

**SEGMENTASI STRUKTUR *FETAL* PADA CITRA
ULTRASONOGRAFI MENGGUNAKAN YOLO BERBASIS
*DEEP LEARNING***

SKRIPSI

**Diajukan untuk memperoleh
gelar Sarjana Strata 1 (S-1) Ilmu Komputer**



Oleh:

RIZQI HAIRUNNISA

09011282126118

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

SEGMENTASI STRUKTUR *FETAL* PADA CITRA ULTRASONOGRAFI MENGGUNAKAN YOLO BERBASIS *DEEP LEARNING*

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di

Program Studi S1 Sistem Komputer

Oleh:

RIZQI HAIRUNNISA

09011282126118

Pembimbing 1

: Prof. Ir. Siti Nurmaini, M.T., Ph.D.
NIP. 196908021994012001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T
196612032006041001

AUTHENTICATION PAGE

SKRIPSI

***DEEP LEARNING-BASED YOLO FOR FETAL STRUCTURE
SEGMENTATION IN ULTRASOUND IMAGES***

*In partial fulfilment of the requirements for completing
the Bachelor's Degree Program in Computer Systems*

By:

RIZQI HAIRUNNISA

09011282126118

Supervisor 1

**: Prof. Ir. Siti Nurmaini, M.T., Ph.D.
NIP. 196908021994012001**

Acknowledged,

Head of Computer Systems Department



**Dr. Ir. Sukemi, M.T
196612032006041001**

LEMBAR PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 26 Juni 2025

Tim Penguji:

1. Ketua : Dr. Firdaus, M.Kom.

(.....)

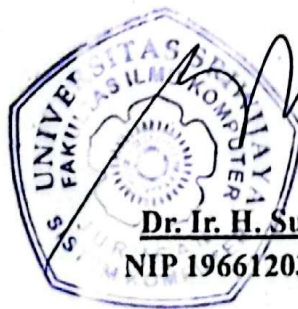
2. Penguji : Dr. Rossi Passarella, M.Eng.

(.....)

3. Pembimbing : Prof. Ir. Siti Nurmaini, M.T., Ph.D.

(.....)

Mengetahui, 11/7/25
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP 196612032006041001

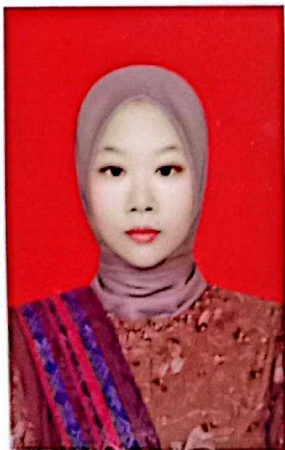
LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Rizqi Hairunnisa
NIM : 09011282126102
Judul : Segmentasi Struktur *Fetal* pada Citra Ultrasonografi Menggunakan
YOLO Berbasis *Deep Learning*

Hasil pemeriksaan iThenticate/Turnitin: 1%

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi saya merupakan hasil karya pribadi dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Saya sepenuhnya menyadari bahwa, apabila terbukti adanya unsur penjiplakan atau plagiat dalam Laporan Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian, pernyataan ini dibuat dalam keadaan sadar dan tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Juli 2025

Yang Menyatakan,

Rizqi Hairunnisa
NIM 09011282126118

KATA PENGANTAR

Dengan limpahan rasa syukur yang terus mengalir kepada Allah SWT, Penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “***Segmentasi Struktur Fetal pada Citra Ultrasonografi Menggunakan YOLO Berbasis Deep Learning***”. Salam dan *shalawat* senantiasa tucurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam Tugas Akhir ini, penulis melakukan penelitian tentang kinerja model YOLOv8-v11 untuk segmentasi struktur *fetal* pada citra ultrasonografi. Penelitian ini akan berfokus pada evaluasi kinerja model dalam memisahkan struktur *fetal*, dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari masing-masing model yang akan diuji berdasarkan metrik seperti *Intersection over Union (IoU)*. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode yang lebih efisien dan akurat. Tentunya, penulisan proposal skripsi ini tak dapat dipisahkan dari kontribusi semua pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

