

**SEGMENTASI *HOLE* DAN SEPTUM JANTUNG ANAK
NON-DOPPLER DENGAN MENGGUNAKAN *YOU ONLY
LOOK ONCE (YOLO)***

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH:

PUTRI RESTI NINGSIH

09011282126061

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER FAKULTAS ILMU
KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

**SEGMENTASI *HOLE* DAN SEPTUM JANTUNG ANAK
NON-DOPPLER DENGAN MENGGUNAKAN *YOU
ONLY LOOK ONCE (YOLO)***

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH:

PUTRI RESTI NINGSIH

09011282126061

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER FAKULTAS ILMU
KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir

Segmentasi *Hole* dan Septum Jantung *Anak Non-Doppler* dengan Menggunakan *You Only Look Once* (YOLO)

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Sistem Komputer

Oleh:

PUTRI RESTI NINGSIH

09011282126061

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

Mengetahui
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T.
196612032006041001

AUTHENTICATION PAGE

THESIS

Segmentation of Cardiac Septum and Defects in Pediatric Non-Doppler Images Using You Only Look Once (YOLO)

As one of the requirements for completing studies
in the Bachelor's Degree of Computer Systems Study Program

by:

PUTRI RESTI NINGSIH

09011282126061

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

Approved by:
Head of Computer System Department



Dr. Ir. Sukemi, M.T.
196612032006041001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji lulus pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 26 Juni 2025

Tim Penguji :

1. Ketua Sidang : Dr. Firdaus , M.Kom.
2. Penguji Sidang : Sutarno, M.T.
3. Pembimbing : Prof. Ir. Siti Nurmaini, M.T., Ph.D.

[Handwritten signatures of the examiners]



Mengetahui, 12/7/25

Ketua Jurusan Sistem Komputer

[Handwritten signature of Dr. Ir. Sukemi, M.T.]
Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Resti Ningsih
NIM : 09011282126061
Judul Tugas Akhir : Segmentasi *Hole* dan Septum Jantung *Non-Doppler* dengan Menggunakan *You Only Look Once* (YOLO).

Hasil pemeriksaan Turnitin: 2%

Menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya Saya sendiri dan tidak mengandung unsur penjiplakan atau plagiat. Saya sepenuhnya menyadari bahwa jika terbukti adanya penjiplakan atau plagiat dalam Laporan Tugas Akhir ini, Saya siap menerima sanksi akademik di Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini Saya buat dengan kesadaran penuh dan tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, 7 Juli 2025

Yang menyatakan,



Putri Resti Ningsih
NIM. 09011282126061

HALAMAN PERSEMBAHAN

1. Dengan penuh rasa bangga, rendah hati, dan tulus, aku persembahkan Tugas Akhir ini kepada papa dan mama. Terima kasih atas segala dukungan kalian, selalu berusaha membantuku dalam segala kesulitan tanpa mengenal lelah, selalu memasukkan namaku ke dalam doa-doa kalian. Seluruh usaha dan bantuan yang kalian berdua berikan kepadaku adalah sebuah rahmat dan anugerah yang terus menjadi penyemangatku dan alasan terkuatku untuk terus dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Terima kasih yang sangat besar dan mendalam kuucapkan kepada kedua adikku, Shaqila Atika dan Meylanie Indah karena telah membantuku untuk terus berjuang menyelesaikan tugas akhir ini lewat kata-kata motivasi, bahkan sekedar mengobrol ringan atau bermain game bersama, semuanya untuk mengingatkanku kembali bahwa aku selalu memiliki kalian dan akan selalu ada waktu untuk bangkit kembali lewat dukungan saudari-saudariku.
3. Untuk diriku sendiri, terima kasih karena telah berjuang hingga detik ini. Terima kasih karena sudah mampu bertahan melewati segala keterpurukan hingga saat ini. Terima kasih karena sudah berusaha bertahan melawan rasa lelah hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini kujadikan sebagai simbol bahwa diriku kuat dan pasti selalu mampu untuk melewati segala macam ujian—seberat apapun ujian itu.

MOTTO

“Semua hal dalam hidup akan selalu berakhir dengan baik. Dan jika tidak berakhir dengan baik, maka itu bukanlah sebuah akhir.”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, kasih sayang dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “Segmentasi *Hole* dan Septum Jantung *Non-Doppler* dengan Menggunakan *You Only Look Once* (YOLO).”.

