

**DETEKSI STRUKTUR JANTUNG PADA ANAK DENGAN
VIDEO *ULTRASOUND* MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING***

TESIS

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Magister



OLEH :

JIMIRIA PRATAMA

09012682125013

PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**DETEKSI STRUKTUR JANTUNG PADA ANAK DENGAN VIDEO
ULTRASOUND MENGGUNAKAN DEEP LEARNING**

TESIS

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister**

OLEH:

JIMIRIA PRATAMA

09012682125013

Palembang, September 2024

Pembimbing I



Prof. Ir. Siti Nurmaini, M.T., Ph.D
NIP. 196908021994012601

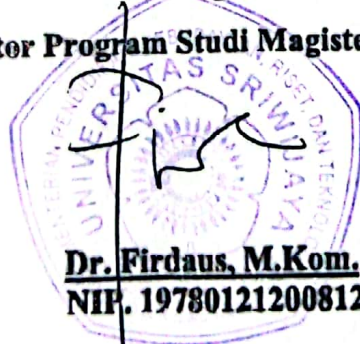
Pembimbing II



Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222003121002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer



Dr. Firdaus, M.Kom.
NIP. 197801212008121003

HALAMAN PERSETUJUAN

Pada hari kamis tanggal 1 bulan Agustus tahun 2024 telah dilaksanakan ujian sidang tesis oleh Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.



Nama : Jimiria Pratama

NIM : 090126821250013

Judul : Deteksi struktur Jantung pada anak dengan Video *Ultrasound* Menggunakan *Deep Learning*



1. Pembimbing I

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


.....


2. Pembimbing II

Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T.
NIP. 198005222008121002


.....



3. Penguji I

Dr. Firdaus, M.Kom.
NIP. 197801212008121003

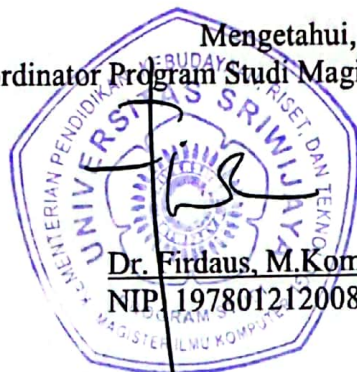

.....


4. Penguji II

Hadi Purnawan Satria, Ph.D
NIP. 198004182020121001


.....

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Magister Ilmu Komputer



Dr. Firdaus, M.Kom.
NIP. 197801212008121003

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Jimiria Pratama
NIM : 09012682125013
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Judul Tesis : Deteksi struktur jantung pada anak dengan video
Ultrasound menggunakan Deep Learning

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 19 %

Menyatakan bahwa laporan tesis saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, September 2024



Jimiria Pratama

NIM. 09012682125013

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan pada Allah SWT atas limpahan ridho, rahmat, rezeki, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Deteksi struktur jantung pada anak dengan video *Ultrasound* menggunakan *Deep Learning*”**. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata 2 (S2) pada Program Studi Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Selama penyusunan dan penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga akhirnya segala hambatan dapat diatasi dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan anugrah, berupa ilmu yang bermanfaat, kesempatan serta kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir.
2. Kedua Orang tua Alm Sobli dengan Sri erlismi.dan Saudara Obis Turyansyah S.H, Oktari Partawi, S.Pd., Tasya Agustin yang senantiasa mendukung saya, mendoakan dan memberikan semangat sebagai motivasi saya untuk melakukan yang terbaik.
3. Istri tercinta Novia Octavina Arifin, S.S.I. dan Anakku Muhammad Rasyid Emran Pratama yang senantiasa mendukung saya, mendoakan dan memberikan semangat sebagai motivasi saya untuk melakukan yang terbaik.
4. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si.,M.Si. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr Firdaus, M.T selaku Koordinator Prodi Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer.
6. Ibu Prof. Ir. Siti Nurmaini, M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing 1 tesis yang senantiasa memberikan bimbingan, saran dan arahan serta ilmu yang bermanfaat selama proses penulisan tesis.

7. Bapak Dr. M. Fachrurrozi, S.Si., M.T selaku Dosen Pembimbing 2 tesis yang senantiasa memberikan bimbingan, saran dan arahan serta ilmu yang bermanfaat selama proses penulisan tesis
8. Seluruh dosen Program Studi Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
9. Seluruh staf Fakultas Ilmu Komputer Sriwijaya yang telah membantu dalam kelancaran proses administrasi dan akademik selama masa perkuliahan.

Penulis sadar masih banyak kekurangan dalam penulisan tesis ini, maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai masukan dengan harapan agar menjadi lebih baik lagi kedepannya.

Demikianlah tugas akhir ini dibuat, penulis berharap semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca khususnya bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya secara langsung ataupun tidak langsung sebagai sumbangan pikiran dalam peningkatan mutu pembelajaran.