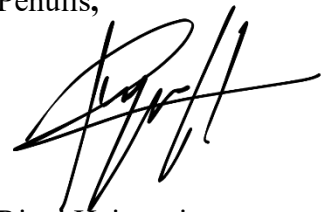
1. *Papa* tersayang, sebagai sosok penyemangat penulis. Terima kasih telah menjadi figur yang tangguh dan keren, selalu memperjuangkan, mempercayakan, memahami, mendukung & mendoakan penulis tiada henti.
2. *Mama* terkasih, beliau sebagai *guardian angel* yang senantiasa melindungi penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi., M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Prof. Ir. Siti Nurmaini, M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Skripsi, yang telah memberikan waktu, saran, motivasi, dan bimbingan kepada penulis.
6. Ibu Dr. Ade Iriani Sapitri, M.Kom., selaku mentor dan *support system* penulis yang senantiasa meluangkan waktu dan memberikan saran, motivasi dan ilmu baru. Terima kasih untuk arahan yang *sat-set* sehingga penulis selalu *on track* dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Bapak Rahmat Fadli Isnanto, S.SI., M.SC., selaku Dosen Pembimbing Akademik. Terima kasih untuk bimbingan, ilmu dan nasihat yang diberikan. Terima kasih senantiasa memberi kemudahan urusan kepada penulis.
8. Mentor-mentor IsysRG, Mbak Nisa, Mbak Anggun, Mbak Arum, Pak Firdaus, dan Pak Naufal. Terima kasih telah membantu dan mengarahkan penulis dalam penulisan naskah.
9. Rekan-rekan IsysRG. Terima kasih telah kebersamaian penulis dengan saling berbagi ilmu.
10. Kak Angga, Mbak Reni, & Pak Yopi selaku Admin Jurusan yang telah membantu penulis dalam mengurus segala peradministrasian kuliah penulis.
11. *KFC Gank* (Adit, Ca O, Melili, Rins, Tenti, & Terry). Terima kasih telah kebersamaian, berbagi tawa dan cerita dengan penulis selama mengarungi bahtera kehidupan perkuliahan ini.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan semangat serta doa.

Akhir kata, sebagai tulisan manusia biasa, Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga naskah ini dapat menjadi sumber bacaan yang bermanfaat. *Sekali lagi. Terima Kasih...*

Indralaya, April 2025

Penulis,



Rizqi Hairunnisa

NIM. 09011282126118

SEGMENTASI STRUKTUR *FETAL* PADA CITRA ULTRASONOGRAFI MENGGUNAKAN YOLO BERBASIS *DEEP LEARNING*

Rizqi Hairunnisa (09011282126118)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email: 09011282126118@student.unsri.ac.id

ABSTRAK

YOLO (*You Only Look Once*) merupakan arsitektur *deep learning* yang dikenal efisien dalam tugas deteksi dan segmentasi objek secara *real-time*. Meskipun telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, penerapannya dalam segmentasi citra ultrasonografi (USG) *fetal* masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan performa beberapa versi model YOLO, yaitu YOLOv8, YOLOv9, dan YOLO11, dalam tugas segmentasi citra USG fetal dua dimensi. Terdapat 22 struktur anatomi *fetal* dijadikan objek segmentasi, termasuk *abdomen*, *femur*, rongga dada, dan organ jantung. Sebanyak 12 model awal dilatih menggunakan konfigurasi *hyperparameter* dasar, kemudian tiga model terbaik dari masing-masing versi menjalani proses *tuning* dengan variasi *epoch* dan *batch size*. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *Intersection over Union* (IoU) dan kurva *segmentation loss*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model YOLOv8-L dengan 200 *epoch* dan *batch size* 4 memiliki performa terbaik dengan mIoU mencapai 65% pada data pelatihan dan 56% pada data validasi. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemanfaatan YOLO untuk segmentasi citra USG *fetal* dan dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem lanjutan.

