IDENTIFIKASI INDEKS DAN STATUS VEGETASI MANGROVE MELALUI CITRA UDARA MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO (*YOU ONLY LOOK ONCE*)

(Skripsi)

Oleh:

VICA ACNIA FRATIWI

NPM 2015031069

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

IDENTIFIKASI INDEKS DAN STATUS VEGETASI MANGROVE MELALUI CITRA UDARA MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO (YOU ONLY LOOK ONCE)

Oleh

VICA ACNIA FRATIWI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapat Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024

ABSTRAK

IDENTIFIKASI INDEKS DAN STATUS VEGETASI MANGROVE MELALUI CITRA UDARA MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO (*YOU ONLY LOOK ONCE*)

Oleh

VICA ACNIA FRATIWI

Mangrove merupakan ekosistem pesisir yang penting untuk melindungi pantai, menyediakan habitat, dan menyerap karbon. Namun, mangrove rentan terhadap berbagai ancaman, sehingga diperlukan sistem pemantauan yang akurat dan efektif. Penelitian ini mengembangkan program menggunakan algoritma YOLO untuk mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove. Sebagai pembanding pendekatan ini juga diaplikasikan pada pemantauan lahan kebun sawit dan tebu. Metode YOLOv5 dan YOLOv8 digunakan dalam pelatihan model deteksi mangrove, sawit, dan tebu menggunakan citra udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model YOLOv8 memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan YOLOv5, dengan nilai mAP mencapai 85%. Pengujian untuk indeksasi tanaman di Hutan Mangrove Petengoran menunjukkan bahwa model YOLOv8 memiliki tingkat akurasi sekitar 95% di kondisi lapangan. Model YOLOv8 juga memberikan kinerja yang baik pada pengujian lahan sawit dengan nilai mAP 94% dan tingkat akurasi mencapai 97.5% di kondisi lapangan. Namun, kinerja model YOLOv8 pada pengujian lahan tebu hanya mencapai nilai mAP 18% dengan tingkat akurasi 32-77% di kondisi lapangan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan sistem pemantauan mangrove dan lahan pertanian. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi tantangan dalam deteksi lahan tebu.

Kata Kunci: Mangrove, Sawit, Tebu, YOLOv5, YOLOv8, Deteksi.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF MANGROVE VEGETATION INDEX AND ITS STATUS THROUGH AERIAL IMAGERY USING YOLO ALGORITHM (YOU ONLY LOOK ONCE)

By

VICA ACNIA FRATIWI

Mangroves are important coastal ecosystems that protect coastlines, provide habitats, and sequestering carbon. However, mangroves are vulnerable to various threats, so an accurate and effective monitoring system is needed. This study developed a program using the YOLO algorithm to identify the status and vegetation index of mangroves. For the comparison, this approach was also applied to the monitoring of oil palm and sugarcane plantations. The YOLOv5 and YOLOv8 methods were used to train models to detect mangroves, oil palms, and sugarcane using aerial images. The results showed that the YOLOv8 model had better performance than YOLOv5, with the mAP value of 85%. Testing in the Petengoran Mangrove Forest for vegetation index showed that the model had an accuracy rate of around 95% compare to the actual field conditions. The model also provided high accuracy detection of oil palm plantations, reaching 97.5%. However, the detection results on sugarcane plantation only reached an accuracy rate of 16-29%. Overall, the results of this study contribute to the development of mangrove and agricultural land monitoring systems. However, further research is needed to address the challenges in sugarcane field detection.

Keywords: Mangrove, Oil Palm, Sugarcane, YOLOv5, YOLOv8, Detection.

Judul	:	IDENTIFIKASI INDEKS DAN STATUS VEGETASI MANGROVE MELALUI CITRA UDARA MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO (*YOU ONLY LOOK ONCE*)
Nama Mahasiswa	:	Vica Acnia Fratiwi
Nomor Pokok Mahasiswa	:	2016031069
Program Studi	:	Teknik Elektro
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr.ing Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.	Aryanto, S.T., M.T.
NIP. 197311281999031005	NIP. 199006212019031011

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro	Ketua Program Studi Teknik Elektro
Herlinawati,S.T., M.T.	Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP. 197103141999032001	NIP. 197404222000122001

v

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr.ing Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. .....

Sekertaris : Aryanto, S.T., M.T. .....

Penguji : Dr.ing. Melvi, S.T., M.T .....

2. Dekan Fakultas Teknik:

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Januari 2024

vi

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Januari 2024

Vica Acnia Fratiwi
NPM. 2015031069

RIWAYAT HIDUP

Penulis Lahir di Bekasi, pada tanggal 19 Mei 2002 sebagai anak ke-tiga dari 4 bersaudara, anak dari bapak Nazarman dan ibu Nilawati. Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di SDN 03 Telaga Murni pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 02 Cikarang Barat diselesaikan pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 01 Cikarang Barat diselesaikan pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, Penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO UNILA) sebagai Anggota Departemen Sosial dan Kewirausahaan Divisi Kewirausahaan pada periode 2020 dan periode 2021. Penulis aktif sebagai Asisten Laboratorium Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2023. Penulis mengikuti program kampus merdeka studi independen Orbit Future Academy di PT. Orbit Ventura Indonesia pada tanggal 18 Agustus sampai 31 Desember 2022 dengan meyusun Laporan Proyek Akhir dengan Judul Implementasi Metode Yolov7 Untuk Sistem Deteksi Penggunaan *Safety Helmet* Pada Pekerja Kontruksi. Penulis kembali mengikuti program kampus merdeka studi independen Orbit Future Academy di PT. Orbit Ventura Indonesia pada tanggal 16 Februari sampai 30 Juni 2023 dengan menyusun Laporan Proyek Akhir dengan Judul Klasifikasi Motif Batik Menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dan Berbasis NLP.

PERSEMBAHAN

Dengan Ridho Allah SWT

Teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW

Kupersembahkan Skripsi ini sebagai tanda terimakasih kepada:

Ayah dan Ibuku Tersayang

NAZARMAN dan NILAWATI

Serta Kakak-kakak dan Adikku Tersayang

Nina Monica, S.E.

Erica Dwi Wulandari

M. Ary Kurniawan

Keluarga besar, Dosen, Teman, Serta Almamater yang telah menjadi motivasi dan inspirasi, terima kasih atas kekeluargaan, do'a, serta dukungan yang selalu mengiringi hingga merasa lebih baik dari hari ke hari.

Terimakasih untuk segala Tulus Kasih, Semangat, dan Dukungan dalam

segala hal selama ini, sehingga aku dapat menyelesaikan kuliahku.

MOTTO

“We learn to manage our minds, our thoughts, and our spirits. Every choice we make, motivated by either faith or fears, directs our spirits. If a person’s spirit is impelled by fear, then fear returns to her energy field and to her body. If she directs her spirit in faith, however, then grace returns to her energy field, and her biological system thrive”

“Tomorrow will be better.”

“But what if it’s not?”

“Then you say it again tomorrow. Because it might be. You never know, right? At some point, tomorrow *will* better.”

— Thedeepreads

“Seasons change,

People change,

Feelings change.

Learn to be

Grateful for every

Experience”

—Hanna Shebar

“No one knows

What awaits us Around the

Corner, so stop

Planning life,

And start living it”

—Hanna Shebar

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga laporan skripsi ini yang berjudul "**Identifikasi Indeks dan Status Vegetasi Mangrove Melalui Citra Udara Menggunakan Algoritma YOLO (*You Only Look Once*)"** dapat selesai tepat pada waktunya. Yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam, Nabi MuhammadSAW. sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari akhir zaman. Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr.Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung, sekaligus Dosen Pembimbing Pendamping.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
5. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, arahan, masukan, motivasi, dan pandangan kehidupan kepada penulis disetiap kesempatan dengan baik dan ramah.

6. Ibu Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Telekomunikasi Informasi, sekaligus penguji utama tugas akhir dan telah banyak membantu memberikan kritik, saran, suasana yang ceria dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis
7. Bapak Aryanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua, yang telah banyak membimbing dan memberi dukungan kepada penulis.8. Ibu Endah Komalasari, Dr. Eng sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
8. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkatilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan9. Ayahandaku tersayang Nazarman, Ibundaku tercinta Nilawati, ayuk-ayukku yang baik hati Nina Monica, Erica Dwi Wulandari dan Adikku yang ganteng M. Ary Kurniawan, sebagai orang yang selalu mendukung, menasehati danmendo'akan penulis.
10. Waktu adalah hal yang paling berharga dalam hidup kita dan orang-orang yang rela mengorbankan waktu mereka untuk orang lain pantas mendapatkan rasa hormat dan terima kasih. Terima kasih kepada Dendy Fadilla Zulva atas keterlibatan dan waktunya.
11. Rekan-rekan Teknik Elektro dan Teknik Informatika Universitas Lampung Angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.
12. Semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi kemajuan bersama.

Bandar Lampung, 19 Januari 2024

Penulis

Vica Acnia Fratiwi

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRACT ..... **ii**
ABSTRAK ..... **iii**
HALAMAN JUDUL ..... **iv**
LEMBAR PERSETUJUAN ..... **v**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **vi**
SURAT PERNYATAAN ..... **vii**
RIWAYAT HIDUP ..... **viii**
PERSEMBAHAN ..... **ix**
MOTTO ..... **x**
SANWACANA ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xvi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvii**
I. PENDAHULUAN **1**
1.1.Latar belakang 1
1.2.Tujuan Penelitian 2
1.3.Rumusan Masalah 3
1.4.Batasan Masalah 3
1.5.Manfaat Penelitian 3
1.6.Hipotesis 4
1.7.Sistematika Penulisan 4
II. TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1. Penelitian Terkait 6
2.2. Ekosistem Mangrove 9
2.3. Gambaran Umum Mangrove Indonesia 10
2.3.1 *Sonnetaria Alba* 11

2.3.2 *Avicennia Alba* 12
2.3.3 *Rhizopora Apiculata* 13
2.4. Fungsi Hutan Mangrove 14
2.5. Kerusakan Hutan Mangrove 15
2.6. Deteksi Obyek 16
2.7. YOLO (*You Only Look Once*) 18
2.8. YOLOv5 22
2.9. YOLOv8 23
2.10. *Comparing* YOLOv5 vs YOLOv8 24
2.11. *Mean Average Precision* (mAp) 26
2.12. *F-Measure* 26
2.13. *Precision* 27
2.14. *Recall* 27
III. METODE PENELITIAN 29
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 29
3.2. Alat dan bahan 29
3.3. Prosedur Penelitian 30
3.4. Perancangan Program 31
3.4.1. Pengolahan Citra 31
3.4.2. Metode YOLO 35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1. Dataset 41
4.2. Hasil Pengolahan Citra 43
4.2.1. Membaca citra dalam ruang warna RGB 43
4.2.2. Hasil konversi ke ruang warna HSV 44
4.3. Deteksi obyek Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) 48
4.3.1. Prepocessing 48
4.3.2. Pembangunan model 50
4.4. Evaluasi kinerja YOLOv5 dan YOLOv8 54
4.4.1. Kinerja YOLOv5 54

4.4.2. Kinerja YOLOv8 56
4.4.3. Perbandingan kinerja YOLOv8 menggunakan dua komputasi yang berbeda 59
4.4.4. Analisis hasil pembahasan dan pengujian.....60
4.5. *Testing* Perhitungan 61
4.5.1. Hasil perhitungan mangrove pada seluruh kawasan mangrove 61
4.5.2. Perbandingan hasil perhitungan mangroce secara manual dengan hasil deteksi 62
4.5.3. Hasil perhitungan pohon sawit.....64
4.5.4. Hasil perhitungan rumpun tebu.....68
V. KESIMPULAN DAN SARAN 71
5.1. Kesimpulan 71
5.2. Saran 72
DAFTAR PUSTAKA.....73
LAMPIRAN.....79

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 *Problem Scoping* 36
Tabel 4.1 Membaca citra dalam ruang warna RGB 43
Tabel 4.2 Proses Konversi warna ke ruang warna H, S, V 45
Tabel 4.3 Jumlah dataset yang digunakan.....49
Tabel 4.4 Hasil percobaan dari *training* kinerja YOLOv5s.....55
Tabel 4.5 Hasil percobaan dari *training* kinerja YOLOv5x 55
Tabel 4.6 Hasil percobaan dari *training* kinerja YOLOv5l 55
Tabel 4.7 Hasil akurasi dari evaluasi kinerja YOLOv5s.....56
Tabel 4.8 Hasil akurasi dari evaluasi kinerja YOLOv5x 56
Tabel 4.9 Hasil akurasi dari evaluasi kinerja YOLOv5l 56
Tabel 4.10 Hasil percobaan dari *training* kinerja YOLOv8m 57
Tabel 4.11 Hasil percobaan dari *training* kinerja YOLOv8s.....57
Tabel 4.12 Hasil percobaan dari *training* kinerja YOLOv8n 58
Tabel 4.13 Hasil percobaan dari *training* kinerja YOLOv8x 58
Tabel 4.14 Hasil akurasi dari evaluasi kinerja YOLOv8m 58
Tabel 4.15 Hasil akurasi dari evaluasi kinerja YOLOv8s.....59
Tabel 4.16 Hasil akurasi dari evaluasi kinerja YOLOv8n 59
Tabel 4.17 Hasil akurasi dari evaluasi kinerja YOLOv8x 59
Tabel 4.18 Perbandingan hasil kinerja YOLOv5 dengan YOLOv8 60
Tabel 4.19 Perbandingan hasil kinerja YOLOv8 dengan dua komputasi yang berbeda 61
Tabel 4.20 Hasil deteksi zona 3, zona 4, dan zona 5 62
Tabel 4.21 Perhitungan manual lahan mangrove Zona 1 dan Zona 2.....62
Tabel 4.22 Perbandingan Jumlah Rumpun Datatest secara manual, Jumlah Rumpun Hasil Deteksi dan Akurasinya.....63
Tabel 4.23 Perhitungan manual pada lahan kebun sawit I.....65
Tabel 4.24 Perhitungan manual pada lahan kebun sawit II 65