Palembang, September 2024

JIMIRIA PRATAMA

NIM. 090126821250013

Deteksi struktur jantung pada anak dengan video *Ultrasound* menggunakan *Deep Learning*

Jimiria Pratama

Abstrak

Pencitraan medis, seperti ultrasound, digunakan secara luas dalam berbagai diagnosis dan perawatan medis karena kelebihanannya, termasuk prosedur yang nyaman, non-invasif, tanpa radiasi, biaya terjangkau, dan kemampuan untuk melakukan pengamatan secara real-time. Oleh karena itu, penerapan deep learning diharapkan dapat digunakan untuk deteksi objek pada jantung anak. Penelitian ini menggunakan model YOLOv5, YOLOv7, dan YOLOv8 yang berbasis arsitektur CNN untuk mendeteksi struktur jantung pada anak. Dalam penelitian ini, YOLOv7 terbukti memiliki performa terbaik secara keseluruhan. Pada Dataset 1, YOLOv7 mencatat precision tertinggi (0,98), recall (0,914), dan mAP50 (0,943), meskipun mAP50-95 sedikit lebih rendah dibandingkan model lainnya. Pada Dataset 2, YOLOv7 kembali unggul dengan precision (0,931), recall (0,92), dan mAP50 (0,922), namun mAP50-95 masih sedikit lebih rendah. Sementara itu, YOLOv8 unggul dalam recall dan precision, tetapi mAP50 dan mAP50-95 yang dihasilkannya lebih rendah dibandingkan dengan YOLOv7. YOLOv5 menunjukkan performa lebih baik pada precision dan mAP50-95 dibandingkan YOLOv8, tetapi memiliki recall dan mAP50 yang lebih rendah. YOLOv8 tetap kompetitif dengan mAP50-95 tertinggi (0,426). Secara keseluruhan, ketiga model YOLO telah diuji secara visual, dan hasilnya menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi struktur jantung pada anak.

Keyword: Deep Learning, Deteksi, Jantung anak, YOLOv5, YOLO v7 , YOLOv8

Detection of Cardiac Structures in Children Using Ultrasound Video with Deep Learning

Jimiria Pratama

Abstract

Medical imaging, such as ultrasound, is widely used in various diagnoses and medical treatments due to its advantages, including being a comfortable, non-invasive procedure, radiation-free, affordable, and capable of real-time observation. Therefore, the application of deep learning is expected to be used for object detection in children's hearts. This study employs YOLOv5, YOLOv7, and YOLOv8 models based on CNN architecture to detect cardiac structures in children. In this research, YOLOv7 proved to have the best overall performance. On Dataset 1, YOLOv7 recorded the highest precision (0.98), recall (0.914), and mAP50 (0.943), although its mAP50-95 was slightly lower compared to other models. On Dataset 2, YOLOv7 again excelled with precision (0.931), recall (0.92), and mAP50 (0.922), although its mAP50-95 remained slightly lower. Meanwhile, YOLOv8 outperformed in recall and precision, but its mAP50 and mAP50-95 were lower compared to YOLOv7. YOLOv5 showed better performance in precision and mAP50-95 compared to YOLOv8 but had lower recall and mAP50. YOLOv8 remained competitive with the highest mAP50-95 (0.426). Overall, all three YOLO models have been visually tested, and the results demonstrate good capability in detecting cardiac structures in children.

Keywords: Deep Learning, Detection, Pediatric Heart, YOLOv5, YOLOv7, YOLOv8

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR ISTILAH	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Tinjauan penelitian.....	6
2.2. Dasar Teori.....	10
2.2.1. <i>Artifisial Intelligence (AI)</i>	10
2.2.2. <i>Deep Learning</i>	12
2.2.3. <i>Computer Vision</i>	17
2.2.4. <i>Object Detection</i>	19
2.2.5. <i>YOLO(You Only Look Once)</i>	20
2.2.6. Google Colaboratory	34
2.2.7. Parameter Evaluasi dalam <i>Object Detection</i>	35
2.2.8. Dataset.....	38
2.2.8.1. Pembagian dataset.....	39
2.2.9. <i>Pre-processing</i> atau Prapemrosesan	41
2.2.10. Segmentasi Citra	42
2.2.11. <i>Augementasi Data</i>	44