Kata Kunci: YOLO, *Image Segmentation*, *Fetal Ultrasound*, *Intersection over Union* (IoU), *Deep Learning*

DEEP LEARNING-BASED YOLO FOR FETAL STRUCTURE SEGMENTATION IN ULTRASOUND IMAGES

Rizqi Hairunnisa (09011282126118)

Department of Computer Systems, Faculty of Computer Science,
Sriwijaya University

Email: 09011282126118@student.unsri.ac.id

ABSTRACT

YOLO (You Only Look Once) is a deep learning architecture renowned for its efficiency in real-time object detection and segmentation tasks. Despite its widespread application across various domains, its utilization in fetal ultrasound (USG) image segmentation remains relatively limited. This study aims to systematically evaluate and compare the performance of multiple YOLO model versions, specifically YOLOv8, YOLOv9, and YOLO11, in the segmentation of two-dimensional fetal USG images. A total of 22 fetal anatomical structures were selected as segmentation targets, including the abdomen, femur, thoracic cavity, and cardiac components. 12 baseline models were initially trained using a standard hyperparameter configuration. Subsequently, the top-performing model from each YOLO version underwent fine-tuning through variations in epoch counts and batch sizes. Model performance was assessed using the Intersection over Union (IoU) metric and segmentation loss curves. Experimental results demonstrate that the YOLOv8-L model, trained with 200 epochs and a batch size of 4, achieved the highest performance, with a mean IoU (mIoU) of 65% on the training set and 56% on the validation set. These findings highlight the potential of YOLO-based architectures in advancing fetal USG image segmentation and offer a foundation for future research in the development of automated fetal anatomical analysis systems.

Keywords: YOLO, Image Segmentation, Fetal Ultrasound, Intersection over Union (IoU), Deep Learning

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Persetujuan	iv
Lembar Pernyataan	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Metode yang Digunakan dalam Penelitian.....	3
1.5.1. Metode Studi Pustaka dan Literatur	4
1.5.2. Metode Konsultasi.....	4
1.5.3. Metode Pembuatan Model.....	4
1.5.4. Metode Pengujian.....	4
1.5.5. Metode Analisa.....	4
1.5.6. Metode Penarikan Kesimpulan dan Saran.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Landasan Teori	7
2.1.1. Pengolahan Citra Digital	7
2.1.2. Citra Ultrasonografi.....	9
2.1.3. Hubungan Pengolahan Citra Ultrasonografi dan Kecerdasan Buatan....	10
2.1.4. <i>Deep Learning</i>	11
2.1.5. <i>Deep Learning for Segmentation</i>	12
2.1.6. <i>You Only Look Once (YOLO)</i>	14
2.1.7. <i>Metric Evaluation</i>	20
2.2. Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1. Kerangka Kerja.....	24
3.2. Data Ingestion.....	26
3.3. Data Preprocessing	26
3.4. Exploratory Data Analysis I – Global	29
3.4.1. Distribusi Tipe Data.....	29
3.4.2. Distribusi Jumlah total gambar dan anotasi (<i>Cek Missing Data</i>).....	30
3.4.3. Distribusi Proporsi <i>RGB</i> vs. <i>Grayscale</i>	32
3.4.4. Distribusi Ukuran/resolusi gambar.....	33
3.5. Data Splitting & <i>EDA Tahap II</i>	33
3.6. <i>Pemodelan</i> dan Evaluasi.....	35
3.6.1. <i>Pemodelan</i>	36
3.6.2. Evaluasi Akhir dan Pemilihan Model Terbaik.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Hasil Evaluasi Model Base.....	39
4.2. Seleksi dan <i>Tuning</i> Model Terpilih.....	42