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis menjelaskan mengenai pemodelan yang digunakan untuk melakukan penelitian segmentasi pada kumpulan dataset citra yang terdiri dari jantung janin . Penulis berharap agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi orang banyak.

Selama penulisan Proposal Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan ide, bantuan, serta saran dari semua pihak, baik secara langsung maupun tak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan berkah serta nikmat kesehatan dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Tidi Wijaya dan Suryati yang selalu memberikan dukungan semangat, rasa tidak pantang menyerah, kasih sayang dan masih banyak lagi yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Adik-adik penulis, Meylanie Indah Wijaya dan Shaqila Atika Wijaya yang membantu memberikan saran dan semangat kepada penulis.
4. Bapak Prof . Dr. Erwin, S.Si, M.Si. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Ir. Sukemi, M.T. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Prof. Ir. Siti Nurmaini, M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktunya guna

membimbing, memberikan saran dan motivasi serta bimbingan terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Mbak Dr. Ade Iriani Sapitri, M.Kom. dan Mbak Dr. Annisa Darmawahyuni selaku mentor yang berkenan menyisihkan waktunya untuk memberikan motivasi serta arahan secara terperinci kepada penulis agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Sahabat terbaik penulis, Andrian Kaspari dan Armanda Fathurrahman yang telah memberikan dukungan berupa waktu, semangat, dan sebagai teman curhat penulis.
9. Teman-teman *Bawak Laptop Dak* yang terdiri dari Aldi, Lulu, Dhani Medianto, Bagas, Dzaky, Fakhri, Quddus, dan Reihan yang telah memberikan dukungan serta menyemangati penulis.
10. Teman teman dari Isysrg khususnya Mutiah Andini, Keisyah Sabinatullah, dan Indah Gala Putri yang telah berkenan membantu penulis dalam memberikan informasi dan mau membantu segala kesulitan penulis pada saat menyusun Tugas Akhir ini.
11. Almamater

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun tentu sangat diharapkan penulis. Akhir kata penulis berharap, semoga proposal tugas akhir ini bermanfaat dan berguna bagi khalayak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Palembang, 7 Juli 2025



Putri Resti Ningsih

NIM. 09011282126061

Segmentasi *Hole* dan Septum Jantung Anak *Non-Doppler* dengan

Menggunakan *You Only Once* (YOLO)

PUTRI RESTI NINGSIH (09011282126061)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas

Sriwijaya Email: putrirestiningsih@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini membahas segmentasi citra ultrasonography jantung anak untuk mendeteksi lubang (*hole*) dan septum jantung menggunakan pendekatan *deep learning*, khususnya model YOLO (*You Only Look Once*). Penelitian ini menggunakan dataset citra *ultrasonography non-doppler* yang diambil dari rekaman *smartphone*, kemudian dilakukan segmentasi dengan berbagai varian model YOLOv8 (*nano, small, medium, dan large*). Penelitian ini menggunakan total 5520 gambar yang terdiri dari berbagai jenis penyakit *Atrial Septal Defect* (ASD), *Ventricular Septal Defect* (VSD), *Atrioventricular Septal Defect* (AVSD) dan normal (tanpa penyakit). Fokus penelitian adalah segmentasi pada objek lubang “*hole*” dan septum jantung . Hasil evaluasi yang menggunakan dataset *validation* dan *unseen* menunjukkan bahwa model terbaik adalah model YOLOv8 dengan menggunakan *batch size* 16 dengan jumlah *epoch* yang digunakan adalah 300. Perbandingan yang dilakukan dengan menggunakan *raw dataset* menunjukkan perfoma yang tidak lebih unggul daripada dataset yang diambil dengan menggunakan *smartphone*.

