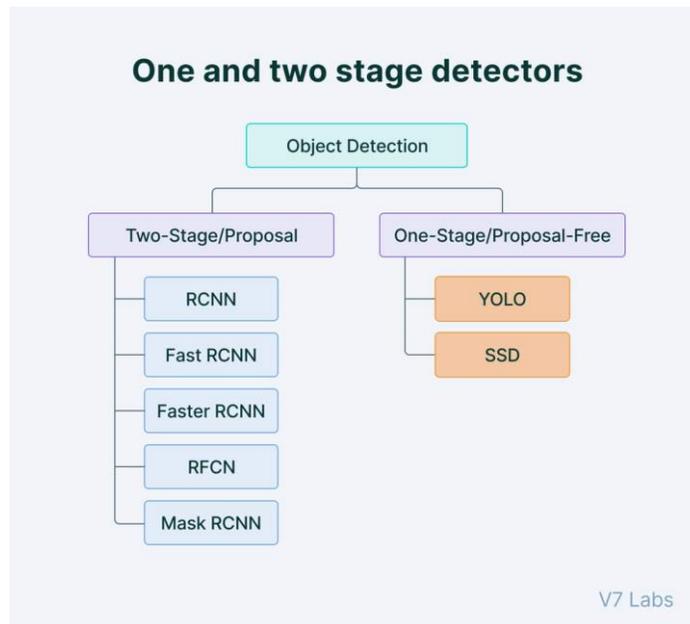
Sumber: (Gonzalez & Woods, 2018)

Berdasarkan Gambar 3, terdapat perbedaan pada cara menyatakan posisi titik antara koordinat pada citra dengan koordinat grafik kartesian, dengan titik (0,0) pada citra berada pada titik kiri paling atas sedangkan titik (0,0) pada grafik kartesian berada pada titik kiri paling bawah.

## 2.4 Deteksi Objek

Deteksi objek adalah sekumpulan operasi visi komputer yang bertujuan untuk mengidentifikasi informasi dari objek-objek yang berada pada citra digital. Deteksi objek menggabungkan dua operasi pendeteksian, yaitu lokalisasi dan klasifikasi. Klasifikasi citra adalah operasi yang bertujuan untuk memprediksi kelas dari suatu objek yang berada pada gambar. Sedangkan operasi lokalisasi mengacu pada operasi untuk mengidentifikasi satu objek atau lebih yang berada pada sebuah gambar dan menggambarkan *bounding box* pada wilayah objek tersebut berada. Dengan menggabungkan kedua operasi ini, sebuah algoritma pendeteksian objek akan mengeluarkan output berupa nama kelas dari objek yang telah dideteksi dan *bounding box* yang berisi lokasi atau piksel tempat objek tersebut berada (Browniee, 2019).

Algoritma deteksi objek secara garis besar diklasifikasikan berdasarkan banyaknya inputan citra melalui jaringan operasi konvolusi yaitu *single-shot detectors* dan *two-stage detectors*.



Gambar 4 Algoritma deteksi objek  
Sumber: (Kundu, 2023)

Algoritma pendeteksian objek dengan konsep *single-shot* melakukan prediksi lokasi dan keberadaan objek dalam sebuah gambar melalui satu kali proses (*pass*) terhadap gambar inputan. Proses ini menjadikan pendekatan *single-shot* efisien dari segi komputasi karena seluruh gambar diproses sekaligus tanpa memerlukan tahapan tambahan untuk memperbaiki atau mengonfirmasi prediksi. Sedangkan operasi pendeteksian objek dengan pendekatan *two-stage* melibatkan dua tahap pemrosesan gambar yaitu tahapan pertama yang menghasilkan sejumlah proposal atau potensi lokasi objek pada gambar. Tahap pertama ini bertujuan untuk mempersempit area gambar yang perlu diperiksa lebih lanjut, dengan memberikan kemungkinan lokasi objek gambar. Selanjutnya, proposal dari tahap pertama akan diperiksa secara lebih mendalam pada tahap kedua untuk menghasilkan prediksi akhir mengenai keberadaan objek dan klasifikasinya. Proses ini membantu memperbaiki prediksi awal dan meningkatkan akurasi hasil deteksi (Kundu, 2023).

Kedua konsep objek deteksi ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing dimana deteksi objek dengan pendekatan *single-shot* lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi *real-time* dimana kecepatan dan efisiensi komputasi lebih

diutamakan, meskipun dengan akurasi yang mungkin sedikit lebih rendah. Deteksi objek dengan pendekatan two-stage sendiri akan lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi dimana akurasi hasil pendeteksian merupakan hal yang sangat penting, meskipun membutuhkan lebih banyak waktu dan sumber daya komputasi (Kundu, 2023).