2.2.12.	Seleksi Fitur	46
2.2.13.	<i>Underfitting dan Overfitting</i>	46
2.2.14.	<i>Epoch dan Batch Size</i>	46
2.2.15.	Anatomi <i>Ultrasonografi</i> (USG) Jantung.....	47
2.2.16.	Bahasa <i>Python</i>	48
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		49
3.1.	Kerangka Kerja Penelitian	49
3.2.	Blok Diagram Deteksi Struktur Jantung pada anak	61
3.3.	Spesifikasi <i>Hardware</i> dan <i>Tools</i>	64
BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....		65
4.1.	Dataset.....	65
4.1.1.	Proses Konversi Video ke Gambar:	65
4.1.2.	Proses Pra-Pemrosesan (<i>Preprocessing</i>).....	66
4.2.	Evaluasi model	67
4.2.1.	Evaluasi model dataset 1 dengan YOLO versi 5	69
4.2.2.	Evaluasi model dataset 1 dengan YOLO versi 7	71
4.2.3.	Evaluasi model dataset 1 dengan YOLO versi 8	73
4.2.4.	Evaluasi model dataset 2 dengan YOLO versi 5	75
4.2.5.	Evaluasi model dataset 2 dengan YOLO versi 7	76
4.2.6.	Evaluasi model dataset 2 dengan YOLO versi 8	78
4.3.	Visualisasi Hasil Prediksi.....	80
4.3.1.	Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO versi 5	80
4.3.2.	Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO versi 7	82
4.3.3.	Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO versi 8	84
4.3.4.	Visualisasi Hasil Prediksi dataset 2 dengan YOLO versi 5	86
4.3.5.	Visualisasi Hasil Prediksi dataset 2 dengan YOLO versi 7	88
4.3.6.	Visualisasi Hasil Prediksi dataset 2 dengan YOLO versi 8	90
4.4.	Hasil uji dataset unseen	92
4.4.1.	Hasil <i>unseen</i> YOLO versi 5	93
4.4.2.	Hasil <i>unseen</i> YOLO versi 7	94
4.4.3.	Hasil <i>unseen</i> YOLO versi 8	96
4.5.	Analisis Hasil Keseluruhan model	97

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	108
5.1. Kesimpulan	108
5.2. Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Korelasi antara AI, Machine Learning, dan Deep Learning(Sun et al., 2022).	12
Gambar 2. 2 Arsietktur MLP(Haq, 2021)	14
Gambar 2. 3 Arsitektur CNN(Zheng et al., 2022).....	15
Gambar 2. 4 Operasi Matematis Konvolusi(Luo et al., 2022).....	16
Gambar 2. 5 tugas komputer vision(Krenn et al., 2022).....	18
Gambar 2. 6 Arsitektur Konsep Object Detection(Diwan et al., 2023)	20
Gambar 2. 7 Model YOLO	21
Gambar 2. 8 Arsitektur YOLO versi 1(Hussain, 2023)	23
Gambar 2. 9 Arsitektur YOLOv5 (Guo et al., 2022)	28
Gambar 2. 10 Performa Tipe Model YOLOv5 (Al Amin & Arby, 2022).....	29
Gambar 2. 11 Arsitektur YOLO v7(Wang et al., 2022).....	31
Gambar 2. 12 Arsitektur YOLO v8	34
Gambar 2. 13 Ilustrasi <i>Intersection Over Union (IOU)</i> (Tong et al., 2023)	36
Gambar 2. 14 Pembagian Dataset(P. Jiang et al., 2021).....	39
Gambar 2. 15 Contoh Proses Pemotongan Citra (Wang et al., 2021).....	42
Gambar 3. 1 Kerangka Kerja	49
Gambar 3. 2 Proses Anotasi	52
Gambar 3. 3 Arsitektur YOLOv5	54
Gambar 3. 4 Arsitektur Yolo versi 7	56
Gambar 3. 5 Arsitektur YOLO versi 8.....	58
Gambar 3. 6 Diagram sistem Alir deteksi Jantung Anak.....	62
Gambar 4. 1 Hasil Evaluasi model dataset 1 dengan YOLOv5.....	70
Gambar 4. 2 Hasil Evaluasi model Dataset 1 dengan YOLOv7	72
Gambar 4. 3 Hasil Pengenalan model Dataset 1 dengan YOLOv8	74
Gambar 4. 4 Hasil Evaluasi model Dataset 2 dengan YOLOv5	76
Gambar 4. 5 Hasil Evaluasi model Dataset 2 dengan YOLOv7	77
Gambar 4. 6 Hasil Palatihan Dataset 2 dengan YOLOv8.....	79
Gambar 4. 7 Hasil Visual Prediksi dataset 1 YOLO v5.....	81