Keywords: Segmentasi citra, *Ultrasonography*, YOLOv8, *Deep Learning*

Segmentation of Cardiac Septum and Defects in Pediatric Non-Doppler Images Using You Only Look Once (YOLO)

PUTRI RESTI NINGSIH (09011282126061)

*Department of Computer Engineering, Faculty of Computer Science,
Sriwijaya University*

Email: putrirestiningsih@gmail.com

ABSTRACT

This study mainly discuss the segmentation of pediatric heart ultrasonography images to detect holes and septa in the heart using a deep learning approach, specifically the YOLO (You Only Look Once) model. This research utilizes a non- Doppler ultrasonography image dataset acquired from smartphone recordings and performs segmentation using various versions of the YOLOv8 model (nano, small, medium, and large). A total of 5,520 images were used, consisting of several types of conditions: Atrial Septal Defect (ASD), Ventricular Septal Defect (VSD), Atrioventricular Septal Defect (AVSD), and normal (non-pathological) cases. The focus of this study is on segmenting the hole and septal structures of the heart. Evaluation results using both validation and unseen datasets indicate that the best- performing model is YOLOv8 with a batch size of 16 and trained for 200 epochs. Comparative analysis using raw dataset shows that its performance is not more good than the dataset that are captured using smartphone cameras.

Keywords: *Image Segmentation, ultrasonography, YOLO, Deep Learning.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
<i>AUTHENTICATION PAGE</i>	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 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. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Citra Digital	5
2.2. Citra <i>Ultrasonography</i>	6
2.3. <i>Instance Segmentation</i>	6
2.4. <i>Artificial Intelligence</i>	7
2.5. <i>Deep Learning</i>	8
2.6. <i>You Only Look Once</i>	9
2.7. <i>Intersection Over Union</i>	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1. Kerangka Kerja Penelitian	11
3.2. Persiapan Data	12
3.3. <i>Data Preprocessing</i>	16
3.4. <i>Data Splitting</i>	21
3.5. Proses <i>Training</i>	22
3.6. Evaluasi Model <i>Validation</i> dan <i>Unseen</i>	23
3.7. <i>Pelatihan</i> dan Evaluasi Parameter Model Terbaik ke 300 <i>Epoch</i>	23

3.8. Perbandingan Model Terbaik menggunakan <i>Raw Dataset</i>	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1. YOLO <i>Nano</i>	24
4.2. YOLO <i>Small</i>	26
4.3. YOLO <i>Medium</i>	27
4.4. YOLOv8 <i>Large</i>	29
4.5. Pelatihan dan Evaluasi Parameter Model Terbaik ke 300 <i>Epoch</i>	31
4.6. Pengujian dengan <i>Raw Dataset</i>	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jumlah Video	17
Tabel 3.2. Kelas Objek pada Setiap View.....	20
Tabel 3.3. Splitting Dataset.....	22
Tabel 3.4. Hyperparameter Tuning	23
Tabel 4.1. Performa YOLOv8 Nano	25
Tabel 4.2. Performa YOLOv8 Small	26
Tabel 4.3. Performa YOLOv8 Medium	28
Tabel 4.4. Performa YOLOv8 Large.....	30
Tabel 4.7. Perbandingan Performa model 200 Epoch dan 300 Epoch.....	31
Tabel 4.8. Perbandingan Performa YOLOv8	32
Tabel 4.9. Prediksi Performa pada dua jenis dataset.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh citra digital	5
Gambar 2.2. <i>Instance segmentation</i>	7
Gambar 2.3. Arsitektur YOLOv8 [26]	10
Gambar 3.1. Kerangka kerja penelitian	12
Gambar 3.2. <i>View</i> Tiap Jenis Dataset yang diambil dengan <i>smartphone</i>	14
Gambar 3.3. <i>View</i> Setiap Jenis <i>raw dataset</i>	16
Gambar 3.3. Seleksi dataset	17
Gambar 3.4. Anotasi dataset	19
Gambar 3.5. Bagian-bagian file .txt	21
Gambar 4.1. Grafik <i>Segmentation Loss</i>	36

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang gambaran umum mengenai penelitian dari tugas akhir ini yang meliputi latar belakang yang memaparkan alasan penulis untuk melakukan penelitian, perumusan dan batasan masalah, tujuan, manfaat penulisan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

1.1. Latar Belakang

Penelitian mengenai segmentasi suatu citra sudah sangat sering dilakukan. Segmentasi berfokus kepada bagaimana seseorang mengalokasikan sebuah kurva yang membatasi suatu objek [1]. Proses ini diketahui dapat menyelesaikan beberapa macam tantangan dalam mengolah dataset citra seperti melakukan deteksi objek, pengenalan pola, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Segmentasi dilakukan dengan membagikan dataset citra menjadi beberapa segmen sehingga membuat objek citra menjadi lebih sederhana dan memudahkan dilakukannya pengenalan pola. Tingkat seberapa baik atau tidaknya suatu segmentasi bergantung pada banyak faktor seperti tata letak suatu objek di dalam gambar, pencahayaan, bayangan, dan lainnya [2]. Karena tantangan yang sangat variatif itulah maka diperlukan sebuah pendekatan segmentasi yang tepat.