Tabel 4.25 Perhitungan manual pada lahan kebun sawit III 65
Tabel 4.26 Perbandingan Jumlah Rumpun Datatest secara manual, Jumlah Rumpun Hasil Deteksi dan Akurasinya 66
Tabel 4.27 Perhitungan Manual pada lahan kebun tebu I.....68
Tabel 4.28 Perhitungan Manual pada lahan kebun tebu II.....68
Tabel 4.29 Perbandingan Jumlah Rumpun Datatest secara manual, Jumlah Rumpun Hasil Deteksi dan Akurasinya.....69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hutan Mangrove Petengoran.....10
Gambar 2.2 (a) Buah *Sonneratia alba*, (b) Daun *Sonneratia alba*, (c) Akar *Sonneratia alba*, (d) Batang *Sonneratia alba*, (e) Pohon *Sonneratia alba*.....11
Gambar 2.3 (a)*Daun Avicennia alba*, (b) *Pohon Avicenna alba*, (c) *Akar Avicenna alba*.....12
Gambar 2.4 (a) Akar *Rhizopora apiculata*, (b) Daun *Rhizopora apiculata* 13
Gambar 2.5 Deteksi Obyek Pada Pohon.....17
Gambar 2.6 Arsitektur YOLO 18
Gambar 2.7 Sistem Deteksi YOLO.....19
Gambar 2.8 Komponen *Bounding Box* 20
Gambar 2.9 Contoh *Intersection Over Union* 20
Gambar 2.10 Perhitungan Iou 20
Gambar 2.11 Alur Kerja Algoritma YOLO dalam Pendeteksian obyek pada citra22
Gambar 2.12 Arsitektur YOLOv5 23
Gambar 2.13 Arsitektur YOLOv8 24
Gambar 2.14 Perbandingan kinerja deteksi obyek YOLOv5 dan YOLOv8.....24
Gambar 3.1 Diagram alir pengolahan citra.....32
Gambar 3.2 Mangrove dalam kondisi sehat 33
Gambar 3.3 Citra mangrove mati.....34
Gambar 3.4 Perbandingan gambar asli dengan gambar dalam ruang warna HSV 34
Gambar 3.5 Diagram alir *AI Project cycle* untuk metode YOLOv8 35
Gambar 3.6 Diagram alir *Exploration* 37
Gambar 3.7 Labeling obyek mangrove dan mangrove mati menggunakan Roboflow 37
Gambar 3.8 Rincian *preprocessing* data dan augmentasi data 38
Gambar 3.9 Alur proses tahap modeling 39
Gambar 4.1 Citra Udara 42

Gambar 4.2 Jumlah dataset dan jenis *preprocessing* dan augmentasi yang digunakan 42
Gambar 4.3 Jumlah dataset dan hasil *augmentasi flip* 50
Gambar 4.4 Inisiasi awal menghubungkan *repository* YOLOv5 dengan Google Colab 52
Gambar 4.5 Inisiasi awal menghubungkan *repository* YOLOv8 dengan Google Colab 52
Gambar 4.6 Ekstrak dataset dari Roboflow 52
Gambar 4.7 Konfigurasi *training* dataset YOLOv5.....53
Gambar 4.8 Konfigurasi *training* dataset YOLOv8.....53

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Ekosistem mangrove adalah salah satu ekosistem pesisir yang unik dan penting yang terdiri dari hutan-hutan yang tumbuh di wilayah berawa atau berlumpur antara daratan dan laut. Berdasarkan Peta Mangrove Nasional oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2021, total luas mangrove Indonesia saat ini seluas 3.364.076 hektar, yang terdiri dari 2.661.281 hektar dalam kawasan serta 702.799 hektar di luar kawasan. Provinsi Lampung sendiri memiliki luasan mangrove sekitar 10.533,67 hektar [1]. Menurut Prasetyo et al, jika diasumsikan dengan panjang pantai seluas 1.105 km, maka hutan mangrove Provinsi Lampung terletak di sepanjang 896 km dari total tersebut, salah satunya hutan mangrove Petengoran yang berada di Desa Gebang, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran yang memiliki luas hasil pemetaan 267,29 Ha dan luas potensi hutan mangrove 8,3821 Ha. Desa ini dikembangkan sebagai destinasi wisata edukasi pada tahun 2018 dan pengelolaannya diserahkan kepada Bumdes Makmur Jaya [2].

Hutan mangrove Petengoran Desa Gebang dikembangkan melalui kerjasama masyarakat Desa Gebang dengan PT. Jafpa Comfeed Indonesia Tbk untuk menjadi salah satu destinasi wisata di Provinsi Lampung [3]. Selain manfaat wisata, hutan mangrove petengoran memiliki beragam fungsi ekologis yang sangat penting. Kawasan mangrove memberikan jasa lingkungan yang sangat besar, seperti melindungi pantai dari erosi akibat ombak, bertindak sebagai penghalang terhadap angin, menghalangi air laut masuk ke daratan, menyerap logam berat yang berbahaya serta berfungsi sebagai penyaring polutan [4]. Ekosistem ini juga berperan dalam mengatur iklim mikro dan berperan sebagai penyimpan karbon yang efisien. Selain itu, hutan mangrove juga berfungsi sebagai habitat bagi beragam biota laut, termasuk tempat mencari makan, tempat pembesaran, dan tempat pemijahan untuk beberapa

jenis ikan, kerang, kepiting, dan udang. Hutan mangrove juga berperan sebagai tempat istirahat untuk migrasi berbagai jenis burung. Ekosistem mangrove juga merupakan bagian integral dalam rantai makanan ekosistem pantai, berperan sebagai produsen utama yang menyediakan makanan bagi berbagai hewan laut, termasuk berbagai jenis ikan yang hidup di sekitar mangrove, terutama saat air pasang [5].

Selain fungsi ekologisnya, mangrove juga memiliki peran penting dalam aspek ekonomi di wilayah pesisir. Keberadaan hutan mangrove memberikan manfaat ekonomi signifikan kepada masyarakat pesisir, termasuk peningkatan hasil tangkapan ikan dan pemanfaatan kayu bakau yang memiliki nilai ekspor yang tinggi. Melihat berbagai fungsi tersebut, maka keberadaan hutan mangrove akan memberi dampak bagi kondisi lingkungan di kawasan pesisir [6].

Oleh karena itu, menjaga dan mengembangkan ekosistem mangrove bukan hanya untuk keberlanjutan ekosistem itu sendiri, tetapi juga untuk keberlanjutan global. Penggunaan teknologi seperti YOLO (*You Only Look Once*) adalah langkah revolusioner dalam menjalankan pemantauan hutan mangrove. Dengan kemampuan deteksi dan komputasi yang tinggi, teknologi ini dapat membantu dalam menjaga kelestarian dan menjalankan program rehabilitasi yang dibutuhkan. Penggunaannya dalam upaya ini juga memungkinkan kita untuk mengukur dan memahami perkembangan hutan mangrove seiring waktu, yang sangat penting dalam perencanaan konservasi jangka panjang. Penelitian ini bukan hanya tentang memahami dan melindungi ekosistem mangrove, tetapi juga tentang menjaga kesejahteraan masyarakat yang hidup di sekitarnya. Dengan menggabungkan ilmu pengetahuan dan teknologi kita dapat mencapai tujuan penting ini.

Dengan demikian, pemahaman yang lebih dalam tentang ekosistem mangrove dan pemanfaatan teknologi canggih untuk memantau dan memahaminya adalah langkah menuju masa depan yang lebih berkelanjutan dan berdampak positif bagi planet kita dan generasi mendatang.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan program yang dapat mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove menggunakan algoritma YOLO (*You Only Look Once*).
2. Meningkatkan pemantauan dan pemahaman tentang kondisi ekosistem mangrove di Hutan mangrove petengoran.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan program yang dapat mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove dengan akurasi tinggi menggunakan algoritma YOLO?
2. Bagaimana caranya membangun model yang mampu mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove secara efektif?
3. Apa implikasi dari penggunaan teknologi YOLO dalam upaya pelestarian dan rehabilitasi ekosistem mangrove di Hutan mangrove petengoran?

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada penerapan teknologi YOLO untuk mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove melalui citra udara.
2. Wilayah studi terbatas pada Hutan Mangrove Petengoran, Desa Gebang, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.
3. Penelitian ini tidak mencakup analisis vegetasi yang lebih mendalam seperti jenis mangrove yang tumbuh, tetapi lebih berfokus pada status dan jumlah vegetasi mangrove.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yaitu membangun program yang dapat mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove menggunakan teknologi YOLO, yang akan membantu dalam meningkatkan pemantauan dan pemahaman tentang kondisi ekosistem mangrove di Hutan Mangrove Petengoran, serta memberikan kontribusi dalam upaya pelestarian dan rehabilitasi ekosistem mangrove. Indeks mangrove diukur sebagai parameter kuantitatif yang mencerminkan keberadaan mangrove di suatu wilayah, sementara status mangrove memberikan informasi tentang kondisi mangrove, apakah masih hidup atau telah mati.

1.6 Hipotesis

Dalam penelitian ini program yang dikembangkan memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove melalui citra udara. Program ini akan menghasilkan data yang dapat membedakan mangrove yang hidup dan mangrove yang mati. Dengan demikian, data yang diperoleh dari program ini akan memberikan informasi tentang jumlah vegetasi mangrove yang hidup dan mati secara akurat dan efektif di Hutan Mangrove Petengoran. Indeks vegetasi mangrove, yang diperoleh melalui program ini, mencerminkan parameter kuantitatif yang memperhitungkan keberadaan mangrove di wilayah tersebut. Sementara itu, informasi mengenai status mangrove memberikan gambaran lebih lanjut tentang kondisi kesehatan vegetasi mangrove, membedakan antara mangrove yang masih hidup dengan yang telah mati.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penulisan laporan penelitian ini adalah:
I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan pada penelitian ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai penelitian sebelumnya,

III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian, dan diagram alir penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan memuat perancangan dan analisis dari hasil pengujian, pembahasan hasil penelitian, dan perhitungan kinerja metode yang diusulkan.

V. PENUTUP

Memuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran yang didasarkan pada hasil data mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Muksin Purnama, Rudhi Pribadi, dan Nirwani Soenardjo pada tahun 2020 dari Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro dengan judul penelitian "Analisa Tutupan Kanopi Mangrove Dengan Metode *Hemispherical Photography* di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak". Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur dan menganalisis sejauh mana kanopi pohon mangrove melindungi wilayah di bawahnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Hemispherical Photography* untuk mengukur tutupan kanopi dengan kamera dari bawah kanopi pohon, dan data dianalisis menggunakan *software* Ms. Excel 2013 dan Image J. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa tutupan kanopi mangrove mencapai 81,07%, yang masuk dalam kategori padat [7].

Kemudian penelitian selanjutnya dilakukan oleh Fani Safitri, Luky Adrianto, dan I Wayan Nurjaya pada tahun 2023 dari Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan dan Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University dengan judul penelitian "Pemetaan Kerapatan Ekosistem Mangrove Menggunakan Analisis *Normalized Difference Vegetation* Index di Pesisir Kota Semarang". Metode yang digunakan untuk mengukur kerapatan ekosistem mangrove adalah *Normalized Difference Vegetation Index*, yang digunakan untuk menilai kualitas dan kerapatan vegetasi, termasuk mangrove. Hasil analisis menunjukkan bahwa luas ekosistem mangrove mengalami penurunan yang signifikan selama periode penelitian, dengan faktor-faktor seperti erosi pantai, alih fungsi lahan menjadi area tambak, dan pembangunan tanggul laut Semarang-Demak menjadi penyebab utama penurunan ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang perubahan kerapatan

ekosistem mangrove di wilayah pesisir Kota Semarang, yang penting untuk mengidentifikasi masalah-masalah lingkungan seperti erosi pantai dan banjir rob yang dapat terjadi akibat penurunan ekosistem mangrove [8].

Penelitian Selanjutnya dilakukan oleh Dadang Iskandar Mulyana & M Ainur Rofik dari Program Studi Teknik Informatika, STIKOM CKI Cengkareng Jakarta dengan judul penelitian "Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan diindonesia Menggunakan Metode YOLOV5". Untuk mengatasi masalah kemacetan ini, diperlukan pembangunan pelebaran jalan. Namun, pembangunan pelebaran jalan harus dilakukan dengan tepat, terutama di lokasi-lokasi yang sering mengalami kepadatan lalu lintas. Untuk memahami jenis-jenis kendaraan yang melintas di jalan dan menentukan lokasi yang membutuhkan pelebaran jalan, penelitian ini menggunakan metode YOLOV5 dalam pengolahan citra digital. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode YOLOv5 dapat mendeteksi jenis kendaraan dengan konsistensi dan tingkat akurasi yang tinggi, mencapai tingkat akurasi sekitar 90%. Hal ini memiliki potensi besar untuk membantu pihak berwenang dan pihak terkait dalam mengambil keputusan terkait dengan pembangunan infrastruktur jalan, pengaturan lalu lintas, dan manajemen transportasi yang lebih efisien [9].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Hendrawan, Jonson L. Gaol, dan Setyo Budi Susilo dari Program Studi Teknologi Kelautan Pascasarjana, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor dengan judul penelitian "Studi kerapatan dan perubahan tutupan mangrove menggunakan citra satelit di Pulau Sebatik, Kalimantan Utara". Penelitian ini membahas tentang penerapan teknologi pengindraan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) dalam pemantauan ekosistem mangrove di Pulau Sebatik. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menganalisis korelasi antara nilai *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI) dan persentase tutupan kanopi mangrove, menghitung akurasi klasifikasi tutupan lahan dengan resolusi spasial yang berbeda, dan mengukur perubahan sebaran mangrove dari tahun 2005 sampai 2016. Metode yang digunakan mencakup klasifikasi tutupan lahan dengan algoritma *Maximum Likelihood*, penggunaan

NDVI sebagai indikator kerapatan tutupan mangrove, dan pengukuran lapangan untuk menghitung tutupan kanopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa korelasi antara NDVI dan tutupan kanopi kategori tinggi, serta terjadi peningkatan sebaran mangrove di Pulau Sebatik selama periode yang diteliti [10].