4.3. Evaluasi Akhir pada Data Uji (<i>Testing Set</i>)	43
4.4. Perbandingan Antar Versi Model YOLO.....	44
4.5. Model Terbaik.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	xiii
LAMPIRAN	xvi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Representasi Citra Biner [7]	8
Gambar 2. 2 Representasi Citra <i>Grayscale</i> [7]	9
Gambar 2. 3. Representasi Citra RGB [8].....	9
Gambar 2. 4. Citra USG Fetal [11]	10
Gambar 2. 5. <i>Common DL Tasks in Fatal USG Imaging</i> [16]	12
Gambar 2. 6. Ilustrasi <i>Semantic vs Instance Segmentation</i> [17].....	13
Gambar 2. 7. Diagram <i>Timeline</i> Evolusi Algoritma YOLO 2015-2024	14
Gambar 2. 8. Struktur Utama Arsitektur YOLO	15
Gambar 2. 9. Arsitektur YOLOv8 [32]	18
Gambar 2. 10. Arsitektur YOLOv9	19
Gambar 2. 11. Arsitektur YOLOv11	20
Gambar 2. 12. Visualisasi Metrik IoU	21
Gambar 2. 13. Sample Nilai IoU [33]	22
Gambar 3. 1. Kerangka Kerja Penelitian	25
Gambar 3. 2. Diagram Alur <i>Data Ingestion</i> Penelitian.....	26
Gambar 3. 3. Diagram Alur <i>Data Preprocessing</i> Penelitian	27
Gambar 3. 4. Tampilan Format Label COCO JSON vs TXT YOLO	27
Gambar 3. 5. Alur EDA I	29
Gambar 3. 6. Distribusi Tipe Data	30
Gambar 3. 7. Distribusi Label Segmentasi dalam Dataset.....	30
Gambar 3. 8. Visualisasi Distribusi <i>Class</i> Label Anotasi.....	31
Gambar 3. 9. Sampel Anotasi Label	31
Gambar 3. 10. Distribusi Tipe Gambar <i>Grayscale</i> vs RGB	32
Gambar 3. 11. Distribusi Ukuran Resolusi Gambar pada Dataset	33
Gambar 3. 12. Visualisasi Distribusi Pembagian Dataset (<i>Train, Val, Test</i>)	34
Gambar 3. 13. Visualisasi Distribusi Jumlah Dataset	34
Gambar 3. 14. Alur Tahap Pemodelan dan Evaluasi.....	35
Gambar 4. 1. Kurva <i>Segmentation Loss (Train vs. Val) Model Base</i>	40
Gambar 4. 2. Performa mIoU <i>Model Base</i>	41

Gambar 4. 3. Boxplot Distribusi mIoU Model Base per Versi YOLO	42
Gambar 4. 4. Kurva <i>Segmentation Loss Tuned Model</i>	45
Gambar 4. 5. Boxplot mIoU Tuned Model per Versi YOLO	46
Gambar 4. 6. Visualisasi mIoU All Tuned Model	47
Gambar 4. 7. mIoU per- <i>Class</i> pada Model Terbaik (YOLO8l-E200-B4).....	49
Gambar 4. 8. Sample Hasil Segmentasi Model YOLO8l-E200-B4.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tabel Perbedaan Versi YOLO	16
Tabel 2. 2. Tabel Penelitian Terdahulu	23
Tabel 3. 1. Daftar Nama Label	28
Tabel 3. 2. Tabel Distribusi Warna	32
Tabel 3. 3. Tabel Distribusi Dataset	35
Tabel 3. 4. Base Model Configuration	36
Tabel 3. 5. <i>Tuning Hyperparameter</i>	36
Tabel 3. 6. Spesifikasi <i>Hardware & Software</i> untuk <i>Training</i>	37
Tabel 4. 1. Hasil mIoU Base Model	41
Tabel 4. 2. Hasil mIoU Tuned Model	43
Tabel 4. 3. Hasil Perbandingan mIoU Base Vs. Tuned Model	47
Tabel 4. 4. mIoU per Objek pada Model Terbaik (YOLO8L-E200-B4)	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi.....	xvii
Lampiran 2 Form Revisi	xviii
Lampiran 3 Cek Plagiarisme	xx

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam kurun waktu terakhir, model *deep learning* seperti YOLO (*You Only Look Once*) semakin populer dan banyak digunakan dalam berbagai bidang. Kepopuleran YOLO didorong oleh kemampuannya dalam melakukan deteksi dan segmentasi objek secara cepat dan efisien, bahkan dalam kondisi gambar yang kompleks [1]. YOLO telah diaplikasikan secara luas dalam bidang seperti pengawasan lalu lintas dan pengenalan wajah [2][3]. Model ini terus dikembangkan secara aktif oleh komunitas *open-source*, terutama oleh Ultralytics, dengan merilis versi-versi terbaru seperti YOLOv5 hingga YOLOv12 [4]. Berkat kecepatan tinggi, akurasi yang kompetitif, serta kemudahan implementasinya, YOLO banyak menjadi pilihan dalam berbagai penelitian dan aplikasi industri.