Gambar 4. 8 Hasil Visual Prediksi dataset 1 YOLO v7.....	83
Gambar 4. 9 Hasil Visual Prediksi dataset 1 YOLO v8.....	85
Gambar 4. 10 Hasil Visual Prediksi dataset 2 YOLO v5.....	87
Gambar 4. 11 Hasil Visual Prediksi dataset 2 YOLO v7.....	89
Gambar 4. 12 Hasil Visual Prediksi dataset 2 YOLO v8.....	91
Gambar 4. 13 Perbandingan dataset 1 dengan dataset 2	99
Gambar 4. 14 Perbandingan dataset 1 dengan dataset 2 YOLO v5	100
Gambar 4. 15 Perbandingan dataset 1 dengan dataset 2 YOLO v7	102
Gambar 4. 16 Perbandingan dataset 1 dengan dataset 2 YOLO v8.....	103
Gambar 4. 17 Perbandingan semua Model pada Dataset 1.....	106
Gambar 4. 18 Perbandingan semua Model pada Dataset 2.....	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terkait	8
Tabel 2. 2 Performa Tipe Model YOLOv5.....	29
Tabel 4. 1 Rincian pada Setiap Model	67
Tabel 4. 2 Model <i>Summary</i>	68
Tabel 4. 3 Konfigurasi Model pada Dataset 1 dengan YOLOv5.....	69
Tabel 4. 4 Konfigurasi Pengenalan model Dataset 1 dengan YOLOv7	71
Tabel 4. 5 Konfigurasi model Dataset 1 dengan YOLOv8.....	74
Tabel 4. 6 Konfigurasi model Dataset 2 dengan YOLOv5.....	75
Tabel 4. 7 Konfigurasi model Dataset 1 dengan YOLOv7.....	77
Tabel 4. 8 Konfigurasi Palatihan Dataset 2 dengan YOLOv8.....	78
Tabel 4. 9 Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO v5.....	81
Tabel 4. 10 Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO v7.....	82
Tabel 4. 11 Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO v8.....	84
Tabel 4. 12 Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO v5.....	86
Tabel 4. 13 Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO v7.....	88
Tabel 4. 14 Visualisasi Hasil Prediksi dataset 1 dengan YOLO v8.....	90
Tabel 4. 15 Perbandingan dataset 1 dan 2 pada semua kelas.....	98
Tabel 4. 16 Perbandingan semua Model pada setiap Dataset	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengecekan Turnitin.....	xxi
Lampiran 2. Form Konsultasi.....	xxiv
Lampiran 3. Form perbaikan Seminar	xxviii
Lampiran 4. Form Ujian Komprehensif tesis.....	xxxii
Lampiran 5. Publikasi Ilmiah.....	xxvii
Lampiran 6. Universitas Sriwijaya English Proficiency Test (USEPT).....	xlvi

DAFTAR ISTILAH

- CNN:** *Convolutional Neural Network*
- YOLO:** *You Only Look Once*
- YOLOv5:** Versi kelima dari YOLO
- YOLOv7:** Versi ketujuh dari YOLO
- YOLOv8:** Versi kedelapan dari YOLO
- CNS:** *Central Nervous System*
- DL:** *Deep Learning*
- AI:** *Artificial Intelligence*
- RGB:** *Red, Green, Blue*
- FPS:** *Frames Per Second*
- CBS:** *Cross-Stage Bottleneck*
- ELAN:** *Efficient Layer Aggregation Network*
- SPPCSPC:** *Spatial Pyramid Pooling Cross Stage Partial Connection*
- SiLU:** *Sigmoid Linear Unit*
- FPN:** *Feature Pyramid Network*
- SPPF:** *Spatial Pyramid Pooling Fast*
- CSP:** *Cross Stage Partial*
- mAP:** *mean Average Precision*
- mAP50:** *mean Average Precision at IoU 0.50*
- mAP50-95:** *mean Average Precision at IoU 0.50 to 0.95*
- IoU:** *Intersection over Union*
- CPU:** *Central Processing Unit*
- GFLOPS:** *Giga Floating Point Operations per Second*

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang untuk penelitian yang berjudul “Deteksi kelainan struktur jantung anak pada *Ultrasound* menggunakan *Deep Learning*”. Pada kelainan jantung bawaan ini diolah dan dipelajari dengan cara deteksi dengan citra gambar *ultrasound* pada anak. Dengan menerapkan deep learning sehingga implementasi menjadikan fitur dipelajari dengan cara otomatis. Metode *deep learning* pada penelitian ini adalah *convolutional neural network*(CNN) dengan Algoritma YOLO.

1.1. Latar Belakang

Kemajuan dalam pencitraan *kardiovaskular* di bidang *kardiologi* membuka peluang untuk metode yang lebih kuantitatif dalam diagnosis, perencanaan bedah, dan terapi medis. Namun, metode penilaian gambar klinis rutin masih kurang memanfaatkan informasi dari data pencitraan jantung secara optimal. Dalam konteks deteksi struktur jantung anak, penggunaan model yang lebih canggih dapat membantu meningkatkan akurasi dan efisiensi diagnosis, serta memberikan panduan yang lebih baik dalam pengobatan(Forsch et al., 2021). Pemeriksaan jantung dengan *Ultrasound* dalam berbagai diagnosis dan perawatan medis, dengan kelebihan yang seperti berupa prosedur yang nyaman, *non-invasif*, tanpa radiasi, biaya terjangkau, dan kemampuan dalam pengamatan secara *real-time*(H. Wu et al., 2023). Dari citra yang diambil memungkinkan kuantifikasi rinci dari struktur jantung, termasuk pengukuran volume dan massa ventrikel, serta ukuran dan fungsi atrium(Nguyen et al., 2021). Dokter masih melakukan pemeriksaan *Ultrasound* secara manual, mengoptimalkan akuisisi gambar dan menemukan ruang dan segmen anatomi di jantung(Pinto et al., 2013). Memanfaatkan *deep learning* untuk gambar *Ultrasound* sangat penting dalam banyak aplikasi klinis(Chen et al., 2020).