Penelitian selanjutnya berjudul "Dinamika Perubahan Luasan dan Kerapatan Ekosistem Mangrove Di Kawasan Taman Nasional Sembilang Menggunakan Citra Satelit Landsat 8" oleh Sigit Febrianto, Hanan Azzahra Syafina, Nurul Latifah, dan Max Rudolf Muskananfola dari Universitas Diponegoro membahas perubahan luas dan kerapatan mangrove di Kawasan Taman Nasional Sembilang (TNS), Sumatera Selatan. Penelitian ini menggunakan citra satelit Landsat 8 dan metode analisis spasial seperti *Supervised Classification* dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Hasil penelitian menunjukkan penurunan luasan mangrove dari 92.731 hektar pada tahun 2014 menjadi 88.586 hektar pada tahun 2019, dengan faktor utama perubahan melibatkan aktivitas manusia dan faktor alam seperti abrasi dan sedimentasi sungai. Selain itu, kerapatan mangrove juga mengalami perubahan, dengan penurunan pada kategori jarang dan sedang, sementara kerapatan padat mengalami peningkatan [11].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat beberapa perbedaan signifikan dalam pendekatan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Dengan mengidentifikasi perbedaan ini, penelitian ini berusaha memberikan kontribusi yang lebih mendalam dalam pemahaman dinamika ekosistem mangrove. Penelitian terdahulu umumnya menekankan analisis luasan dan kerapatan mangrove. Luasan mangrove adalah ukuran dari area yang ditempati oleh mangrove, sedangkan kerapatan mangrove adalah ukuran dari jumlah mangrove per satuan luas. Kedua parameter ini penting untuk memahami kondisi mangrove, tetapi tidak dapat memberikan informasi yang lebih detail tentang kondisi mangrove. Sementara penelitian ini mengalihkan fokusnya pada analisis indeks dan status mangrove. Indeks mangrove diukur sebagai parameter kuantitatif yang mencerminkan keberadaan mangrove di suatu wilayah, sementara status mangrove memberikan informasi tentang kondisi mangrove, apakah masih hidup atau telah

mati. Sebagai perbedaan signifikan, penelitian ini memilih menggunakan citra udara daripada citra satelit yang umumnya digunakan dalam penelitian sebelumnya. Keputusan ini didasarkan pada keunggulan citra udara dalam hal resolusi spasial yang lebih tinggi, memungkinkan identifikasi obyek-obyek yang lebih kecil, seperti mangrove berukuran kecil, dengan lebih akurat [12].

Metodologi penelitian ini juga memperkenalkan perbedaan dalam pendekatan analisis dengan mengadopsi metode YOLOv8, sebuah metode pendeteksian obyekobyek *real-time* yang dikenal memiliki tingkat akurasi yang tinggi, bahkan untuk obyek-obyek berukuran kecil. Sebagai perbandingan, penelitian sebelumnya cenderung menggunakan metode klasifikasi terbimbing. Metode klasifikasi terbimbing adalah metode yang menggunakan kumpulan data latih untuk mengklasifikasikan obyekobyek-obyekobyek dalam suatu citra. Kumpulan data latih biasanya terdiri dari citra yang telah diberi label, yaitu citra yang telah diidentifikasi obyek-obyeknya. Metode klasifikasi terbimbing memiliki tingkat akurasi yang tinggi, tetapi membutuhkan kumpulan data latih yang besar.

2.2 Ekosistem Mangrove

Hutan mangrove adalah jenis hutan yang terdiri atas formasi dari tumbuhan yang spesifik, dan umumnya dijumpai tumbuh dan berkembang pada kawasan pesisir yang terlindung di daerah tropika dan subtropika. Dalam bahasa Inggris kata mangrove digunakan untuk komunitas tumbuhan yang tumbuh di daerah jangkauan pasang-surut dan juga untuk individu-individu spesies tumbuhan yang menyusun komunitas tersebut. Sedangkan dalam bahasa Portugis kata mangrove digunakan untuk menyatakan individu spesies tumbuhan, sedangkan kata mangal untuk menyatakan komunitas tumbuhan tersebut. Sementara itu, pendapat lain menyatakan bahwa kata mangrove berasal dari bahasa Melayu kuno mangi-mangi yang digunakan untuk menerangkan marga Avicennia dan masih digunakan sampai saat ini di Indonesia bagian timur. Berbagai pengertian mangrove yang berbeda-beda sebenarnya memiliki arti yang sama yaitu formasi hutan daerah tropika dan

subtropika yang terdapat di pantai rendah dan tenang, berlumpur serta mendapat pengaruh pasang surut air laut [13].

Hutan mangrove juga merupakan mata rantai penting dalam pemeliharaan keseimbangan siklus biologi suatu perairan [14]. Ekosistem mangrove adalah hutan yang tumbuh di daerah pasang surut, terutama di pantai yang terlindung dan muara sungai yang tergenang pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut serta komunitas tumbuhannya bertoleransi terhadap garam. Berdasarkan uraian diatas hutan mangrove dapat dikatakan sebagai vegetasi pantai tropis dan sub-tropis yang didominasi oleh beberapa spesies mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut, lumpur dan berpasir. Namun demikian tidak semua pantai ditumbuhi mangrove, karena untuk pertumbuhannya memiliki persyaratan, antara lain adalah kondisi pantainya terlindung dan relatif tenang, dan mendapat sedimen dari muara sungai.

Gambar 2.1 Hutan Mangrove Petengoran [15]

Salah satu ekosistem mangrove di Indonesia yaitu terdapat di Kabupaten Pesawaran yang ditunjukkan oleh Gambar 2.1.

2.3 Gambaran umum mangrove Indonesia

Merujuk data Badan Pusat Statistik per Desember 2021, luas ekosistem mangrove atau bakau di Indonesia mencapai 3,63 juta hektare (Ha) atau 20,37 persen dari total

dunia. Papua menjadi menjadi pulau dengan ekosistem mangrove terluas mencapai 1,63 juta Ha, disusul Sumatera 892,835 Ha, Kalimantan 630.913 Ha. Adapun Bali menjadi pulau dengan ekosistem mangrove terkecil yakni seluas 1.894 Ha. Luasan itu menjadikan Indonesia sebagai negara dengan hutan mangrove terluas di dunia. Dengan luas hutan mangrove 3,63juta hektar, Indonesia menjadi negara dengan hutan mangrove terluas di dunia, mencakup 18-23% dari total hutan mangrove dunia. Luas ini melebihi negara-negara seperti Brazil (1,3 juta ha), Nigeria (1,1 juta ha), dan Australia (0,97 juta ha). Hingga saat ini, di Indonesia telah tercatat setidaknya 202 jenis tumbuhan mangrove, termasuk 89 jenis pohon, 5 jenis palma, 19 jenis tanaman merambat, 44 jenis herba tanah, 44 jenis epifit, dan 1 jenis paku. Dari 202 jenis tersebut, 43 jenis di antaranya, termasuk 33 jenis pohon, dianggap sebagai mangrove sejati (*true mangrove*), sementara jenis lain ditemukan di sekitar hutan mangrove dan dikenal sebagai jenis mangrove pendamping (*associate species*). Di seluruh dunia, terdapat 60 jenis tumbuhan mangrove sejati [16]. Dengan demikian, terlihat bahwa Indonesia memiliki tingkat keragaman jenis yang sangat tinggi dalam ekosistem mangrove. Berikut adalah ciri-ciri fisik dari beberapa jenis mangrove yang dapat ditemukan di Indonesia.

2.3.1 *Sonneratia alba*

Gambar 2.2 (a) Buah *Sonneratia alba*, (b) Daun *Sonneratia alba*, (c) Akar *Sonneratia alba*, (d) Batang *Sonneratia alba*, (e) Pohon *Sonneratia alba* [17].

Tumbuhan mangrove ini memiliki ciri-ciri pohon yang tetap hijau sepanjang tahun, dengan tinggi rata-rata sekitar 15 meter. Kulit batangnya biasanya memiliki warna putih tua atau putih kecoklatan yang khas, dan tumbuhan ini memiliki akar-akar seperti kabel yang tersembunyi di bawah tanah dan muncul sebagai akar nafas yang berbentuk kerucut tumpul, mencapai tinggi sekitar 25 cm. Gambar 2.2 menggambarkan beberapa bagian dari tumbuhan *Sonneratia alba*, yaitu (a) buah, (b) daun, (c) akar, (d) batang, dan (e) pohon utuh. Daunnya berbentuk bulat seperti telur yang melengkung atau bundar di ujungnya, dengan ukuran sekitar 5-12,5 x 3-9 cm. Bunga tumbuhan ini memiliki kelopak yang berbentuk lonceng, dengan ujung putih dan pangkal kuning yang mudah rontok saat mekar. Buahnya berbentuk bola dengan tangkai di ujungnya dan terbungkus dalam kelopak bunga. Mayoritas jenis mangrove ini tumbuh di daerah dengan kadar air asin, umumnya pada substrat berlumpur dan berpasir. Mereka sering ditemukan di sepanjang sungai kecil atau muara yang memiliki aliran air yang pelan dan dipengaruhi oleh pasang surut.

2.3.2 *Avicennia alba*

(a) (b) (c)

Gambar 2.3 (a) Daun *Avicennia alba*, (b) Pohon *Avicennia alba*, (c) Akar *Avicennia alba* [17]

Avicennia alba adalah jenis mangrove yang tumbuh hingga mencapai 25 meter tingginya. Tumbuhan ini memiliki akar nafas yang rumit dan perakaran horizontal.

Batangnya memiliki kulit kayu yang bervariasi, bisa berwarna keabu-abuan atau coklat gelap dengan beberapa tonjolan kecil atau permukaan kulit yang halus. Gambar 2.3 menggambarkan beberapa bagian dari tumbuhan *Avicennia alba*, yaitu (a) daun, (b) pohon, dan (c) akar. Daunnya memiliki ciri permukaan yang halus dan berkilau, terutama di bagian ujung tangkai bunga. Bunga dari *Avicennia alba* memiliki bentuk menyerupai trisula dengan sekelompok bunga kuning yang terdapat di sepanjang ruas tandan. Buahnya berbentuk kerucut atau seperti cabe dengan warna hijau muda hingga kuning. Habitat alami dari mangrove ini biasanya terletak di sepanjang pinggiran sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut dan di wilayah garis pantai dengan air asin. Persebarannya meliputi berbagai negara, termasuk seluruh Indonesia, India hingga Indo Cina, Filipina, dan wilayah Australia tropis.

2.3.3 *Rhizophora apiculata*

(a) (b)

Gambar 2.4 (a) Akar *Rhizopora apiculata*, (b) Daun *Rhizopora apiculata* [17]

Rhizophora apiculata, atau sering disebut tanaman bakau, memiliki karakteristik pohon yang dapat tumbuh hingga mencapai 30 meter dengan batang yang dapat mencapai panjang hingga 50 meter. Salah satu ciri khas mangrove ini adalah perakarannya yang bisa mencapai ketinggian hingga 5 meter, dengan akar-akar yang

menjulur ke udara dari cabang akarnya. Kulit kayunya berwarna abu-abu tua. Gambar 2.4 menggambarkan beberapa bagian dari tumbuhan *Rhizophora apiculata*, yaitu (a) akar, dan (b) daun. Daunnya berwarna hijau tua dengan gradasi ke hijau muda pada bagian tengah dan cenderung kemerahan di bagian bawahnya. Daun mangrove ini berbentuk elips yang menyempit di ujung dan meruncing. Bunga-bunga mangrove ini berwarna kuning kecoklatan dan berbentuk melengkung, terletak di ketiak daun. Buahnya memiliki bentuk memanjang yang menyerupai buah pir dan berwarna coklat.

Rhizophora apiculata tumbuh di daerah dengan substrat berlumpur yang tergenang saat pasang surut normal. Pertumbuhannya lambat, dan ada beberapa faktor yang dapat mengganggu reproduksi tanaman ini, seperti serangan kumbang pada ujung akarnya dan kerusakan kulit akar oleh kepiting. Jenis mangrove ini dapat ditemukan di beberapa negara, termasuk Sri Lanka, seluruh Malaysia, Indonesia hingga Australia dan Kepulauan Pasifik [17].