Meskipun telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan teknis, pemanfaatan YOLO dalam analisis citra ultrasonografi (USG) *fetal* masih terbatas. Sebagian besar studi sebelumnya lebih banyak mengandalkan arsitektur seperti U-Net untuk tugas segmentasi pada citra medis. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa versi terbaru seperti YOLOv8 memiliki potensi untuk memproses citra medis, termasuk citra USG, dengan akurasi yang baik berdasarkan metrik seperti *Intersection over Union (IoU)* [5]. Namun, belum banyak penelitian yang secara khusus menilai seberapa baik versi-versi terbaru YOLO ini bekerja dalam segmentasi citra USG *fetal*.

Melihat adanya potensi dari versi-versi terbaru YOLO tersebut dan minimnya eksplorasi di bidang ini, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja beberapa versi YOLO (YOLOv8, YOLOv9 dan YOLOv11) dalam tugas segmentasi citra USG *fetal* 2D, dengan mengukur metrik IoU dan waktu pelatihan. Selain itu, studi ini juga mengevaluasi pengaruh konfigurasi pelatihan seperti jumlah *epoch* dan *batch size* terhadap kualitas segmentasi. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat berkontribusi dalam pengembangan sistem bantu diagnosis otomatis untuk citra ultrasonografi *fetal*.

1.2. Rumusan Masalah

Segmentasi citra USG *fetal* 2 dimensi mempunyai tantangan tersendiri karena bentuk dan posisi struktur *fetal* yang rumit serta kualitas gambar yang kadang kurang jelas. Di sisi lain, perkembangan teknologi model YOLO dari versi ke versi membuka peluang untuk meningkatkan akurasi segmentasi tersebut. Selain itu, penelitian ini akan mengevaluasi performa model berdasarkan metrik *Intersection over Union (IoU)* serta mempelajari pengaruh konfigurasi pelatihan seperti jumlah *epoch* dan *batch size* terhadap waktu pelatihan. Dengan demikian, melalui penelitian ini, diharapkan diperoleh penjelasan yang mendalam mengenai metode dan pengaturan konfigurasi terbaik dalam segmentasi citra USG *fetal* 2 dimensi.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memastikan bahwa penelitian ini berjalan secara sistematis dan tidak menyimpang dari fokus yang telah ditetapkan, maka diperlukan adanya batasan ruang lingkup. Penetapan batasan ini bertujuan agar pelaksanaan penelitian tetap terarah dan sesuai dengan sasaran. Batasan dalam penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Penelitian hanya menganalisis performa model segmentasi YOLO versi YOLOv8 (varian n, s, m, l, x), YOLOv9 (varian c dan e), serta YOLOv11 (varian n, s, m, l, x). Versi lain di luar ketiga versi tersebut tidak dianalisis.
2. Eksperimen pelatihan awal dilakukan menggunakan hyperparameter dasar (epoch = 75, batch size = 2, learning rate = 0.001), dan dilanjutkan dengan tuning hyperparameter terbatas pada variasi epoch (50, 100, 200) dan batch size (2 dan 4), dengan learning rate tetap.
3. Penelitian ini hanya akan fokus menyegmentasi 5 struktur utama (*Abdomen, Femur, Head, Heart, Thorax*) dengan total 22 objek yang disegmentasi, meliputi: *Abdomen, Stomach, Umbilical Vein, Femur, Thalami, CSP (Cavum Septum Pellucidum), Falx, Anterior Horn, PHLV (Posterior Horn Of Lateral Ventriculus), CP (Choroid Plexus), CM (Cisterna Magna), Cerebellum, Cerebral Peduncles, Nuchal Skinfold, HC (Head Circumference), AO (Aorta), LA (Left Atrium), RA (Right Atrium), LV*

(*Left Ventricle*), RV (*Right Ventricle*), Rongga Dada (*Chest Cavity*), dan Lingkar Jantung (*Heart Circumference*).