Dalam penelitian ini, model YOLO versi 7 digunakan untuk memecah bagian anatomi jantung kiri dari gambar *ekokardiografi*. Model YOLO versi 7, yang

memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan memecah objek secara *real-time*, disesuaikan untuk memahami struktur jantung kiri yang kompleks meskipun gambarnya kurang kualitas. Model ini meningkatkan akurasi dan kecepatan segmentasi otomatis, mengurangi ketergantungan pada proses segmentasi manual yang memakan waktu dan sering kali tidak konsisten (Mortada et al., 2023).

Penelitian yang berjudul "*On the YOLOv4 Architecture for Fast and Real Time Congenital Heart Disease Detection Via Ultrasound Videos*" menjelaskan upaya untuk menggabungkan arsitektur YOLOv4 dalam deteksi penyakit jantung bawaan pada anak melalui video ultrasound. Masalah ini relevan karena penyakit jantung bawaan pada anak memiliki dampak serius pada kelangsungan hidup mereka. Dalam konteks ini, penting untuk mempertimbangkan sejumlah aspek, termasuk kualitas data, variasi dalam *dataset*, evaluasi kinerja sistem deteksi, efisiensi waktu nyata, integrasi teknologi dalam pengaturan medis, serta isu keamanan dan privasi data medis. Penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya perbandingan kinerja model YOLOv4 dengan metode deteksi lainnya. Dengan demikian, penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk mengatasi tantangan deteksi penyakit jantung bawaan pada anak melalui pendekatan *deep learning*. Kelemahan dalam penelitian ini termasuk kualitas data, *dataset* yang terbatas, perlunya validasi klinis, kebutuhan sumber daya komputasi yang signifikan, serta isu keamanan dan privasi data medis, serta perlu membandingkan kinerjanya dengan metode deteksi lainnya. (Nasrudin et al., 2022).

Pada penelitian yang berjudul "*Automatic Detection of Cardiac Chambers Using an Attention-based YOLOv4 Framework from Four-chamber View of Fetal Echocardiography*" merespons masalah diagnosa kelainan jantung pada janin yang saat ini memerlukan proses manual oleh ahli *echokardiografi*, yang cenderung subjektif dan melelahkan. Deteksi otomatis dengan kerangka kerja YOLOv4 berbasis perhatian diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi diagnosa pada gambar *echokardiografi* janin empat ruang yang kompleks. Hal ini mencerminkan kebutuhan akan solusi otomatis yang andal dalam konteks *echokardiografi* janin. Penelitian ini memiliki beberapa kelemahan, termasuk kualitas data, dataset terbatas, *subjektivitas* dalam *ground truth*, serta kinerja dan

validasi dalam pengaturan klinis. Keamanan data, generalisasi etnis, dan perbandingan dengan metode lain juga perlu diperhatikan.

Penelitian "*On the YOLOv4 Architecture for Fast and Real Time Congenital Heart Disease Detection Via Ultrasound Videos*" dan "*Automatic Detection of Cardiac Chambers Using an Attention-based YOLOv4 Framework from Four-chamber View of Fetal Echocardiography*" masing-masing mengeksplorasi potensi penggunaan arsitektur YOLOv4 untuk deteksi penyakit jantung bawaan pada anak dan deteksi otomatis ruang jantung pada gambar *echokardiografi* janin. Dari dua penelitian ini, *hipotesa* umumnya adalah bahwa metode deteksi objek berbasis YOLOv4 dapat menghasilkan hasil yang akurat dan efisien dalam konteks yang berbeda, yaitu dalam deteksi penyakit jantung pada anak dan identifikasi ruang jantung janin.

Penelitian ini akan membandingkan kinerja YOLOv5, YOLOv7, dan YOLOv8 dalam mendeteksi struktur jantung pada anak-anak. Tujuan dari penelitian ini adalah menemukan model yang memberikan hasil terbaik dan paling efisien dalam tugas deteksi objek, terutama di bidang kardiologi anak. Harapannya, penelitian ini dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam mendeteksi struktur jantung anak, yang pada akhirnya akan membantu dalam pemahaman serta pengembangan lebih lanjut di bidang deteksi objek menggunakan *deep learning*.

1.2. Perumusan Masalah

Bagaimana melakukan deteksi struktur jantung anak pada video *ultrasound* menggunakan *deep learning* dengan model *You Only Look Once* (YOLO)?

Oleh karena itu, rumusan masalah yang akan diuraikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana performa model YOLO dibandingkan dengan versi YOLOv5, YOLOv7, dan YOLOv8 dalam mendeteksi struktur jantung melalui video *ultrasound*, termasuk dalam hal kecepatan deteksi dan akurasi? Selain itu, bagaimana perbedaan kinerja dari ketiga arsitektur model YOLO tersebut?