2.4 Fungsi Hutan Mangrove

Peran penting ekosistem mangrove dalam kehidupan dapat dilihat dari keragaman makhluk hidup yang mendiaminya, baik yang hidup di dalam perairan, di atas tanah, atau di tajuk-tajuk pohon mangrove. Selain itu, ketergantungan manusia terhadap ekosistem ini juga menjadi faktor yang menggambarkan nilai pentingnya. Manfaat dari ekosistem mangrove tidak hanya berdampak secara langsung tetapi juga secara tidak langsung. Beberapa nilai signifikan dari ekosistem mangrove mencakup kemampuannya untuk mengurangi erosi di pantai dan sungai, mengurangi risiko banjir, menghadang intrusi air laut, dan mengurangi tingkat polusi. Ekosistem mangrove juga berperan dalam menyediakan produksi bahan organik sebagai sumber makanan untuk berbagai makhluk laut, dan menjadi tempat asuhan, pemijahan, serta mencari makan bagi berbagai jenis biota laut. Selain itu, ekosistem mangrove juga memiliki potensi besar dalam pengembangan ekowisata di berbagai

negara. Dalam kenyataannya, ekosistem mangrove menjaga stabilitas garis pantai, bertindak sebagai penghalang alami terhadap badai, taufan, pasang surut yang tidak terduga, dan bencana alam lainnya [18].

Fungsi hutan mangrove dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu fungsi fisik, fungsi ekologis dan fungsi ekonomis.

1. Fungsi hutan mangrove secara fisik di antaranya: membantu proses pengendapan lumpur. Dengan hutan mangrove, kualitas air laut terjaga dari endapan lumpur erosi. Selain itu Vegetasi hutan mangrove dapat melindungi bangunan, tanaman pertanian atau vegetasi alami dari kerusakan akibat badai atau angin yang bermuatan garam melalui proses filtrasi.
2. Fungsi hutan mangrove secara ekologis diantaranya sebagai tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat memijah (*spawning ground*), dan tempat berkembang biak (*nursery ground*) berbagai jenis ikan, udang, kerang dan biota laut lainnya, tempat bersarang berbagai jenis satwa liar terutama burung dan reptil. Fungsi ekologis lain dari mangrove adalah sebagai penyerap karbon. Proses fotosentesis mengubah karbon anorganik (CO_2) menjadi karbon organik dalam bentuk bahan vegetasi. Pada sebagian besar ekosistem, bahan ini membusuk dan melepaskan karbon kembali ke atmosfer sebagai (CO_2). Akan tetapi hutan mangrove justru mengandung sejumlah besar bahan organik yang tidak membusuk.
3. Fungsi sosial ekonomi; sumber mata pencarian, produksi berbagai hasil hutan (kayu, arang, obat dan makanan), sumber bahan bangunan dan kerajinan, tempat wisata alam, obyekobyek pendidikan dan penelitian, areal pertambakan, tempat pembuatan garam dan areal perkebunan [19].

2.5 Kerusakan Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove adalah ekosistem pesisir yang kompleks, yang mencakup berbagai jenis tumbuhan dan hewan. Selain berperan sebagai tempat dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi, ekosistem mangrove juga memiliki peran

penting sebagai sumber plasma nutfah genetik dan berkontribusi pada keseluruhan sistem kehidupan di sekitarnya. Seiring dengan pertumbuhan populasi yang cepat, kebutuhan manusia terus meningkat. Namun, peningkatan ini seringkali mengakibatkan eksploitasi sumber daya alam tanpa mempertimbangkan dampak ekologisnya. Hal yang sama terjadi dengan perkembangan wilayah pesisir di sekitar hutan mangrove, di mana penggunaan wilayah tersebut seringkali kurang memperhatikan prinsip-prinsip keberlanjutan dan pelestarian lingkungan [20].

Dalam kurun waktu 34 tahun terakhir, data yang dikeluarkan oleh WHO menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di seluruh dunia mengalami penurunan sebesar 30%. Penurunan terparah tercatat di wilayah pesisir timur laut Pulau Sumatera, Indonesia, yang merupakan kontributor utama kerusakan ekosistem mangrove secara global. Selama periode tersebut, Indonesia menjadi penyumbang terbesar dalam kerusakan ini. Ketika ekosistem mangrove di seluruh dunia kehilangan total 800.000 hektar, lebih dari separuhnya terjadi di Indonesia [21]. Kerusakan ekosistem mangrove disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk perubahan penggunaan lahan menjadi perkebunan kelapa sawit, eksploitasi pohon bakau untuk produksi kayu arang, pembangunan tambak, dan deforestasi ilegal oleh masyarakat. Restorasi hutan mangrove mendapat perhatian secara luas mengingat tingginya nilai sosial-ekonomi dan ekologi ekosistem ini. Restorasi berpotensi besar menaikkan nilai sumber daya hayati mangrove, memberi mata pencaharian penduduk, mencegah kerusakan pantai, menjaga biodiversitas, produksi perikanan, dan lain-lain [22].

2.6 Deteksi Obyek

Deteksi obyek merupakan salah satu teknik dari bidang *Computer Vision* (salah satu bidang kecerdasan buatan yang membahas bagaimana mesin dapat melihat layaknya manusia). Tujuan deteksi obyek adalah "*The goal of object detection is to detect all instances of objects from one or several known classes, such as people, cars or faces in an image. Typically only a small number of objects are present in the image, but*

there is a very large number of possible locations and scales at which they can occur and that need to somehow be explored" atau bisa diartikan bahwa tujuan dari deteksi obyek adalah untuk mendeteksi semua instansi obyek dari satu atau beberapa kelas yang diketahui, seperti manusia, mobil, atau wajah dalam sebuah gambar. Biasanya, hanya sedikit obyek yang ada dalam gambar, tetapi ada jumlah lokasi dan skala yang sangat besar di mana obyek tersebut dapat muncul dan perlu dijelajahi dengan cara tertentu [23]. Deteksi obyek memiliki penerapan yang luas di berbagai bidang, mulai dari sektor kesehatan hingga lingkungan. Deteksi obyek dalam bidang lingkungan memiliki tujuan utama untuk pemantauan dan perlindungan populasi pohon. Gambar 2.5 menunjukkan contoh penerapan deteksi obyek pada pohon. Pada gambar tersebut, model deteksi obyek berbasis *Deep Learning* berhasil mendeteksi pohon-pohon dalam sebuah gambar.

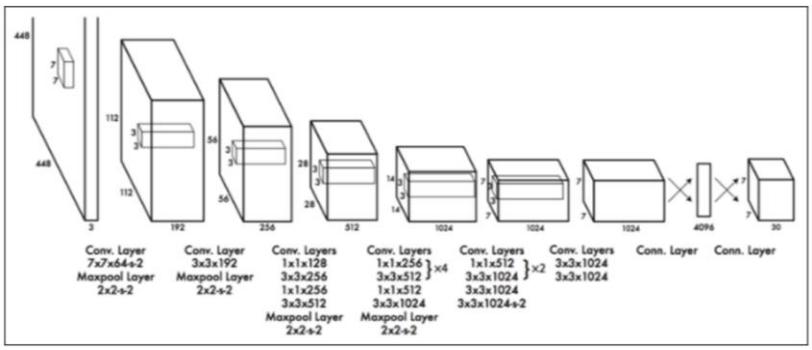
Gambar 2.5 Deteksi obyek pada pohon [24]

Selama dua dekade terakhir, deteksi obyek telah mengalami dua periode yang berbeda. Pertama, terdapat periode deteksi obyek tradisional sebelum tahun 2014. Pada periode ini, metode deteksi obyek yang digunakan tergolong tradisional karena pada saat itu belum ada representasi citra yang efektif. Sebagai hasilnya, para peneliti harus merancang representasi fitur yang rumit dan menggunakan berbagai teknik untuk mempercepat proses komputasi dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya yang tersedia. Kemudian, terdapat periode deteksi obyek berbasis *Deep Learning* setelah tahun 2014 [25]. Metode-metode deteksi obyek berbasis *Deep Learning*, seperti *Convolutional Neural Networks* (CNNs), telah

memberikan kemajuan besar dalam hal akurasi dan efisiensi deteksi obyek. Dengan memanfaatkan arsitektur yang kompleks dan memperoleh informasi dari lapisan yang lebih dalam, model-model ini mampu mengenali obyek dengan lebih baik dan secara efisien mengekstraksi fitur dari gambar. Perkembangan teknik *Deep Learning* dalam deteksi obyek telah menghasilkan kemajuan yang signifikan dalam berbagai aplikasi, seperti pengenalan wajah, deteksi kendaraan otonom, pengawasan video, dan banyak lagi. Melalui pelatihan pada dataset yang besar dan pengoptimalan algoritma, model-model deteksi obyek berbasis *Deep Learning* terus meningkatkan akurasi dan kecepatannya. Dengan demikian, periode deteksi obyek berbasis *Deep Learning* membuka potensi besar dalam pengenalan obyek yang lebih akurat dan efisien dalam berbagai domain, dan menjadi salah satu bidang yang terus berkembang dalam pengolahan citra dan *computer vision*.

2.7 *You Only Look Once* (YOLO)

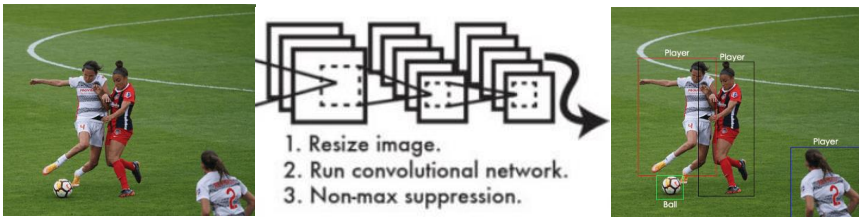
You Only Look Once (YOLO) adalah metode inovatif yang digunakan untuk deteksi obyek, menawarkan hasil deteksi yang cepat dibandingkan metode berbasis CNN. YOLO menonjol dengan kesederhanaannya dalam membentuk pola deteksi obyek dengan satu proses regresi, menciptakan kotak pembatas dalam piksel gambar dengan dimensi spasial terpisah dan probabilitas kelas terkait. Dengan menggunakan jaringan saraf tunggal, YOLO memproses deteksi obyek dan pengenalan dengan memprediksi koordinat kotak pembatas dan probabilitas kelas secara langsung dalam satu langkah deteksi. Arsitektur YOLO memiliki kesamaan dengan GoogleNet [26]. Dalam gambaran umum, keduanya memiliki 24 lapisan konvolusi, empat lapisan penggabungan maksimal, dan dua lapisan yang sepenuhnya terhubung yang dapat dillihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Arsitektur YOLO [27]

Arsitektur ini beroperasi dengan langkah-langkah yang diilustrasikan pada Gambar 2.7 seperti berikut:

1. Mendimensionalkan gambar input menjadi resolusi 448 x 448 sebelum memasukkannya ke dalam jaringan konvolusi.
2. Lapisan konvolusi 1x1 digunakan untuk mengurangi jumlah saluran, diikuti oleh lapisan konvolusi 3x3 yang menghasilkan output dalam bentuk kubus.
3. Untuk fungsi aktivasi, ReLU digunakan di hampir semua lapisan, kecuali pada lapisan terakhir, di mana fungsi aktivasi linier digunakan.
4. Beberapa teknik tambahan seperti normalisasi *batch* dan *dropout* digunakan untuk mengatur model dan mencegah *overfitting*.



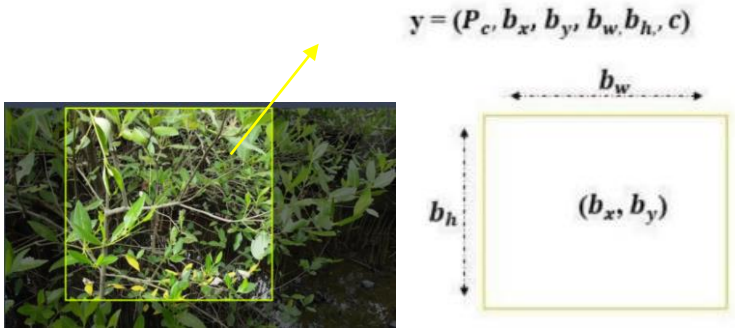
Gambar 2.7 Sistem Deteksi YOLO [28]

Model deteksi YOLO membagi citra masukan menjadi grid berukuran S x S [29]. Setiap sel grid bertanggung jawab untuk mendeteksi obyek yang mungkin ada di dalamnya. Setiap sel grid memprediksi kotak pembatas (B) dan skor keyakinan kotak (*box confidence scores*) untuk kotak-kotak tersebut, serta probabilitas kelas

yang bersyarat (C). Skor keyakinan mencerminkan seberapa yakin model YOLO bahwa kotak pembatas berisi obyek dan seberapa akurat kotak pembatas tersebut dalam memperkirakan lokasi dan ukuran obyek. Nilai *confident* sebuah *bounding box* dapat dihitung dengan Persamaan 1 [30].

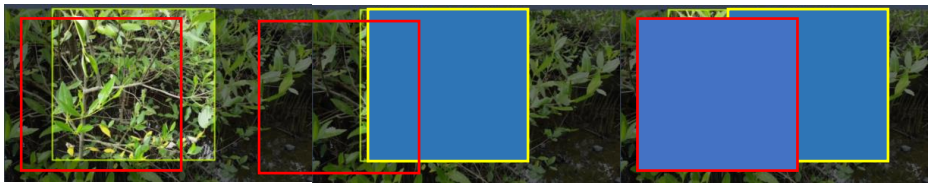
$$Confident = P_r(Object) \times IOU_{pred}^{truth} \quad (1)$$

Kotak pembatas yang diprediksi (B) dalam YOLO terdiri dari lima komponen: x, y, w, h, dan skor keyakinan kotak, seperti pada gambar 2.8. Koordinat (x, y) mewakili pusat kotak, relatif terhadap batas sel grid. Koordinat ini dinormalisasi antara 0 dan 1. Dimensi (w, h) digunakan untuk mengukur citra dan diproses dalam sistem.