Saat ini banyak sekali dilakukan penelitian yang menggunakan pendekatan *deep learning* dengan citra medis. Dalam citra medis, pengolahan seperti pada penelitian [3], [4], [5] digunakan segmentasi untuk melokasikan *hole* yang menandai bahwa terdapat suatu keabnormalan pada jantung anak. Contoh penelitian lainnya yang melibatkan citra medis dengan menggunakan pendekatan *deep learning* adalah [6] yang melakukan segmentasi pada *abdominal aorta* untuk mendeteksi lebih awal indikasi penyakit aneurisma pada aorta pasien. Meskipun demikian, citra medis yang diteliti sebelumnya hanya diambil langsung dari rekaman *ultrasonography*, hasilnya mungkin akan berbeda

apabila jika citra tersebut diambil dengan menggunakan kamera *smartphone*. Penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan kamera *smartphone* adalah [7], [8] yang menggunakan pendekatan YOLO untuk mendeteksi kerusakan pada jalan dan mengimplementasikannya ke dalam aplikasi. Meskipun demikian, penulis belum menemukan penelitian mengenai data citra medis yang diperlakukan seperti pada kedua penelitian tersebut, hal ini tentunya terjadi karena karakteristik citra yang dimiliki penelitian tersebut tentu berbeda dengan karakteristik citra medis. Oleh karena itu, penulis mencoba melakukan penelitian segmentasi jantung dengan menggunakan *smartphone* untuk mendeteksi *hole* dan *septum* jantung pada dataset citra *ultrasonography*.

Penelitian ini menggunakan citra jantung anak yang diambil dari rekaman *ultrasonography* dari sudut pandang (*view*) tertentu. Karena karakteristik citra *ultrasonography* yang unik dari citra lainnya, maka pengolahannya harus dilakukan dengan pendekatan khusus agar mendapatkan hasil yang terbaik. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan *deep learning* untuk melakukan segmentasi pada jantung. Salah satu contoh pendekatan dari *deep learning* yang dapat digunakan untuk melakukan segmentasi citra *ultrasonography* jantung anak adalah YOLO (*You Only Look Once*) [9]. Metode YOLO dipilih karena di antara berbagai algoritma pendeteksian suatu objek, YOLO memiliki keunggulan dalam kecepatan dan akurasi yang luar biasa [10].

Pada Tugas Akhir ini, penulis akan mengimplementasikan model YOLO untuk melakukan segmentasi pada citra *ultrasonography* dengan objek jantung anak. Judul dari tugas akhir ini adalah “Segmentasi *Hole* dan *Septum* Jantung Anak *Non- Doppler* dengan Menggunakan *You Only Look Once* (YOLO)”.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini yaitu:

1. Melakukan perbandingan hasil segmentasi pada objek *hole* dan *septum* jantung anak dengan menggunakan YOLOv8 *nano*, *small*,

medium dan *large*.

2. Menguji performa model segmentasi yang telah dibuat dengan menggunakan *raw dataset*.

1.3. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan hasil segmentasi pada *hole* dan septum jantung anak yang menggunakan YOLOv8 *nano*, *small*, *medium* dan *large*?
2. Bagaimana hasil segmentasi dengan menggunakan model terbaik jika diterapkan pada *raw dataset*?

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan citra *ultrasonography* jantung anak yang direkam dengan menggunakan kamera *smartphone android* Samsung.
2. Metode yang digunakan untuk melakukan segmentasi adalah menggunakan arsitektur YOLO.
3. View yang ditambahkan sebagai dataset adalah *5-Chamber* (5CH), *4-Chamber* (4CH), *Long-axis* (LA), *Short-Axis* (SA), dan *Subcostal* (SUB).
4. Matriks evaluasi yang digunakan adalah *Intersection over Union* (IoU).
5. Kasus data berupa abnormal dan normal *defect septum*.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 membahas tentang awal dari suatu penulisan yang meliputi latar belakang, perumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 membahas tentang landasan teori yang diambil dari berbagai sumber seperti jurnal yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di dalam penelitian dan menjelaskan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab 3 membahas tentang penjelasan yang lebih detail mengenai teknik, metode, serta alur pengerjaan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab 4 membahas tentang analisis hasil pengujian yang terdiri atas evaluasi mengenai kelebihan dan kekurangan dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab 5 menampilkan Kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian sebelumnya dan rekomendasi untuk perbaikan dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka menampilkan kumpulan referensi dari berbagai sumber yang digunakan pada saat melakukan studi literatur.