## 2.5 Visi Komputer

Visi komputer adalah sebuah bidang ilmu yang berfokus pada pemanfaatan komputer untuk melihat objek yang berasal dari dunia nyata. Khrisna (2017) mendeskripsikan bahwa terdapat dua definisi dari visi komputer. Visi komputer dapat didefinisikan sebagai bidang ilmu yang bertujuan untuk menghasilkan informasi dari citra digital. Informasi-informasi yang dihasilkan dapat berupa identifikasi gambar, pengukuran jarak, atau bahkan aplikasi *augmented reality*. Selain itu, visi komputer juga dapat didefinisikan sebagai penciptaan dan pengaplikasian algoritma yang dapat memahami informasi dan konten yang berada pada sebuah gambar (data latih) dan mengaplikasikannya untuk gambar lainnya (data validasi dan data uji) (Khrisna, 2017).

Visi komputer berusaha mengadopsi cara kerja mata manusia untuk memahami konten dari citra digital. Penglihatan manusia bekerja dengan dua komponen utama yaitu proses penglihatan yang dilakukan oleh mata untuk menangkap detail dari sebuah objek atau skenario sebanyak-banyaknya dan proses interpretasi dimana detail yang telah ditangkap oleh retina mata akan diubah menjadi sebuah neuron yang akan dikirim ke otak untuk mengekstraksi informasi dari gambar yang telah dilihat oleh mata.

Secara garis besar, visi komputer bekerja menyerupai cara kerja persepsi penglihatan manusia dengan proses penangkapan gambar yang jauh lebih baik dibandingkan mata manusia yang mana komputer dapat melihat cahaya infrared hingga objek yang lebih jauh dengan presisi yang lebih baik. Namun, komputer masih sulit untuk menyerupai kemampuan manusia dalam hal persepsi (Khrisna, 2017). Sebuah sistem persepsi penglihatan yang sempurna harus dapat melihat jumlah objek dan skenario yang tak terbatas dan masih dapat mengambil informasi dari gambar tersebut. Visi komputer bekerja dengan sangat baik untuk masalah yang memiliki batasan yang

jelas, tetapi masih belum bisa menyelesaikan masalah baru yang belum pernah komputer tersebut pelajari sebelumnya (Browniee, 2019).

Namun demikian, telah sangat banyak progres yang dibuat sejak pertama kali ide visi komputer diperkenalkan. Pengaplikasian visi komputer saat ini telah banyak dilakukan di berbagai bidang dengan bermacam-macam tugas dan teknik khusus. Pengaplikasian visi komputer banyak dilakukan di tugas-tugas seperti klasifikasi objek, identifikasi objek, pemrosesan gambar, dan pengenalan pola. Sangatlah penting untuk mengidentifikasi masalah yang ingin kita pecahkan pada tahap awal pengaplikasian visi komputer untuk mengenali sebuah objek atau skenario pada citra digital (Browniee, 2019).

## **2.6 Python**

Python adalah sebuah bahasa pemrograman berorientasi objek yang diperkenalkan secara publik pada tahun 1991 dan dikembangkan oleh Guido van Rossum. Python merupakan salah satu bahasa pemrograman yang memiliki tingkat popularitas yang sangat tinggi di dunia. Salah satu alasan utama popularitas Python adalah desainnya yang mudah dibaca dan dipahami, memungkinkan pengembang untuk menulis kode yang jelas dan ringkas (Deitel & Deitel, 2019).

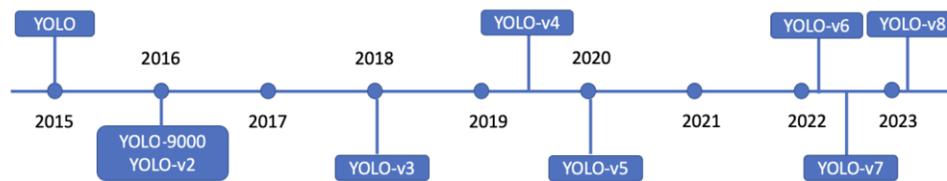
Sebagai bahasa pemrograman *open source*, Python memiliki komunitas yang besar dan aktif, yang terus berkontribusi dalam pengembangan dan pemeliharaan berbagai perpustakaan pihak ketiga. Selain itu, Python kompatibel dengan berbagai platform dan sistem operasi, sehingga memudahkan pengintegrasian dengan teknologi lain. Dengan kemampuannya yang luas dan fleksibel, Python menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi, seperti data science, kecerdasan buatan hingga pembuatan perangkat lunak yang kompleks (Putra, 2023).