Gambar 2.8 Komponen bounding box [31]

Nilai IOU (*Intersection-over-union*) adalah metrik yang mengukur sejauh mana dua area tumpang tindih dalam konteks bounding box prediksi dan bounding box sebenarnya. Metrik ini membandingkan perbandingan luas area yang tumpang tindih antara kedua bounding box tersebut dengan luas total dari keduanya, seperti yang dijelaskan dalam ilustrasi pada Gambar 2.9 dan Gambar 2.10.

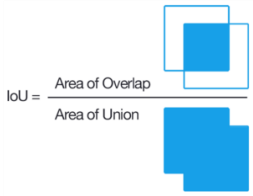


Kuning adalah prediksi bounding box
Dan merah adalah kotak asli

Intersection

Union

Gambar 2.9 Contoh *Intersection Over Union* [31]



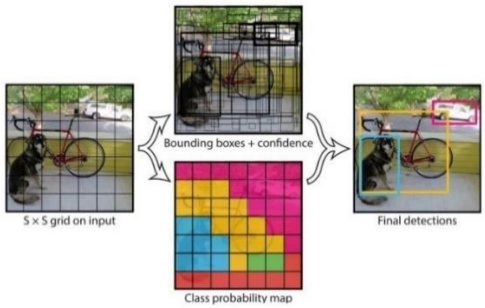
Gambar 2.10 Perhitungan IoU [32]

Pada Gambar 2.9 obyek yang terdeteksi adalah mangrove, dan terdapat dua kotak pada citra tersebut. Kotak berwarna merah adalah *bounding box ground truth* yang dihasilkan melalui proses pelabelan manual, yang memiliki akurasi lokalisasi yang sangat tinggi untuk obyek mangrove tersebut. Sementara itu, kotak berwarna kuning adalah *bounding box* prediksi yang dihasilkan oleh jaringan YOLO, namun akurasi lokalisasinya tidak sebaik *bounding box ground truth*. Untuk menghitung nilai IOU obyek mangrove, kita membandingkan luas tumpang tindih antara bounding box prediksi obyek mangrove dengan *bounding box ground truth* obyek mangrove, dibagi oleh luas gabungan kedua *bounding box* tersebut. Dari perbandingan ini, kita dapat menghasilkan nilai IOU yang berkisar antara 0 hingga 1. Semakin mendekati nilai 1, itu menandakan bahwa *bounding box* prediksi memiliki akurasi lokalisasi yang lebih tinggi [33]. Hasil dari prediksi deteksi obyek algoritma YOLO dituliskan sebagai tensor dengan ukuran seperti pada Persamaan 2.

$$\text{Ukuran tensor} = S \times S \times (B \times 5 + C) \qquad (2)$$

Skor keyakinan dalam YOLO menentukan kemungkinan keberadaan obyek, dan kotak pembatas yang diprediksi memberikan lokalisisasi yang presisi. Pendekatan YOLO merevolusi deteksi obyek dengan menyediakan akurasi dan performa *real-time* dalam satu proses. Secara keseluruhan, YOLO adalah metode deteksi obyek canggih yang menggunakan jaringan saraf tunggal, membagi citra masukan menjadi grid, dan memprediksi kotak pembatas, skor keyakinan, dan probabilitas kelas untuk deteksi obyek yang efisien dan akurat. Seperti pada Gambar 2.11, YOLO

mendeteksi model sebagai regresi. Pendekatan ini menawarkan solusi komprehensif dengan menggabungkan dimensi spasial, skor keyakinan, dan probabilitas kelas, memungkinkan lokalisasi obyek yang presisi dan pemrosesan yang cepat .

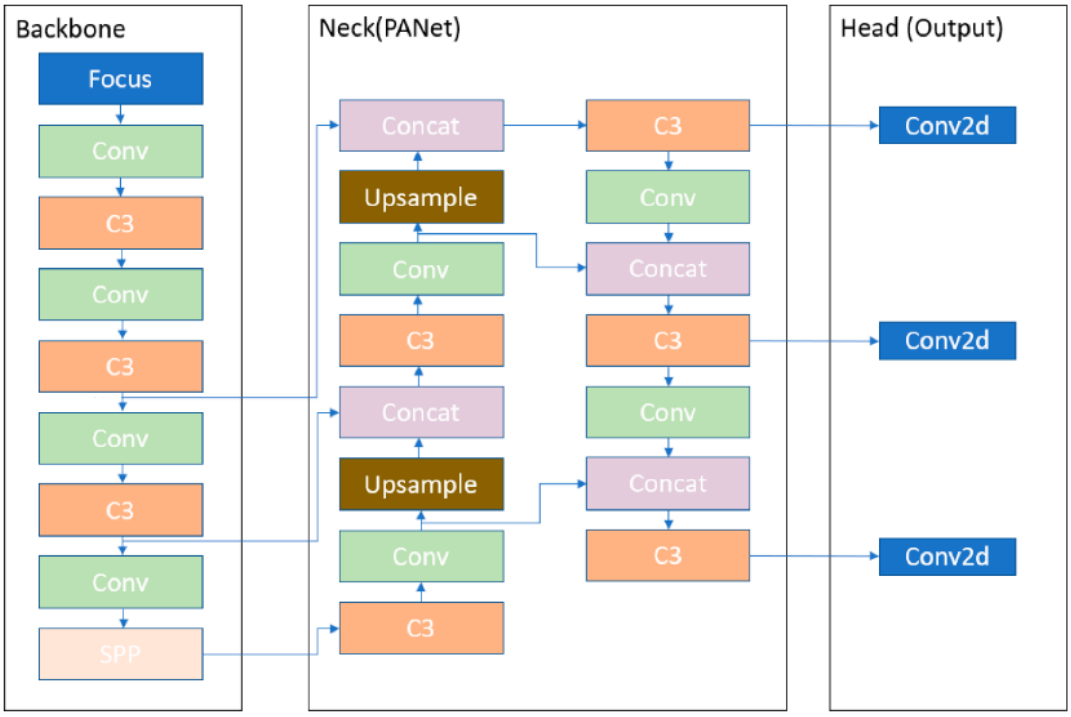


Gambar 2.11 Alur kerja algoritma YOLO dalam pendeteksian obyek pada citra [34]

2.8 YOLOv5

YOLOv5 adalah iterasi terbaru dari model deteksi obyek YOLO. YOLOv5 diperkenalkan pada tahun 2020 oleh Ultralytics, pengembang YOLOv3, dan dibangun di atas kerangka PyTorch. YOLOV5 menggunakan PyTorch sebagai gantinya dari Darknet. YOLOv5 menggunakan CSPDarknet53 sebagai *backbone*. *Backbone* ini memecahkan repitisi informasi gradien di *backbone* besar dan mengintegrasikan perubahan gradien ke dalam peta fitur yang mengurangi 28 kecepatan inferensi, meningkatkan akurasi, dan mengurangi ukuran model dengan mengurangi parameter. YOLOv5 menggunakan *Path Aggregation Network* (PANet) sebagai *neck* untuk meningkatkan arus informasi. PANet mengadopsi *Feature Pyramid Network* (FPN) yang baru mencakup beberapa lapisan *bottom up* dan *top down*. Hal ini dapat meningkatkan penyebaran level rendah fitur dalam model. PANet meningkatkan melakukan pembatasan (lokalisasi) di lapisan bawah, yang meningkatkan akurasi lokalisasi obyek. Selain itu, *head* di YOLOv5 sama dengan YOLOv4 dan YOLOv3 yang menghasilkan tiga keluaran peta fitur yang berbeda untuk mencapai skala multi prediction. Hal ini juga membantu

meningkatkan prediksi obyek kecil hingga besar secara efisien dalam model. Gambar dimisalkan ke CSPDarknet53 untuk ekstraksi fitur dan dimisalkan lagi ke PANet untuk fusi fitur [35]. Arsitektur YOLOv5 ditunjukkan oleh Gambar 2.12.

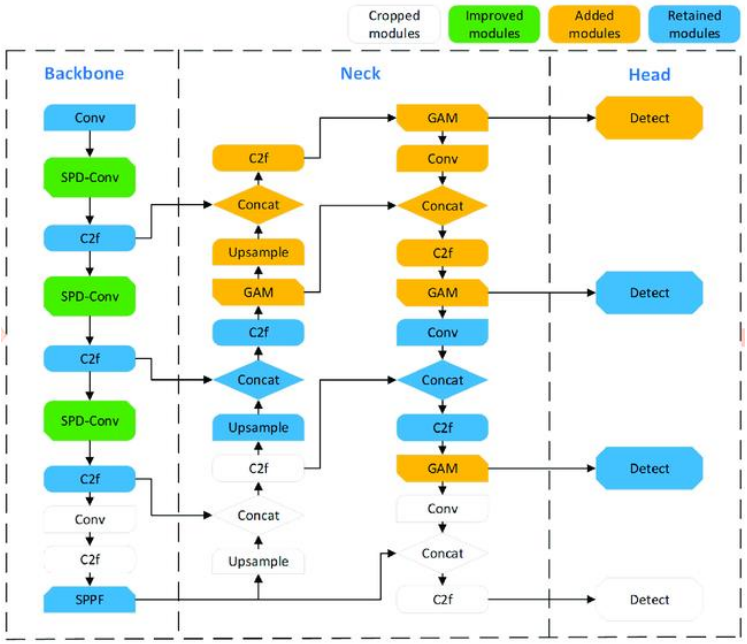


Gambar 2.12 Arsitektur YOLOv5 [36]

2.9 YOLOv8

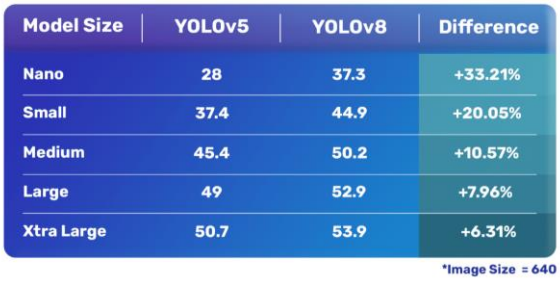
YOLOV8 merupakan sebuah Arsitektur deteksi obyek yang merupakan evolusi dari YOLOv7. YOLOv8 dikembangkan oleh Ultralytics pada tahun 2021 sebagai solusi terbaru untuk tugas deteksi obyek menggunakan jaringan saraf konvolusional (CNN). Memanfaatkan pembelajaran dari pendahulunya, YOLOv8 menghadirkan sejumlah perbaikan dan peningkatan yang signifikan. Salah satu peningkatan utama adalah penggunaan *backbone* CNN yang lebih efisien, yaitu CSPDarknet53, yang memiliki kinerja baik dalam mengekstrak fitur dari gambar input. Tidak hanya itu, YOLOv8 juga mengintegrasikan teknik deteksi obyek terbaru seperti *Feature Pyramid Network* (FPN) dan *Path Aggregation Network* (PAN) untuk

meningkatkan kemampuan dalam mendeteksi obyek dengan berbagai ukuran dan jarak. Selain itu, untuk mengurangi risiko overfitting, YOLOv8 mengadopsi teknik baru seperti *CutMix* dan *AutoAugment*. Dibagi menjadi tiga bagian utama, YOLOv8 memiliki *backbone* untuk ekstraksi fitur, FPN untuk menggabungkan fitur dari berbagai level, dan *head* untuk memprediksi *bounding box*, kelas obyek, dan probabilitas obyek yang terdeteksi. Kinerja arsitektur ini terbukti sangat baik dalam berbagai konteks, seperti deteksi obyek pada video, kendaraan otonom, dan *video surveillance*. Dengan kinerja yang efisien dan kemudahan implementasi, YOLOv8 telah menjadi salah satu arsitektur CNN paling populer untuk tugas deteksi obyek [37]. Arsitektur YOLOv8 ditunjukkan oleh Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Arsitektur YOLOv8 [38]

2.10 Perbandingan YOLOv5 vs YOLOv8



Model Size	YOLOv5	YOLOv8	Difference
Nano	28	37.3	+33.21%
Small	37.4	44.9	+20.05%
Medium	45.4	50.2	+10.57%
Large	49	52.9	+7.96%
Xtra Large	50.7	53.9	+6.31%

*Image Size = 640

Gambar 2.14 Perbandingan kinerja deteksi obyek YOLOv5 dan YOLOv8 [39]

YOLOv5 dan YOLOv8 memiliki beberapa jenis ukuran model, yaitu *nano*, *small*, *medium*, *large*, dan *extra large* [40]. Ukuran model menentukan jumlah parameter dan sumber daya komputasi yang diperlukan untuk melatih dan menjalankan model. Ukuran model yang lebih kecil memiliki jumlah parameter yang lebih sedikit dan memerlukan sumber daya komputasi yang lebih sedikit, tetapi juga memiliki akurasi yang lebih rendah. Ukuran model yang lebih besar memiliki jumlah parameter yang lebih banyak dan memerlukan sumber daya komputasi yang lebih banyak, tetapi juga memiliki akurasi yang lebih tinggi.

Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang masing-masing ukuran model:

1. *Nano*: Ukuran model yang paling kecil. Memiliki jumlah parameter yang paling sedikit dan memerlukan sumber daya komputasi yang paling sedikit. Akurasinya juga yang paling rendah.
2. *Small*: Ukuran model yang lebih besar dari *nano*. Memiliki jumlah parameter yang lebih banyak dan memerlukan sumber daya komputasi yang lebih banyak. Akurasinya juga lebih tinggi dari nano.
3. *Medium*: Ukuran model yang lebih besar dari *small*. Memiliki jumlah parameter yang lebih banyak dan memerlukan sumber daya komputasi yang lebih banyak. Akurasinya juga lebih tinggi dari small.
4. *Large*: Ukuran model yang paling besar. Memiliki jumlah parameter yang paling banyak dan memerlukan sumber daya komputasi yang paling banyak. Akurasinya juga yang paling tinggi.