4. Dataset yang digunakan hanya mencakup citra USG *fetal* dua dimensi. Evaluasi kinerja model dilakukan hanya berdasarkan metrik *Intersection over Union* (IoU) sebagai indikator utama akurasi segmentasi.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa kinerja model YOLO dalam menyegmentasi citra ultrasonografi 2 dimensi berdasarkan konfigurasi yang telah ditentukan. Secara spesifik, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyelesaikan permasalahan segmentasi pada 22 struktur anatomi *fetal* pada citra ultrasonografi menggunakan model YOLO.
2. Membandingkan kinerja berbagai versi model YOLOv8, YOLOv9 dan YOLOv11 dalam menyegmentasi citra ultrasonografi *fetal* dengan menggunakan metrik evaluasi *Intersection over Union* (IoU) pada data validasi dan data uji.

Dengan mengacu pada tujuan di atas, peneliti berharap dapat memberikan sejumlah manfaat berupa:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknik segmentasi citra medis, khususnya dalam penggunaan model YOLO untuk segmentasi citra ultrasonografi *fetal*.
2. Memberikan dasar yang kuat bagi penelitian selanjutnya, yang mengembangkan penggunaan model YOLO untuk aplikasi lebih lanjut dalam berbagai jenis citra medis terutama USG *fetal*.

1.5. Metode yang Digunakan dalam Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir secara terstruktur dan terarah. Metode-metode ini mencakup berbagai tahapan, mulai dari pengumpulan referensi hingga penarikan kesimpulan. Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai metode-metode yang digunakan dalam penelitian ini.

1.5.1. Metode Studi Pustaka dan Literatur

Metode ini dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari berbagai sumber informasi yang relevan, seperti buku, jurnal, artikel ilmiah, dan referensi dari internet. Fokus dari studi pustaka ini adalah mendapatkan pemahaman yang cukup tentang topik “Segmentasi Citra USG menggunakan YOLO”. Informasi yang diperoleh dari literatur dijadikan dasar dalam menyusun landasan teori serta memahami pendekatan yang pernah digunakan pada penelitian sebelumnya.

1.5.2. Metode Konsultasi

Metode konsultasi dilakukan dengan berdiskusi bersama dosen pembimbing atau pihak yang memang ahli di bidang terkait. Konsultasi ini bertujuan untuk meminta arahan, saran, dan masukan dalam menghadapi kendala selama proses penelitian berlangsung.

1.5.3. Metode Pembuatan Model

Pada tahap ini dilakukan perancangan dan pembangunan model dengan pendekatan simulasi, sebagai bagian dari proses eksperimen dalam penelitian.

1.5.4. Metode Pengujian

Metode pengujian digunakan untuk mengevaluasi performa model segmentasi citra yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data uji yang terpisah dari data pelatihan, untuk mengukur kemampuan model dalam melakukan segmentasi terhadap citra yang belum pernah dilihat sebelumnya.

1.5.5. Metode Analisa

Metode analisa digunakan untuk membandingkan dan menentukan model mana yang paling efektif dan optimal berdasarkan hasil yang diperoleh.