LAMPIRAN

Lampiran mencakup kumpulan dokumen seperti formulir perbaikan dan juga pemeriksaan tingkat kemiripan laporan tugas akhir dengan sumber daya lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Szeliski, “Computer Vision,” 2022, doi: 10.1007/978-3-030-34372-9.
- [2] S. Khalid Abdulateef and M. Dawood Salman, “Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering A Comprehensive Review of Image Segmentation Techniques,” vol. 17, 2021, doi: 10.37917/ijeee.17.2.18.
- [3] A. Iriani Sapitri *et al.*, “Deep learning-based real time detection for cardiac objects with fetal ultrasound video,” *Inform Med Unlocked*, vol. 36, p. 101150, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.IMU.2022.101150.
- [4] R. Nova, S. Nurmaini, R. U. Partan, and S. T. Putra, “Automated image segmentation for cardiac septal defects based on contour region with convolutional neural networks: A preliminary study,” *Inform Med Unlocked*, vol. 24, p. 100601, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.IMU.2021.100601.
- [5] S. Nurmaini *et al.*, “Accurate detection of septal defects with fetal ultrasonography images using deep learning-based multiclass instance segmentation,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 196160–196174, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3034367.
- [6] S. Pandey, C.-W. Lu, C.-M. Tan, P.-H. Tsui, E. B. Dam, and K.-F. Chen, “Validating YOLOv8 and SAM Foundation Models for Robust Point-of-Care Ultrasound Aorta Segmentation,” Jun. 2024, doi: 10.21203/RS.3.RS-4497019/V1.
- [7] D. Jeong, “Road Damage Detection Using YOLO with Smartphone Images,” *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2020*, pp. 5559–5562, Dec. 2020, doi: 10.1109/BIGDATA50022.2020.9377847.
- [8] R. Hiremath, K. Malshikare, M. Mahajan, and R. V. Kulkarni, “A Smart App for Pothole Detection Using Yolo Model,” *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 154, pp. 155–164, 2021, doi: 10.1007/978-981-15-8354-4_16/FIGURES/4.
- [9] P. Jiang, D. Ergu, F. Liu, Y. Cai, and B. Ma, “A Review of Yolo Algorithm Developments,” *Procedia Comput Sci*, vol. 199, pp. 1066–1073, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.PROCS.2022.01.135.
- [10] J. Terven, D. M. Córdova-Esparza, and J. A. Romero-González, “A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS,” *Machine Learning and Knowledge*

Extraction 2023, Vol. 5, Pages 1680-1716, vol. 5, no. 4, pp. 1680–1716, Nov. 2023, doi: 10.3390/MAKE5040083.

- [11] S. Ho Park and G. Editor, “Artificial intelligence for ultrasonography: unique opportunities and challenges,” *Ultrasonography*, vol. 40, no. 1, p. 3, Jan. 2020, doi: 10.14366/USG.20078.
- [12] X. Liu, L. Song, S. Liu, and Y. Zhang, “A Review of Deep-Learning-Based Medical Image Segmentation Methods,” *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 1224*, vol. 13, no. 3, p. 1224, Jan. 2021, doi: 10.3390/SU13031224.
- [13] Y. Zhang, W. Deng, K. Zheng, and X. Lu, “Research Advanced in the Image Segmentation,” *Proceedings - 2022 International Conference on Applied Physics and Computing, ICAPC 2022*, pp. 282–289, 2022, doi: 10.1109/ICAPC57304.2022.00060.
- [14] Y. Xu *et al.*, “Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research,” *Innovation*, vol. 2, no. 4, p. 100179, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.XINN.2021.100179/ASSET/3F13AB5B-F920-46DA-85DE-0376543F7765/MAIN.ASSETS/GR6.JPG.
- [15] I. Ahmed, G. Jeon, and F. Piccialli, “From Artificial Intelligence to Explainable Artificial Intelligence in Industry 4.0: A Survey on What, How, and Where,” *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 18, no. 8, pp. 5031–5042, Aug. 2022, doi: 10.1109/TII.2022.3146552.
- [16] A. K. Rathinam, Y. Lee, D. N. Chek Ling, R. Singh, L. Selvaratnam, and N. Pamidi, “Artificial Intelligence in Medicine: A review of challenges in implementation and disparity,” *InHeNce 2021 - 2021 IEEE International Conference on Health, Instrumentation and Measurement, and Natural Sciences*, Jul. 2021, doi: 10.1109/INHENCE52833.2021.9537270.
- [17] J. Li, P. Jiang, Q. An, G. G. Wang, and H. F. Kong, “Medical image identification methods: A review,” *Comput Biol Med*, vol. 169, p. 107777, Feb. 2024, doi: 10.1016/J.COMPBIOMED.2023.107777.
- [18] A. Zhang, Z. C. Lipton, M. Li, and A. J. Smola, “Dive into Deep Learning,” 2021.
- [19] Charleen, C. Angelica, H. Purnama, and F. Purnomo, “Impact of Computer Vision with Deep Learning Approach in Medical Imaging Diagnosis,” *Proceedings of 2021 1st International Conference on Computer Science and Artificial*