Berdasarkan gambar 2.14 menunjukkan bahwa YOLOv8 memiliki akurasi yang lebih tinggi daripada YOLOv5 untuk semua ukuran model. Perbedaan akurasi ini

semakin besar seiring dengan bertambahnya ukuran model. Misalnya, untuk ukuran model *Nano*, YOLOv8 memiliki akurasi 37,3%, sedangkan YOLOv5 memiliki akurasi 28%. Perbedaan akurasi ini sebesar 33,21%. Untuk ukuran model *Xtra Large*, YOLOv8 memiliki akurasi 53,9%, sedangkan YOLOv5 memiliki akurasi 50,7%. Perbedaan akurasi ini sebesar 6,31%. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa YOLOv8 adalah model deteksi obyek yang lebih baik daripada YOLOv5, baik dari segi akurasi maupun kecepatan. YOLOv8 memiliki akurasi yang lebih tinggi untuk semua ukuran model, dan juga memiliki kecepatan yang lebih cepat untuk ukuran model yang lebih kecil.

2.11 *Mean Average Precision* (mAP)

Mean Average Precision (MAP) adalah metrik evaluasi yang sering digunakan dalam bidang pengenalan obyek dan informasi terkait pencarian. MAP adalah nilai rata-rata dari *Average Precision* (AP) untuk setiap kueri atau obyek dalam dataset yang diuji. AP sendiri mengukur sejauh mana sistem mengembalikan hasil yang relevan dalam urutan yang tepat. Dalam konteks informasi terkait pencarian atau deteksi obyek, MAP mengukur sejauh mana sistem dapat memberikan hasil yang relevan dengan tingkat kepastian tertentu. Dengan kata lain, semakin tinggi nilai MAP, semakin baik sistem pengenalan obyek atau pencarian informasi tersebut. Ini adalah metrik penting dalam mengevaluasi kinerja algoritma terkait pencarian informasi dan pengenalan obyek [41]. Nilai mAP dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$AP = \sum(recall_{n+1} - recall_n).precision_{interp.}(recall_{n+1}) \qquad (3)$$

2.12 *F-Measure*

F-Measure, juga dikenal sebagai F1-Score, adalah metrik evaluasi yang digunakan dalam statistik, pembelajaran mesin, dan bidang terkait untuk mengukur kualitas

suatu model atau algoritma, terutama dalam tugas klasifikasi biner. F-Measure menggabungkan dua metrik lain, yaitu presisi (*precision*) dan *recall*, untuk memberikan gambaran holistik tentang seberapa baik suatu model dapat membedakan antara kelas positif dan negatif [42]. Nilai F-measure dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\boldsymbol{F - measure} = \frac{\boldsymbol{2.recall.precision}}{\boldsymbol{recall.precision}} \quad (4)$$

2.13 *Precision*

Precision adalah metrik evaluasi yang digunakan dalam statistik, pembelajaran mesin, dan tugas-tugas klasifikasi untuk mengukur sejauh mana hasil positif yang dihasilkan oleh suatu model atau algoritma adalah benar atau relevan. *Precision* mengukur ketepatan dari prediksi positif yang dibuat oleh model [43]. Presisi merupakan parameter evaluasi yang menilai kemampuan model dalam membuat prediksi yang tepat untuk kelas positif dari total prediksi positif yang dilakukan. Dalam konteks klasifikasi, presisi memberikan informasi tentang seberapa sering model mampu memprediksi dengan benar kelas positif, di antara semua prediksi positif yang dihasilkan oleh model. Presisi dihitung dengan membandingkan jumlah prediksi positif yang benar (*True Positive*) dengan total jumlah prediksi positif (*True Positive* – TP dan *False Positive* – FP). Dengan menggunakan nilai presisi, kita dapat mengevaluasi kemampuan model untuk mengidentifikasi review positif tanpa mengklasifikasikan secara keliru review negatif sebagai positif. Nilai *Precision* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (5)$$

2.14 *Recall*

Recall adalah metrik evaluasi yang digunakan dalam statistik, pembelajaran mesin, dan tugas klasifikasi untuk mengukur sejauh mana model atau algoritma mampu

mengidentifikasi semua instance yang seharusnya termasuk dalam kelas positif. Sebagai analogi, kita dapat membayangkan situasi mencari jarum di tumpukan jerami, di mana Recall menggambarkan seberapa baik kita menemukan semua jarum yang ada. Jika kita berhasil menemukan 6 dari 10 jarum di tumpukan jerami, itu berarti masih ada 4 jarum yang terlewatkan. Nilai Recall akan memberikan informasi tentang seberapa efektif model dalam mengenali dan mengklasifikasikan review positif secara akurat. Dalam konteks review film, hal ini menjadi penting karena kita ingin memahami sejauh mana model dapat mengenali review yang memberikan pujian terhadap film, sehingga kita dapat memahami respons penonton terhadap film tersebut. Keunggulan dari Recall adalah fokus pada mengurangi kesalahan False Negative (FN), sehingga memastikan bahwa sebanyak mungkin review positif diidentifikasi dengan benar. Walaupun Recall memberikan informasi yang berharga, perlu diingat bahwa parameter ini sendirian mungkin tidak mencakup evaluasi terhadap kinerja model dalam mengklasifikasikan kelas negatif. Oleh karena itu, disarankan untuk mempertimbangkan metrik evaluasi lain seperti Presisi dan F1 Score untuk mendapatkan gambaran yang lebih holistik tentang kinerja model. Nilai *recall* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (6)$$

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pembuatan tugas akhir ini dimulai pada September 2023 – Januari 2024 bertempat di Hutan Mangrove Petengoran, Desa Gebang, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, Lampung dan di Laboratorium Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Lampung.

3.2 Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu unit drone DJI Phantom 4 Pro yang dilengkapi kamera built-in, digunakan untuk mengambil gambar mangrove yang akan digunakan dalam dataset pelatihan dan pengujian.
2. Satu unit laptop Seri prosesor AMD Ryzen 7 4000 series digunakan untuk melatih model YOLOv8 dan menjalankan perangkat lunak deteksi obyek.
3. Satu unit komputer Seri prosesor Ryzen 5 5600x, Graphic NVIDIA Geforce RTX 3060 12G.
4. *Software* MATLAB Digunakan untuk melakukan proses pengolahan citra.
3 *Software* Agisoft Metashape Professional digunakan untuk memproses gambar dan data citra mangrove dalam pembuatan peta.
4 *Software* Roboflow digunakan untuk menandai dan memberi label kepada Mangrove.
5 *Software* Google Colab digunakan untuk melatih model machine learning.

6 YOLOv5 (*You Only Look Once*) digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan mangrove.
7 YOLOv8 (*You Only Look Once*) digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan mangrove.
8 Gambar aerial photogrammetry (orthophoto udara) dari kawasan hutan mangrove Petengoran sebagai obyek deteksi dan klasifikasi.

3.3 Prosedur Penelitian

Dalam perancangan sistem pengolahan citra ini dilakukan langkah – langkah kerja sebagai berikut:

1. Studi literatur

   Tahap awal pada penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk pencarian masalah, mencari sumber terkait dengan penelitian dan landasan teori sebagai acuan untuk melakukan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan melakukan tinjauan literatur yang berhubungan dengan pendeteksian dan klasifikasi mangrove dengan menggunakan algoritma YOLO, dengan data masukan berupa gambar. Proses pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan Google Scholar dan ResearchGate dengan memasukan kata kunci yang sesuai. Adapun kata kunci utama yang dicari dibagi menjadi lima bagian, yaitu: a) "*object detection*", b) "*classification*", c) "*image based*", e) "*You Only Look Once* (YOLO)". Hal-hal yang menjadi kriteria dalam memilih literatur sebagai berikut:

   a. Literatur merupakan publikasi ilmiah.
   b. Literatur membahas tentang pendeteksian dan klasifikasi mangrove.
   c. Literatur berasal dari publikasi ilmiah berbahasa Indonesia dan bahasa Inggris.
   d. Literatur menggunakan pendekatan *image-based*.

2. Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam pembuatan desain program, data citra mangrove.

3. Pembuatan Program

   Pembuatan program ini untuk mengimplementasikan hasil studi literatur dan studi bimbingan yang dilakukan dalam menggunakan bahasa pemograman Python yang sebelumnya data-data yang diperlukan sudah terkumpul.

4. Pembuatan Laporan

   Pembuatan laporan ini berupa penulisan dari hasil yang sudah didapatkan dan dapat dipertanggungjawabkan terhadap penelitian yang sudah dilakukan. Pada pembuatan laporan ini terdapat dua bagian, yaitu laporan proposal untuk seminar proposal dan laporan akhir yang digunakan untuk seminar hasil.

5. Interpretasi dan Pembahasan

   Setelah mendapatkan model yang sesuai dengan tingkat akurasi yang tinggi maka dilakukan interpretasi hasil dan pembahasan.

6. Kesimpulan dan saran

3.4 Perancangan Program

Perancangan program secara keseluruhan dilakukan dengan *software* Google Colab dengan referensi dari berbagai sumber seperti *GitHub, StackOverFlow, Youtube*, dan lainnya. Perancangan program terdiri menjadi 2 bagian, yaitu Perancangan program pengolahan citra dan perancangan program dengan metode YOLO. Program pengolahan citra bertujuan untuk mengolah citra dan membaca citra dalam ruang warna RGB dan mengolah citra dalam ruang warna HSV yang lebih intuitif. Hasil dari citra tersebut akan digunakan sebagai data acuan untuk menganalisis kanopi mangrove. Selanjutnya perancangan program dengan metode YOLO bertujuan untuk mendeteksi dan menghitung obyek yaitu mangrove dan mangrove mati dengan output total obyek terdeteksi sebagai jumlah populasi untuk sistem pengolahan citra.

3.4.1 Pengolahan Citra

Tahap pengolahan citra bertujuan untuk mengidentifikasi bentuk kanopi mangrove menggunakan bahasa pemrograman MATLAB. MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah lingkungan pemrograman yang dikembangkan oleh MathWorks. MATLAB menyediakan serangkaian fitur yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pemrosesan citra, analisis data, dan pengembangan model matematis dengan efisien [30]. Diagram alir pengolahan citra pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.7.

Gambar 3.1 Diagram alir pengolahan citra

Berdasarkan Gambar 3.1 tahapan untuk mengolah citra pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membaca dan Menampilkan citra

Langkah pertama adalah proses membaca citra. Fungsi imread digunakan untuk membaca citra dari file, dan citra tersebut disimpan dalam bentuk matriks piksel di dalam variabel MATLAB. Setelah membaca citra, fungsi imshow digunakan untuk menampilkan citra tersebut di jendela grafik. Ini memungkinkan pengguna untuk memeriksa citra dan memahami isinya.

2. *Konversi ke ruang warna RGB*

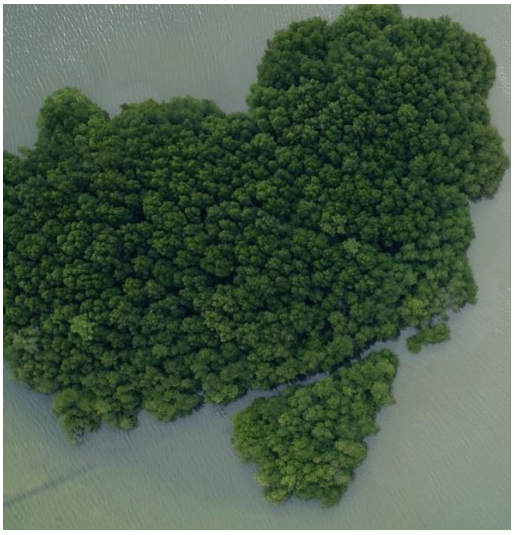
   Ruang warna RGB (Red, Green, Blue) adalah suatu cara untuk merepresentasikan warna dalam citra. Dalam sistem warna RGB, setiap piksel dalam citra memiliki tiga komponen warna utama: merah (Red), hijau (Green), dan biru (Blue). Setiap komponen ini diwakili oleh nilai intensitas yang berkisar dari 0 hingga 255.

3. Konversi ke ruang warna HSV

   Ruang warna HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*) adalah suatu sistem warna yang memisahkan informasi warna menjadi tiga komponen utama: *Hue* (warna), *Saturation* (kejenuhan), dan *Value* (nilai kecerahan). Ruang warna ini memberikan fleksibilitas lebih besar dalam menangani informasi warna daripada ruang warna RGB.

4. Analisis Warna dan Indeks Mangrove dalam Kondisi Sehat dan Mati

   Dalam penelitian ini, identifikasi indeks mangrove sehat dan mati dilakukan berdasarkan kondisi fisiknya. Salah satu indikator fisik yang digunakan untuk membedakan mangrove hidup dan mati adalah warna pada daun mangrove. Mangrove dalam kondisi sehat umumnya memiliki warna hijau karena mengandung klorofil yang dapat dilihat pada gambar 3.2. Klorofil adalah pigmen yang memberikan warna hijau pada daun dan berperan penting dalam proses fotosintesis, yaitu proses di mana tumbuhan menghasilkan makanan mereka sendiri menggunakan energi matahari.