2. Penelitian sebelumnya yang dijabarkan dalam latar belakang memiliki beberapa kelemahan, seperti ukuran sampel yang terbatas dan keterbatasan anotasi pada dataset. Keterbatasan ini dapat memengaruhi kemampuan model, sehingga perlu dilakukan penambahan jumlah sampel dan peningkatan anotasi data.

1.3. Tujuan

Dalam penelitian ini, tujuan yang ingin dicapai untuk menghasilkan sistem deteksi struktur jantung pada anak melalui video *ultrasound* menggunakan *deep learning* adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem deteksi struktur jantung pada anak menggunakan *deep learning* dengan model YOLOv5, YOLOv7, dan YOLOv8..
2. Mengevaluasi deteksi struktur jantung pada anak melalui data ultrasonografi.

1.4. Batasan Masalah

Dari perumusan masalah maka untuk membatasi masalah dalam penelitian ini dirancang sebagai berikut:

Sistem deteksi yang akan dikembangkan hanya akan menggunakan data ultrasonografi dan memfokuskan pada pengembangan model *deep learning* YOLOv5, YOLOv7, dan YOLOv8 untuk mendeteksi struktur jantung pada anak. Penelitian ini akan dilakukan pada populasi anak di bawah usia 5 tahun, dengan data yang terdiri dari video *ultrasonografi* yang diambil dari *EchoNet-Peds*, sumber data publik. Proses yang akan dilakukan hanya akan membahas aspek deteksi.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematis penulisan bertujuan sebagai alat untuk memudahkan dalam Menyusun Isi dari setiap bab yang ada pada penelitian ini yang akan dirangkum sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi pendahuluan berupa latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan , manfaat, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kerangka teori dan pustaka yang berhubungan dengan permasalahan dalam penelitian pada deteksi penyakit jantung bawaan pada anak dengan metode CNN dengan algoritma YOLO yang mengacu dari beberapa penelitian artikel jurnal publikasi yang terkait.

3. BAB III METODOLOGY PENELITIAN

Bab ini berisi metodologi alur yang bertahap dan dengan terperinci tentang Langkah yang digunakan untuk menganalisis kaitan dengan deteksi ruang pada jantung anak yang terkena penyakit jantung bawaan pada anak. Untuk metodologi yang akan menjelaskan metode CNN dengan algoritma berbasis YOLOv5, YOLOv7, dan YOLOv8 sehingga tujuan dari penulisan ini dapat tercapai.

3. BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisi penjelasan dari data hasil pengujian yang telah dilakukan baik pada data lain maupun data uji yang akan di analisa dengan menggunakan berbagai macam Teknik, dan pada bab ini akan membahas ke validasi dari sistem yang telah dibuat.

4. BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil dan analisa dari pengolahan data citra Deteksi struktur jantung pada anak dengan melakukan deteksi menggunakan metode CNN yang menggunakan algoritma yang arsitektur YOLOv5, YOLO v7 dan YOLO v8 juga pada bab ini menjawab dari setiap tujuan yang ingin dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Amin, I. H., & Arby, F. H. (2022). Implementation of YOLO-v5 for a Real Time Social Distancing Detection. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 6(1), 01–06. <https://doi.org/10.30871/jaic.v6i1.3484>
- Al Aziz, M. R., Furqon, M. T., & Muflikhah, L. (2022). Klasifikasi Jamur Dapat Dimakan atau Beracun Menggunakan Naïve Bayes dan Seleksi Fitur berbasis Association Rule Mining. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(8), 3948–3955. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Aly, I., Rizvi, A., Roberts, W., Khalid, S., Kassem, M. W., Salandy, S., du Plessis, M., Tubbs, R. S., & Loukas, M. (2021). Cardiac ultrasound: An Anatomical and Clinical Review. *Translational Research in Anatomy*, 22(July 2019). <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100083>
- Bagardi, M., Bardi, E., Manfredi, M., Segala, A., Belfatto, A., Cusaro, S., Romussi, S., & Brambilla, P. G. (2021). Two-dimensional and doppler echocardiographic evaluation in twenty-one healthy Python regius. *Veterinary Medicine and Science*, 7(3), 1006–1014. <https://doi.org/10.1002/vms3.426>
- Bagley, M. B., Finkelstein, S. L., Koekemoer, A. M., Ferguson, H. C., Arrabal Haro, P., Dickinson, M., Kartaltepe, J. S., Papovich, C., Pérez-González, P. G., Pirzkal, N., Somerville, R. S., Willmer, C. N. A., Yang, G., Yung, L. Y. A., Fontana, A., Grazian, A., Grogin, N. A., Hirschmann, M., Kewley, L. J., ... Wuyts, S. (2023). CEERS Epoch 1 NIRCcam Imaging: Reduction Methods and Simulations Enabling Early JWST Science Results. *The Astrophysical Journal Letters*, 946(1), L12. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/acbb08>
- Bochkovski, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. <http://arxiv.org/abs/2004.10934>
- Bragagnolo, A., & Barbano, C. A. (2022). Simplify: A Python library for optimizing pruned neural networks. *SoftwareX*, 17, 100907. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2021.100907>