1.5.6. Metode Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan dilakukan, penulis akan membuat kesimpulan berdasarkan hasil yang telah diperoleh selama penelitian. Kesimpulan ini merangkum inti dari penelitian dan menjawab tujuan awal yang telah ditetapkan. Selain itu, penulis juga memberikan saran untuk penelitian berikutnya, terutama jika ada bagian yang masih bisa dikembangkan lebih lanjut.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan menjelaskan mengenai sinopsis setiap bab yang akan diuraikan pada penelitian kali ini, mulai dari BAB I hingga BAB V. Pembaca dapat menemukan bagian inti dari hasil penulisan ini sesuai dengan keperluan pembaca. Yang mana yang telah dirangkum sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat landasan awal dari penulisan Tugas Akhir, yang mencakup uraian mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan atau ruang lingkup studi, serta sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II memaparkan landasan teori, konsep kerja, dan cara-cara yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian, sekaligus memperkuat validitas penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III menguraikan secara rinci metodologi yang digunakan dalam penelitian. Pembahasannya mencakup teknik, metode, dan langkah-langkah sistematis yang diambil dalam pengumpulan, pengolahan, dan analisis data. Di sini juga dijelaskan alasan pemilihan teknik tertentu dan penerapannya dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV menampilkan hasil-hasil penelitian berdasarkan pengujian yang dilakukan, menganalisis hasil tersebut, serta memberikan pembahasan terkait dengan tiap-tiap hasil yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V menyajikan kesimpulan dari penelitian beserta usulan arah penelitian lanjutan yang masih berhubungan dengan topik pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Sun, Z. Sun, and W. Chen, “Engineering Applications of Artificial Intelligence The evolution of object detection methods,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 133, no. PE, p. 108458, 2024, doi: 10.1016/j.engappai.2024.108458.
- [2] V. Yolo and P. Sistem, “Deteksi Pelanggaran Lalu Lintas Tidak Menggunakan Helm Dengan YOLO V4 Pada Sistem ETLE,” vol. 9, no. 2, pp. 129–134, 2023, doi: 10.31294/jtk.
- [3] H. Putri, S. Hadiyoso, S. Berliana, P. Fatoni, V. Octaviany, and A. Wulandari, “Security System for Door Locks Using YOLO-Based Face Recognition,” vol. 9, no. January, 2025.
- [4] A. Review and T. Previous, “YOLO Evolution: A Comprehensive Benchmark and Architectural Review of YOLOv12, YOLO11, and Their Previous Versions”.
- [5] M. Ra, “Automated Amniotic Fluid Volume Assessment Using YOLOv8 for Enhanced Fetal Health Diagnosis in Ultrasound Imaging Automated Amniotic Fluid Volume Assessment Using YOLOv8 for Enhanced Fetal Health Diagnosis in Ultrasound Imaging,” pp. 0–12, 2024.
- [6] M. K. Pradani Ayu Widya Purnama and M. S. Dr. Ir. Sumijan, *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra Digital Penerapan dalam Bidang Citra Medis*. 2021.
- [7] Z. AI, “Let’s See ... How Computers Can See!” [Online]. Available: <https://zaka.ai/wp-content/uploads/2023/07/binaryimages-768x242-64bfb282f1263.webp>
- [8] F. vom Lehn, “Understanding the Structure of RGB Images and How Pixel Values Represent Color.” [Online]. Available: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:828/format:webp/1*8k6Yk6MhED2SxF2zLctG7g.png
- [9] M. Puttagunta and S. Ravi, “Medical image analysis based on deep learning approach,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 80, no. 16, pp. 24365–24398, 2021,

doi: 10.1007/s11042-021-10707-4.

- [10] S. H. Park, “Artificial intelligence for ultrasonography: Unique opportunities and challenges,” *Ultrasonography*, vol. 40, no. 1, pp. 3–6, 2021, doi: 10.14366/usg.20078.
- [11] S. A. Purwoko, “Begini Cara Membaca Hasil USG Kehamilan agar Lebih Akurat.” [Online]. Available: <https://cdn.hellosehat.com/wp-content/uploads/2016/12/hasil-USG.jpg>
- [12] L. Meng, D. Zhao, Z. Yang, and B. Wang, “Automatic display of fetal brain planes and automatic measurements of fetal brain parameters by transabdominal three-dimensional ultrasound,” *J. Clin. Ultrasound*, vol. 48, no. 2, pp. 82–88, 2020, doi: 10.1002/jcu.22762.
- [13] Y. Cheng and B. Li, “Image segmentation technology and its application in digital image processing,” *Proc. IEEE Asia-Pacific Conf. Image Process. Electron. Comput. IPEC 2021*, pp. 1174–1177, 2021, doi: 10.1109/IPEC51340.2021.9421206.
- [14] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, “Deep learning,” *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 2015, doi: 10.1038/nature14539.
- [15] Y. Guo, Y. Liu, A. Oerlemans, S. Lao, S. Wu, and M. S. Lew, “Deep learning for visual understanding: A review,” *Neurocomputing*, vol. 187, pp. 27–48, 2016, doi: 10.1016/j.neucom.2015.09.116.
- [16] M. C. Fiorentino, F. P. Villani, M. Di Cosmo, E. Frontoni, and S. Moccia, “A review on deep-learning algorithms for fetal ultrasound-image analysis,” *Med. Image Anal.*, vol. 83, no. D1, pp. 1–31, 2023, doi: 10.1016/j.media.2022.102629.
- [17] A. ARK, “Image Segmentation Techniques for Computer Vision.” [Online]. Available: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:786/format:webp/0*IVkbj93JRHYZ6APz
- [18] G. Cheng and J. Y. Zheng, “Semantic Segmentation for Pedestrian Detection from Motion in Temporal Domain,” no. October 2020, 2021, doi: 10.1109/ICPR48806.2021.9411958.
- [19] G. Papandreou, T. Zhu, L. Chen, S. Gidaris, J. Tompson, and K. Murphy,