Gambar 3.2 Mangrove dalam kondisi sehat

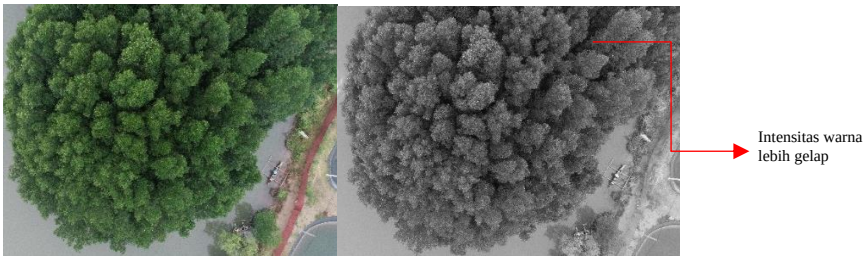
Sementara pada mangrove mati memiliki daun berwarna coklat, hitam, atau abu-abu, tergantung pada tingkat dekomposisi dan pembusukan yang telah terjadi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3. Mangrove mati yang masih baru biasanya berwarna coklat, sedangkan mangrove mati yang telah mengalami proses pembusukan lebih lama cenderung berwarna hitam atau abu-abu.

(a) Mangrove mati berwarna coklat (b) Mangrove mati berwarna keabuan

Gambar 3.3 Citra mangrove mati

Untuk membedakan antara satu mangrove dengan mangrove lainnya menggunakan hasil dari konversi warna ke ruang HSV. Secara khusus, intensitas warna pada ruang

HSV dapat digunakan untuk mengidentifikasi jarak antara mangrove satu dengan yang lain. Pada umumnya, jika terdapat jarak antar mangrove, intensitas warnanya akan lebih gelap atau lebih rendah dibandingkan dengan warna pada mangrove itu sendiri, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4. Hal ini memberikan indikasi visual yang berguna untuk memisahkan dan mengenali setiap individu mangrove dalam pemandangan.

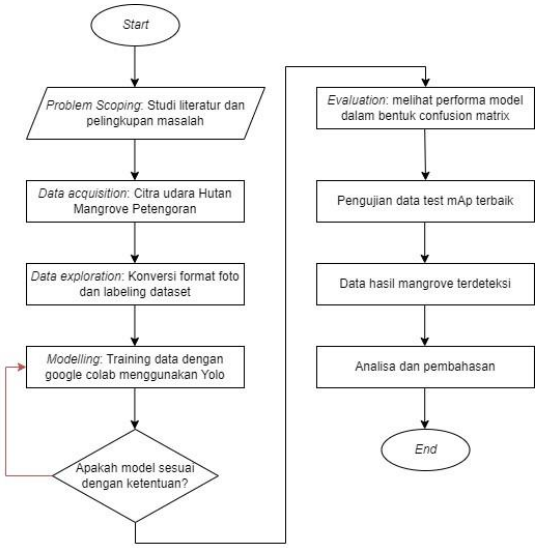


(a) Gambar asli (b) Hasil Konversi ke ruang warna HSV

Gambar 3.4 Perbandingan gambar asli dengan gambar dalam ruang warna HSV

3.4.2 Metode YOLO

Alur kerja dan metode dalam perancangan program metode YOLO menggunakan *AI Project Cycle* yang merupakan tahapan atau metode kerja untuk membuat suatu projek *AI*. Pada penelitian ini menggunakan metode YOLOv5 dan YOLOv8. *AI Project Cycle* untuk penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3. 5 Diagram Alir *AI Project Cycle* untuk metode YOLOv5 dan YOLOv8

Berdasarkan Gambar 3.5 tahapan perancangan program metode YOLOv5 dan YOLOv8 menggunakan *AI Project Cycle* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Problem scoping*

   Langkah ini bertujuan untuk merinci masalah yang dihadapi dan merumuskan solusi yang melibatkan kecerdasan buatan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Problem Scoping*

Who?	Saya adalah peneliti yang terlibat dalam penelitian ini. Saya bekerja sama dengan pihak-pihak terkait di Hutan Mangrove Petengoran. Selain itu, masyarakat setempat, pihak berwenang dalam pengelolaan lingkungan, dan pihak yang peduli terhadap keberlanjutan ekosistem mangrove juga terlibat dalam proyek ini.
What?	Penelitian ini adalah upaya untuk mengembangkan program menggunakan algoritma YOLO (*You Only*

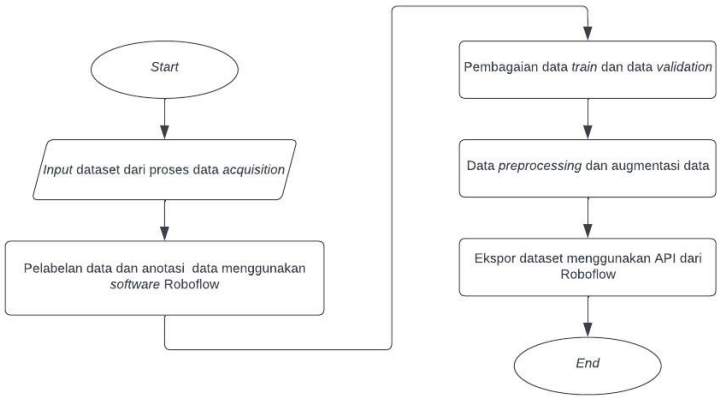
	Look Once) dengan tujuan mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove melalui citra udara. Program ini membantu dalam pemantauan kondisi ekosistem mangrove di Hutan Mangrove Petengoran.
Where?	Hutan Mangrove Petengoran, Desa Gebang, Pesawaran.
Why?	Mengingat pentingnya ekosistem mangrove bagi lingkungan, maka dibangunlah program yang mampu mengidentifikasi status dan indeks vegetasi mangrove. Program ini bertujuan untuk mendukung pemahaman lebih baik tentang keadaan ekosistem mangrove dan untuk menjaga serta memelihara keberlanjutan ekosistem ini.

2. Data Acquisition

Dataset yang digunakan pada proyek ini merupakan data citra udara mangrove yang diambil menggunakan drone di Hutan Mangrove Petengoran yang diperlukan untuk melatih model YOLOv5 dan YOLOv8. Data yang diambil terdiri dari dua kelas obyek yaitu ‘mangrove’ dan ‘mangrove mati’.

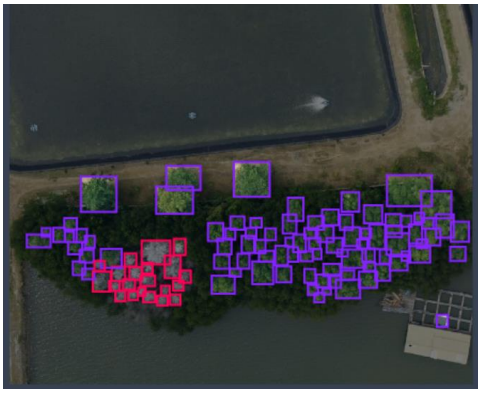
3. *Data Exploration*

Proses ini dilakukan untuk mengolah dataset yang telah terkumpul. Pengolahan foto dilakukan agar format setiap foto sesuai dengan prasyarat algoritma pendeteksian yang dibuat. Alur kerja pada data exploration dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir data *exploration*

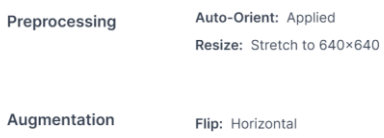
Pada tahap data *exploration* akan dilakukan proses pelabelan dan anotasi dengan *software* Roboflow. Pelabelan data dilakukan untuk memberikan nama atau label dari obyek yang dianotasikan. Anotasi data dilakukan untuk memberikan kotak penanda pada obyek di suatu gambar yang biasa disebut dengan *bounding box* seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Labeling obyek mangrove dan mangrove mati menggunakan *software* Roboflow

Setelah proses labeling selesai dilakukan, dataset dibagi menjadi 3 dengan ratio 84% data *train*, 10% data *validation*, dan 5% data *test*. Sehingga total data dari masing-masing set yaitu untuk 321 *train set*, 40 *validation set*, dan 21 *test set*. Tahapan selanjutnya pada data *exploration* adalah tahap *preprocessing* data dan augmentasi

data menggunakan *software* Roboflow. Detail *preprocessing* data dan augmentasi data yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.8.



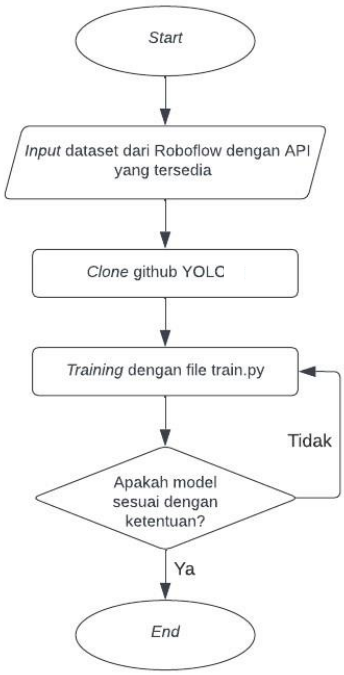
Gambar 3.8 Rincian *preprocessing* data dan augmentasi data

Tahap *preprocessing* data dilakukan untuk memastikan konsistensi selama proses pembelajaran dan inferensi. *Auto-Orient* digunakan untuk menghapus informasi EXIF dari gambar, memastikan bahwa gambar ditampilkan dengan cara yang konsisten dengan cara mereka disimpan di *disk*. Selain itu, data diubah ukurannya menjadi 640 x 640 piksel, mempertimbangkan berbagai resolusi gambar dan waktu pelatihan model. Hal ini sejalan dengan penggunaan pretrained model YOLO yang telah dilatih sebelumnya dengan gambar berukuran 640 piksel. Penggunaan filter null digunakan untuk menghilangkan data yang tidak memiliki obyek, sehingga data ini tidak akan memengaruhi proses pelatihan model.

Tahap augmentasi data dilakukan untuk mengatasi potensi *overfitting* pada model dan meningkatkan akurasi hasil inferensi. Augmentasi data menciptakan variasi yang berbeda dalam dataset, sehingga dataset memiliki lebih banyak contoh untuk pembelajaran. Dalam tahap ini, lima jenis augmentasi digunakan, yaitu *flip* (pembalikan) secara horizontal dan vertikal (lihat gambar 4.2), pemotongan citra (*crop*) untuk menciptakan variasi posisi obyek, putaran searah jarum jam *(clockwise*) untuk variasi orientasi, penyesuaian warna dan saturasi (*hue* dan *saturation*), serta konversi citra ke skala abu-abu (*grayscale*) untuk menghilangkan warna dan meningkatkan ketahanan terhadap variasi pencahayaan.Total dataset yang dihasilkan adalah sebanyak 382 foto, yang dibagi menjadi *train set, validation set,* dan *test set* untuk proses pelatihan model.

2. Modelling

Pada tahap *Modelling* dataset yang telah disiapkan akan digunakan untuk melatih model. Pelatihan model ini dilakukan dengan memanfaatkan *pretrained* model YOLO. Penggunaan *pretrained* model mempercepat proses pelatihan dan memastikan performa model yang baik dalam tugas deteksi. Seluruh pelatihan model dilakukan menggunakan platform Google Colab. Proses pembuatan model dapat dilihat dalam gambar 3.9. Selama pelatihan model, beberapa konfigurasi penting akan diatur, termasuk ukuran gambar, *batch size*, dan jumlah *epoch*. Konfigurasi ini akan disesuaikan melalui metode uji coba hingga ditemukan kombinasi yang menghasilkan akurasi tinggi. Evaluasi model akan melibatkan metrik seperti *F1-Score, Precision, Recall, Mean Average Precision (mAP), loss,* dan akurasi.



Gambar 3.9 Alur proses tahap *modelling*

5. Evaluasi

Untuk mengevaluasi kinerja model yang telah dilatih, beberapa metrik evaluasi

digunakan. Metrik-metrik evaluasi ini mencakup *F1-score, presisi, recall,* mAP (*Mean Average Precision*), dan akurasi.

6. Pengujian Dataset

Pada tahap ini, dataset pengujian digunakan untuk menguji model deteksi obyek yang telah dilatih sebelumnya, yaitu menggunakan YOLOv5 dan YOLOv8. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur seberapa baik kedua model dapat melakukan deteksi obyek pada dataset mangrove. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan parameter *presisi, recall,* dan akurasi antara YOLOv5 dan YOLOv8. Setelah menentukan model yang memiliki performa lebih baik antara YOLOv5 dan YOLOv8, model yang dipilih akan diuji pada dataset tebu dan sawit. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengadaptasi diri terhadap dataset yang berbeda, dan apakah model tersebut dapat diimplementasikan secara efektif pada berbagai konteks.

7. Analisis dan Pembahasan Hasil Pengujian

Setelah pengujian selesai, hasilnya akan dianalisis dan dibahas untuk mengevaluasi kinerja YOLO pada dataset mangrove, tebu, dan sawit. Perbandingan antara keduanya akan memberikan pemahaman lebih lanjut tentang keunggulan dan kelemahan masing-masing model. Hasil pengujian pada dataset berbeda juga akan memberikan wawasan mengenai generalisasi model dalam kasus penggunaan yang lebih luas.