- Carbone, A., Borok, M., Damania, B., Gloghini, A., Polizzotto, M. N., Jayanthan, R. K., Fajgenbaum, D. C., & Bower, M. (2021). Castleman disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00317-7>
- Chairunnisa, C., Ernawati, I., & Santoni, M. M. (2022). Klasifikasi Sentimen Ulasan Pengguna Aplikasi PeduliLindungi di Google Play Menggunakan Algoritma Support Vector Machine dengan Seleksi Fitur Chi-Square. *Informatik : Jurnal Ilmu Komputer*, 18(1), 69. <https://doi.org/10.52958/iftk.v17i4.4594>
- Chen, C., Qin, C., Qiu, H., Tarroni, G., Duan, J., Bai, W., & Rueckert, D. (2020). Deep Learning for Cardiac Image Segmentation: A Review. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 7, 25. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00025>
- Cun, Y. Le, Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W., Jackel, L. D., & Laboratories, T. B. (1989). 1 Introduction 2 Zipcode Recognition. *Network*, 396–404.
- Díaz-Ramírez, J. (2021). Machine Learning and Deep Learning. *Ingeniare*, 29(2), 182–183. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052021000200180>
- Diwan, T., Anirudh, G., & Tembhrne, J. V. (2023). Object detection using YOLO: challenges, architectural successors, datasets and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 82(6), 9243–9275. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13644-y>
- Dong, J., Wu, H., Zhou, D., Li, K., Zhang, Y., Ji, H., Tong, Z., Lou, S., & Liu, Z. (2021). Application of Big Data and Artificial Intelligence in COVID-19 Prevention, Diagnosis, Treatment and Management Decisions in China. *Journal of Medical Systems*, 45(9), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10916-021-01757-0>
- Elahi, M., Afolaranmi, S. O., Martinez Lastra, J. L., & Perez Garcia, J. A. (2023). A comprehensive literature review of the applications of AI techniques through the lifecycle of industrial equipment. In *Discover Artificial*

Intelligence (Vol. 3, Issue 1). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/s44163-023-00089-x>

Forsch, N., Govil, S., Perry, J. C., Hegde, S., Young, A. A., Omens, J. H., & McCulloch, A. D. (2021). Computational analysis of cardiac structure and function in congenital heart disease: Translating discoveries to clinical strategies. *Journal of Computational Science*, 52, 101211.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jocs.2020.101211>

Francies, M. L., Ata, M. M., & Mohamed, M. A. (2022). A robust multiclass 3D object recognition based on modern YOLO deep learning algorithms. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 34(1), 1–24.
<https://doi.org/10.1002/cpe.6517>

Fukushima, K. (1980). Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. *Biological Cybernetics*, 36(4), 193–202. <https://doi.org/10.1007/BF00344251>

Gelar Guntara, R. (2023). Pemanfaatan Google Colab Untuk Aplikasi Pendeteksian Masker Wajah Menggunakan Algoritma Deep Learning YOLOv7. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 5(1), 55–60.
<https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i1.750>

Giammalva, G. R., Ferini, G., Musso, S., Salvaggio, G., Pino, M. A., Gerardi, R. M., Brunasso, L., Costanzo, R., Paolini, F., Di Bonaventura, R., Umana, G. E., Graziano, F., Palmisciano, P., Scalia, G., Tumbiolo, S., Midiri, M., Iacopino, D. G., & Maugeri, R. (2022). Intraoperative Ultrasound: Emerging Technology and Novel Applications in Brain Tumor Surgery. *Frontiers in Oncology*, 12(February), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.818446>

Girsang, N. D. (2021). Literature Study of Convolutional Neural Network Algorithm for Batik Classification. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v1i1.1069>