## **2.7 Algoritma *You Only Look Once* (YOLO)**

*You Only Look Once* (YOLO) merupakan algoritma pendeteksian objek yang memperkenalkan pendekatan terbaru yang berbeda dari algoritma deteksi objek

sebelumnya. YOLO menggunakan jaringan neural yang langsung membuat prediksi untuk *bounding box* dan kemungkinan dari kelas objek yang telah dideteksi satu kali secara langsung, berbeda dengan algoritma deteksi objek *two-stage* yang menggunakan kembali hasil prediksi dari jaringan neural pertama untuk dimasukkan kembali ke operasi jaringan *neural* kedua (Kundu, 2023).

Sejak pertama dirilis oleh Redmon dkk pada tahun 2016, algoritma YOLO telah mengalami evolusi dimana setiap perkembangannya melampaui performa dari algoritma YOLO sebelumnya. Gambar 5 di bawah menunjukkan linimasa dari perkembangan YOLO tiap tahunnya.

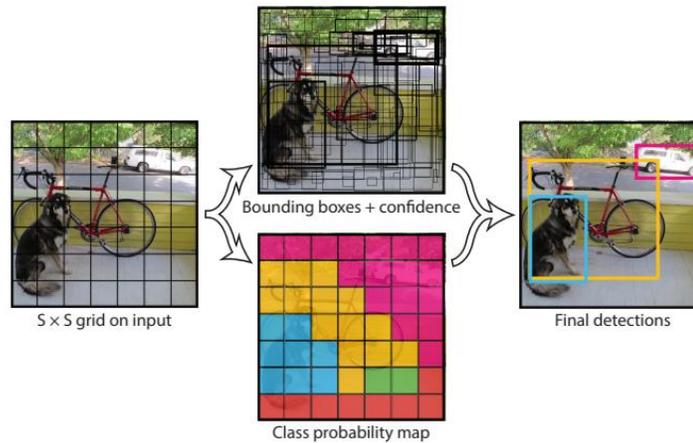


Gambar 5 Lini Waktu perkembangan algoritma YOLO  
Sumber: (Zhang, 2023)

Algoritma YOLO bekerja dengan mengambil gambar input untuk diproses pada *convolutional neural network* sederhana untuk mengekstrak fitur-fitur yang terdapat pada gambar tersebut dan memprediksi *bounding box* secara bersamaan. Gambar inputan akan dibagi menjadi  $S \times S$  grid dan setiap grid akan memproduksi *bounding box* dan nilai *confidence score* dari *bounding box* setiap grid tersebut. Nilai *confidence score* ini menginformasikan seberapa yakin algoritma YOLO memprediksi apakah *bounding box* tersebut memiliki objek di dalamnya. Berdasarkan nilai *threshold* yang akan dimasukkan, *bounding box* yang melewati batas nilai *threshold* akan dikeluarkan sebagai output yang berarti *bounding box* tersebut memiliki objek yang ingin dideteksi di dalamnya (Ankushsharma, 2020).

Arsitektur YOLO secara umum memiliki tiga komponen utama: *backbone*, *neck*, dan *head*. Masing-masing komponen ini memiliki peran penting dalam proses deteksi objek, dari ekstraksi fitur visual hingga prediksi *bounding box* dan klasifikasi. *Backbone* adalah bagian dari jaringan yang terdiri dari lapisan konvolusional yang berfungsi untuk mendeteksi fitur-fitur utama dari sebuah gambar dan memprosesnya.

Setelah *backbone* telah selesai melakukan tugas ekstraksi fitur visual dari gambar, informasi tersebut akan diteruskan ke bagian *neck* yang menghubungkan *backbone* dengan *head* dan bertanggung jawab untuk mengolah fitur-fitur yang telah diekstrak oleh *backbone* menjadi representasi yang siap untuk diprediksi. Pada tahap ini, model mulai membuat prediksi tentang probabilitas objek dan koordinat *bounding box* berdasarkan fitur yang telah diproses. Pada tahap akhir, *head* akan mengeluarkan output terakhir dari jaringan YOLO yang menghasilkan prediksi akhir berupa lokasi *bounding box* dan kelas hasil klasifikasi untuk tugas pendeteksian objek (Aggarwal, 2024).



Gambar 6 Garis besar cara kerja algoritma YOLO dalam pendeteksian objek  
 Sumber: (Redmon dkk., 2016)