8. Analisis dan Pembahasan

Setelah pengujian deteksi selesai, data hasil prediksi akan dibandingkan dengan data label yang sebenarnya. Data yang diperoleh akan diolah dan dihitung untuk mendapatkan populasi mangrove dalam penelitian ini.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Model YOLOv8 menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan YOLOv5, dengan nilai mAP mencapai 85%. Hal ini menandakan bahwa YOLOv8 lebih efektif dalam mendeteksi obyek, termasuk mangrove, sawit, dan tebu, pada citra udara.
2. Berdasarkan hasil percobaan augmentasi, disimpulkan bahwa pada dataset mangrove, augmentasi *flip* dan *clockwise* memberikan hasil akurasi yang paling baik dibandingkan dengan augmentasi lainnya.
3. Model YOLOv8 berhasil mendeteksi mangrove dengan tingkat akurasi yang tinggi, mencapai sekitar 95-100% pada Hutan Mangrove Petengoran. Ini menunjukkan kemampuan model untuk bekerja dengan baik dalam kondisi lapangan.
4. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pelatihan yang menggunakan komputasi dengan spesifikasi yang tinggi dan Penyesuaian parameter pelatihan, seperti *batch size* dan *imgsz* berpengaruh peningkatan akurasi model.
5. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa YOLOv8 menghasilkan akurasi yang lebih tinggi untuk obyek yang memiliki bentuk kanopi yang jelas, seperti sawit dibandingkan dengan obyek yang memiliki bentuk kanopi yang kompleks, seperti mangrove dan tebu.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh parameter seperti *batch size*, *image size*, dan *learning rate* terhadap peningkatan akurasi pada model.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Mangrove Indonesia Amat Berharga. 2021. [Online]. Available: https://indonesia.go.id/mediapublik/detail/1793 [Accessed 17 Oktober 2023]

[2]. B. A. Maharani, G. D. Winarno, R. Rusita, dan Y. R. Fitriana, "Persepsi Wisatawan terhadap Penerapan Sapta Pesona di Kawasan Hutan Mangrove Petengoran Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung, "Jurnal Ilmiah Kehutanan", vol. 10, no. 5, 2022.

[3]. W. Widyaputri, R. Qurniati, dan Firdasari, "Pengelolaan Mangrove Petengoran sebagai Objek Ekowisata di Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung," in Seminar Nasional Konservasi, 2023.

[4]. KarminarsihE., "Pemanfaatan Ekosistem Mangrove bagi Minimasi Dampak Bencana di Wilayah Pesisir", J Man Hut Trop, vol. 13, no. 3, pp. 182-187, 1.

[5]. P. A. Wiradana, I. K. Sundra, S. B. Kurniawan, S. R. S. Abdullah, M. A. Alamsjah, dan M. F. Imron, "Monitoring of diversity, characteristics, threatening rate and potency of mangrove vegetation in Denpasar, Bali, Indonesia," Plant Archives, vol. 21, no. Supplement 1, pp. 592-599, 2021. doi: https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.S1.090

[6]. Karimah, "Peran Ekosistem Hutan Mangrove Sebagai Habitat Untuk Organisme Laut, "Jurnal Biologi Tropis", vol. 17, no. 2, Juli-Desember 2017.

[7]. M. Purnama, R. Pribadi, and N. Soenardjo, "Analisa Tutupan Kanopi Mangrove Dengan Metode Hemispherical Photography di Desa Betahwalang, Kabupaten Demak," Journal of Marine Research, vol. 9, no. 3, pp. 317-325, Jul. 2020. doi: https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27577

[8]. F. Safitri, L. Adrianto, and I. W. Nurjaya, "Pemetaan Kerapatan Ekosistem Mangrove Menggunakan Analisis Normalized Difference Vegetation Index di Pesisir Kota Semarang," Jurnal Kelautan Tropis, vol. 26, no. 2, pp. 399-406, Jun. 2023. doi: https://doi.org/10.14710/jkt.v26i2.18173

[9]. D. I. Mulyana dan M. A. Rofik, "Implementasi Deteksi Real Time Klasifikasi Jenis Kendaraan Di Indonesia Menggunakan Metode YOLOV5," Jurnal Pendidikan Tambusai, vol. 6, no. 3, pp. 13971-13982, 2022.

[10]. S. I. Patty, D. Nurdiansah, M. P. Rizqi, dan R. Huwae, "Analisis Sebaran dan Kerapatan Vegetasi Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 di Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara," Jurnal Ilmiah Platax, vol. 10, no. 2, pp. 1-1, July-December 2022. doi: 10.35800/jip.v10i2.40841.

[11]. S. Febrianto, H. A. Syafina, N. Latifah, and M. R. Muskananfola, "Dinamika Perubahan Luasan dan Kerapatan Ekosistem Mangrove Di Kawasan Taman Nasional Sembilang Menggunakan Citra Satelit Landsat 8," Jurnal Kelautan Tropis, vol. 25, no. 3, pp. 369-377, Nov. 2022. doi: https://doi.org/10.14710/jkt.v25i3.14909

[12]. Drones, satellites or planes –which aerial imagery is right for farming? [Online]. Available: https://blog.aerobotics.com/drones-satellites-or-planes-which-aerial-imagery-is-right-for-farming [Accessed 17 Oktober 2023]

[13]. Sarno, H. Marisa, dan F. S. Army, "Struktur Kandelia candel (L.) Druce di Pulau Payung Sungsang, Banyuasin, Sumatera Selatan," MAKILA: Jurnal Penelitian Kehutanan, vol. 14, no. 1, pp. 37-47, doi: 10.30598/makila.v14i1.2506.

[14]. P. Wahyu Titisari and E. Elfis, “Bimbingan Teknis Rehabilitasi Mangrove di Kampung Sungai Rawa Kecamatan Sungai Apit Kabupaten Siak”, CEEJ, vol. 2, no. 1, pp. 13–23, Jan. 2021.

[15]. Hutan Mangrove Petengoran, Kabar Baik dari Lampung. 2022. [Online]. Available: https://www.lampungtraveller.com/2022/07/hutan-mangrove-petengoran-kabar-baik.html [Accessed 17 Oktober 2023]

[16]. N. L. P. M. Dewi dan S. E. Maharani, "Keanekaragaman jenis mangrove pada TAHURA Ngurah Rai sekitar PLTD/G Pesanggaran," Jurnal Ecocentrism, vol. 2, no. 1, 2022.

[17]. Shinta, M. L. Syamsudin, Y. Andriani, dan Subiyanto, "Identifikasi Jenis Mangrove pada Kawasan Ekosistem Mangrove di Kabupaten Pangandaran," Jurnal Akuatek, vol. 3, no. 1, pp. 9-18, Juni 2022.

[18]. P. Nadeak, Mubarak, dan Efriyeldi, "Mangrove Forest Effect on the Coastline in Rangsang Island, Riau Province," Asian Journal of Aquatic Sciences, vol. 3, no. 1, pp. 29-37, 2020.

[19]. E. Septiana, G. S. Dayanti, A. P. Lestari, B. S. A. Saputri, dan M. Ariyanti, "Sosialisasi Pengembangan Ekowisata Bale Mangrove di Dusun Poton Bako sebagai Upaya Peningkatan Ekonomi Masyarakat di Desa Jerowaru, Kabupaten Lombok Timur, "Jurnal PEPADU*, vol. 3, no. 4, pp. 1-1, Oktober 2022. doi: 10.29303/pepadu.v3i4.

[20]. Amaludin, A.Ernawati, Irwan, Syahribulan, "Keanekaragaman Mangrove Sejati di Pulau Timor dan Rote Nusa Tenggara Timur," dalam Prosiding Seminar Nasional Biologi di Era Pandemi COVID-19, Gowa, 19 September 2020. Tersedia online: http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/

[21]. Y. Rinika, A. R. Ras, B. A. Yulianto, P. Widodo, H. J. R. Saragih, "Pemetaan Dampak Kerusakan Ekosistem Mangrove Terhadap Lingkungan Keamanan Maritim," Jurnal Pendidikan, vol. XI, no. 2, pp. Mei-Agustus 2023.

[22]. L. I. Chasanah, D. Y. Katili, F. N. J. Dapas, "Kerapatan dan Keanekaragaman Mangrove di Desa Mokupa, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara," JOURNAL of Biotechnology and Conservation, vol. 03, no. 01, pp. 01–06, April 2023, doi: https://doi.org/10.35799/jbcw.v3i1.42863.

[23]. B. F. Darmanto, C. Setianingsih, R. E. Saputra, "Deteksi Pelanggaran pada Bahu Jalan Tol Menggunakan Algoritma Cascade R-CNN," e-Proceeding of Engineering, vol. 10, no. 5, pp. 4488–4497, Oktober 2023.

[24]. K. Itakura, F. Hosoi, "Automatic Tree Detection from Three-Dimensional Images Reconstructed from 360° Spherical Camera Using YOLO v2," Remote Sens., vol. 12, p. 988, 2020, doi: 10.3390/rs12060988

[25]. Y. Ghasemi, H. Jeong, S. H. Choi, K. Park, J. Y. Lee, "Deep learning-based object detection in augmented reality: A systematic review," Computers in Industry, vol. 139, pp. 103661, 2022, doi: 10.1016/j.compind.2022.103661.

[26]. A. K. E. Lapian, S. R. U. A. Sompie, P. D. K. Manembu, "You Only Look Once (YOLO) Implementation For Signature Pattern Classification," Jurnal Teknik Informatika, vol. 16, no. 3, pp. 337-346, July-September 2021.

[27]. N. P. Ap, T. Vigneshwaran, M. S. Arappradhan and R. Madhanraj, "Automatic Number Plate Detection in Vehicles using Faster R-CNN," 2020 International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN), Pondicherry, India, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICSCAN49426.2020.9262400.

[28]. H. Zhang, D. Xu, D. Cheng, X. Meng, G. Xu, W. Liu, T. Wang, "An Improved Lightweight Yolo-Fastest V2 for Engineering Vehicle Recognition Fusing Location Enhancement and Adaptive Label Assignment," IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 16, pp. 2450-2461, 2023.

[29]. K. M. Azhar, I. Santoso, Y. A. A. Soetrisno, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dan Algoritma YOLO dalam Sistem Pendeteksi Uang Kertas Rupiah bagi Penyandang Low Vision," Transient, vol. 10, no. 3, pp. 502-509, September 2021.

[30]. E. M. Khairunnas, Yuniarno, A. Zaini, "Pembuatan Modul Deteksi Obyek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot," JURNAL TEKNIK ITS, vol. 10, no. 1, pp. A50-A55, 2021.

[31]. M. Muliadi, Muthmainnah, I. Sribianti, N. Nirwana, H. Hajawa, S. Sultan, M. A. Abdullah, "Jenis dan Pemanfaatan Vegetasi Mangrove di Desa Maropokot Kecamatan Aesesa Kabupaten Nagekeo Provinsi Nusa Tenggara Timur," Forest Services (FORCES) Journal, vol. 01, no. 01, pp. (halaman), Juni 2023, doi: 10.2429/fces01.

[32]. G. Santos Junior, J. Ferreira, C. Millán-Arias, R. Daniel, A. Casado Junior, dan B. J. T. Fernandes, "Ceramic Cracks Segmentation with Deep Learning," Appl. Sci., vol. 11, no. 13, p. 6017, 2021, doi: 10.3390/app11136017.

[33]. Z. Li, X. Tian, X. Liu, Y. Liu, dan X. Shi, "A Two-Stage Industrial Defect Detection Framework Based on Improved-YOLOv5 and Optimized-Inception-ResnetV2 Models," Appl. Sci., vol. 12, no. 2, p. 834, 2022, doi: 10.3390/app12020834.

[34]. L. A. A. Mahmuddah, S. A. Wibowo, G. Budiman, "Analisis Performasi pada Pengambilan URL Berbasis Web Crawling dengan Menggunakan Teknologi Pengenalan Wajah YOLOv3," e-Proceeding of Engineering, vol. 8, no. 5, pp. 4756-4767, Oktober 2021.

[35]. M. Hussain, "YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection," Machines, vol. 11, no. 7, p. 677, 2023, doi: 10.3390/machines11070677.

[36]. G. C. Utami, C. R. A. Widiawati, P. Subarkah, "Detection of Indonesian Food to Estimate Nutritional Information Using YOLOv5," TEKNIKA, vol. 12, no. 2, pp. 158-165, Juli 2023, doi: 10.34148/teknika.v12i2.636.

[37]. P. Rajendran, S. Maloo, R. Mitra, A. Chanchal, dan R. Aburukba, "Detection Deep Learning Models," Appl. Sci., vol. 13, no. 23, p. 12577, 2023, doi: 10.3390/app132312577.

[38]. X. Zhai, Z. Huang, T. Li, H. Liu, dan S. Wang, "YOLO-Drone: An Optimized YOLOv8 Network for Tiny UAV Object Detection," Electronics, vol. 12, no. 17, p. 3664, 2023, doi: 10.3390/electronics12173664.

[39]. I. P. S. Yoga, G. Sukadarmika, R. S. Hartati, dan Y. Divayana, "Pendeteksi Jumlah Orang pada Sistem Bangunan Pintar Menggunakan Algoritma You Only Look Once," Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, vol. 22, no. 1, Jan-Juni 2023, doi: 10.24843/MITE.2023.v22i01.P0211.

[40]. Husnan, C. Fatichah, dan R. Dikairono, "Deteksi objek menggunakan metode YOLO dan implementasinya pada robot bawah air," Jurnal Teknik ITS, vol. 12, no. 3, 2023.

[41]. D.M.W. Powers, "Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation," Journal of Machine Learning Technologies, vol. 2, no. 1, pp. 37-63, 2011.

[42]. F. Satria, Z. Zamhariri, M. A. Syaripudin, "Prediksi Ketepatan Waktu Lulus Mahasiswa Menggunakan Algoritma C4.5 Pada Fakultas Dakwah Dan Ilmu Komunikasi UIN Raden Intan Lampung," Jurnal Ilmiah MATRIK, vol. 22, no. 1, April 2020.

[43]. M. Azhari, Z. Situmorang, R. Rosnelly, "Perbandingan Akurasi, Recall, dan Presisi Klasifikasi pada Algoritma C4.5, Random Forest, SVM, dan Naive Bayes," Jurnal Media Informatika Budidarma, vol. 5, no. 2, hal. 640-651, April 2021.