- Intelligence, ICCSAI 2021*, pp. 37–41, 2021, doi: 10.1109/ICCSAI53272.2021.9609708.
- [20] V. Viswanatha, K. Chandana R, and C. Ramachandra A, “Real Time Object Detection System with YOLO and CNN Models: A Review,” Jul. 2022, Accessed: Nov. 05, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2208.00773v1>
 - [21] R. Sapkota, Z. Meng, M. Churuvija, X. Du, Z. Ma, and M. Karkee, “Comprehensive Performance Evaluation of YOLO11, YOLOv10, YOLOv9 and YOLOv8 on Detecting and Counting Fruitlet in Complex Orchard Environments.”
 - [22] U. Sirisha, S. P. Praveen, P. N. Srinivasu, P. Barsocchi, and A. K. Bhoi, “Statistical Analysis of Design Aspects of Various YOLO-Based Deep Learning Models for Object Detection,” *International Journal of Computational Intelligence Systems*, vol. 16, no. 1, pp. 1–29, Dec. 2023, doi: 10.1007/S44196-023-00302-W/TABLES/25.
 - [23] C.-T. Chien, R.-Y. Ju, K.-Y. Chou, and J.-S. Chiang, “YOLOv9 for fracture detection in pediatric wrist trauma X-ray images,” *Electron Lett*, vol. 60, no. 11, p. e13248, Jun. 2024, doi: 10.1049/ELL2.13248.
 - [24] S. Nurmaini *et al.*, “Real time mobile AI-assisted cervicography interpretation system,” *Inform Med Unlocked*, vol. 42, p. 101360, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.IMU.2023.101360.
 - [25] J. Terven, D. M. Córdova-Esparza, and J. A. Romero-González, “A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS,” *Machine Learning and Knowledge Extraction 2023, Vol. 5, Pages 1680-1716*, vol. 5, no. 4, pp. 1680–1716, Nov. 2023, doi: 10.3390/MAKE5040083.
 - [26] G. Yao, S. Zhu, L. Zhang, and M. Qi, “HP-YOLOv8: High-Precision Small Object Detection Algorithm for Remote Sensing Images,” *Sensors 2024, Vol. 24, Page 4858*, vol. 24, no. 15, p. 4858, Jul. 2024, doi: 10.3390/S24154858.
 - [27] R. Padilla, W. L. Passos, T. L. B. Dias, S. L. Netto, and E. A. B. Da Silva, “A Comparative Analysis of Object Detection Metrics with a Companion Open-Source Toolkit,” *Electronics 2021, Vol. 10, Page 279*, vol. 10, no. 3, p. 279, Jan. 2021, doi: 10.3390/ELECTRONICS10030279.
 - [28] Y.-J. Cho, “Weighted Intersection over Union (wIoU) for Evaluating Image

Segmentation,” Jul. 2024, doi: 10.1016/j.patrec.2024.07.011.

- [29] Q. Zhou, Z. Wang, Y. Zhong, F. Zhong, and L. Wang, “Efficient Optimized YOLOv8 Model with Extended Vision,” *Sensors* 2024, *Vol. 24, Page 6506*, vol. 24, no. 20, p. 6506, Oct. 2024, doi: 10.3390/S24206506.