- “PersonLab : Person Pose Estimation and Instance Segmentation with a Bottom-Up , Part-Based , Geometric Embedding Model”.
- [20] M. L. Ali, “The YOLO Framework : A Comprehensive Review of Evolution , Applications , and Benchmarks in Object Detection,” 2024.
 - [21] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection”.
 - [22] J. Redmon and A. Farhadi, “Better , Faster , Stronger,” pp. 6517–6525, 2017, doi: 10.1109/CVPR.2017.690.
 - [23] J. Redmon, “YOLOv3: An Incremental Improvement”.
 - [24] C. Wang and H. M. Liao, “YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection”.
 - [25] F. J. Solawetz, “What is yolov5? a guide for beginners.” [Online]. Available: <https://blog.roboflow.com/yolov5-improvements-and-evaluation/>
 - [26] C. Li *et al.*, “YOLOv6: A Single-Stage Object Detection Framework for Industrial Applications”.
 - [27] C. Wang, A. Bochkovskiy, and H. M. Liao, “YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors,” pp. 1–15.
 - [28] F. J. Solawetz, “What is yolov8? the ultimate guide.” [Online]. Available: <https://blog.roboflow.com/what-is-yolov8/>
 - [29] C. Wang, I. Yeh, and H. M. Liao, “YOLOv9: Learning What You Want to Learn Using Programmable Gradient Information”.
 - [30] A. Wang *et al.*, “YOLOv10 : Real-Time End-to-End Object Detection,” no. NeurIPS, pp. 1–21, 2024.
 - [31] J. Xu, H. Chen, X. Xiao, M. Zhao, and B. Liu, “Gesture Object Detection and Recognition Based on YOLOv11,” vol. 0, pp. 81–89, 2025, doi: 10.54254/2755-2721/133/2025.20604.
 - [32] P. Hidayatullah, N. Syakrani, M. R. Sholahuddin, T. Gelar, R. Tubagus, and P. N. Bandung, “YOLOv8 to YOLOv11 : A Comprehensive Architecture In-depth Comparative Review,” 2025.
 - [33] S. C. Kaman, M. Kotan, C. O. Z, F. S. Ahmet, F. Selamat, and D. Ibrahim, “Mask-Based IoU for Bounding Box Regression Using Medical Images,” vol. 16, no. 2, pp. 325–332, 2024.

- [34] S. Nurmaini, A. I. Sapitri, and M. T. Roseno, “Computer-aided Assessment for Enlarged Fetal Heart with Deep Learning Model,” *ISCIENCE*, vol. 28, no. 5, p. 112288, doi: 10.1016/j.isci.2025.112288.
- [35] F. A. Hermawati and V. A. Jaya, “Komputika : Jurnal Sistem Komputer Segmentasi Kepala Janin pada Citra Ultrasound Menggunakan Arsitektur Jaringan U-Net Fetal Head Segmentation in Ultrasound Images Using U-Net Network Architecture,” vol. 13, pp. 193–199, 2024, doi: 10.5281/zenodo.1322001.
- [36] A. Nugroho, B. Sunarko, H. Wibawanto, A. Mulwinda, A. Fauzi, and D. Oktaviyanti, “Segmentasi Objek Citra Ultrasonografi Terotomatisasi Menggunakan Metode Aktif Kontur Kombinatorial Automated Ultrasound Object Segmentation Using Combinatorial Active Contour Method,” vol. 11, no. July 2021, pp. 8–17, 2023, doi: 10.14710/jtsiskom.2023.14712.