Guo, Z., Wang, C., Yang, G., Huang, & Li, G. (2022). MSFT-YOLO: Improved

- YOLOv5 Based on Transformer for Detecting Defects of Steel Surface. *Sensors*, 22(9). <https://doi.org/10.3390/s22093467>
- Haq, M. A. (2021). CNN Based Automated Weed Detection System Using UAV Imagery. *Computer Systems Science and Engineering*, 42(2), 837–849. <https://doi.org/10.32604/csse.2022.023016>
- Herzfeld, U. C., Hessburg, L. J., Trantow, T. M., & Hayes, A. N. (2024). Combining “Deep Learning” and Physically Constrained Neural Networks to Derive Complex Glaciological Change Processes from Modern High-Resolution Satellite Imagery: Application of the GEOCLASS-Image System to Create VarioCNN for Glacier Surges. *Remote Sensing*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/rs16111854>
- Hopwood, A. (2023). *u3a Computing Group. September.*
- Hussain, M. (2023). YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection. *Machines*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/machines11070677>
- Ilesanmi, A. E., & Ilesanmi, T. O. (2021). Methods for image denoising using convolutional neural network: a review. *Complex and Intelligent Systems*, 7(5), 2179–2198. <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00428-4>
- Iriani Sapitri, A., Nurmaini, S., Naufal Rachmatullah, M., Tutuko, B., Darmawahyuni, A., Firdaus, F., Rini, D. P., & Islami, A. (2023). Deep learning-based real time detection for cardiac objects with fetal ultrasound video. *Informatics in Medicine Unlocked*, 36(December 2022), 101150. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.101150>
- Jiang, P., Ergu, D., Liu, F., Cai, Y., & Ma, B. (2021). A Review of Yolo Algorithm Developments. *Procedia Computer Science*, 199, 1066–1073. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.135>
- Jiang, Y., Li, X., Luo, H., Yin, S., & Kaynak, O. (2022). Quo vadis artificial intelligence? *Discover Artificial Intelligence*, 2(1).

<https://doi.org/10.1007/s44163-022-00022-8>

- Jung, H. K., & Choi, G. S. (2022). Improved YOLOv5: Efficient Object Detection Using Drone Images under Various Conditions. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/app12147255>
- Kim, J., Kim, N., & Park, Y. W. (2022). *Object Detection and Classification Based on YOLO-V5 with Improved Maritime Dataset*.
- Kollem, S., Prasad, C. R., Ajayan, J., Malathy, V., & Subbarao, A. (2023). Brain tumor MRI image segmentation using an optimized multi-kernel FCM method with a pre-processing stage. *Multimedia Tools and Applications*, 82(14), 20741–20770. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-14045-x>
- Krenn, M., Pollice, R., Guo, S. Y., Aldeghi, M., Cervera-Lierta, A., Friederich, P., dos Passos Gomes, G., Häse, F., Jinich, A., Nigam, A. K., Yao, Z., & Aspuru-Guzik, A. (2022). On scientific understanding with artificial intelligence. *Nature Reviews Physics*, 4(12), 761–769. <https://doi.org/10.1038/s42254-022-00518-3>
- Lewy, D., & Mańdziuk, J. (2023). An overview of mixing augmentation methods and augmentation strategies. In *Artificial Intelligence Review* (Vol. 56, Issue 3). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10227-z>
- Li, C., Li, L., Jiang, H., Weng, K., Geng, Y., Li, L., Ke, Z., Li, Q., Cheng, M., Nie, W., Li, Y., Zhang, B., Liang, Y., Zhou, L., Xu, X., Chu, X., Wei, X., & Wei, X. (2022). *YOLOv6: A Single-Stage Object Detection Framework for Industrial Applications*. <http://arxiv.org/abs/2209.02976>
- Li, H., Rajbahadur, G. K., Lin, D., Bezemer, C.-P., & Jiang, Z. M. (2024). Keeping Deep Learning Models in Check: A History-Based Approach to Mitigate Overfitting. *IEEE Access*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3402543>
- Li, H., Zhou, Q., Mao, Y., Zhang, B., & Liu, C. (2022). Alpha-SGANet: A multi-attention-scale feature pyramid network combined with lightweight network based on Alpha-IoU loss. *PLoS ONE*, 17(10 October), 1–22.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276581>

- Li, Z., Wang, Y., Zhang, N., Zhang, Y., Zhao, Z., Xu, D., Ben, G., & Gao, Y. (2022). Deep Learning-Based Object Detection Techniques for Remote Sensing Images: A Survey. *Remote Sensing*, *14*(10), 1–41. <https://doi.org/10.3390/rs14102385>
- Liu, Z., Gao, Y., Du, Q., Chen, M., & Lv, W. (2023). YOLO-Extract: Improved YOLOv5 for Aircraft Object Detection in Remote Sensing Images. *IEEE Access*, *11*(December 2022), 1742–1751. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3233964>
- Luo, X., Hu, M., Song, T., Wang, G., & Zhang, S. (2022). Semi-Supervised Medical Image Segmentation via Cross Teaching between CNN and Transformer. *Proceedings of Machine Learning Research*, *172*, 820–833.
- Masaki, Y., Arita, K., Sakai, T., Takai, K., Aoki, S., & Kawabata, H. (2022). Castleman disease and TAFRO syndrome. *Annals of Hematology*, *101*(3), 485–490. <https://doi.org/10.1007/s00277-022-04762-6>
- Mitchell, T. M. (1997). *Really Work ?* *18*(3), 11–20.
- Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A. A., Veness, J., Bellemare, M. G., Graves, A., Riedmiller, M., Fidjeland, A. K., Ostrovski, G., Petersen, S., Beattie, C., Sadik, A., Antonoglou, I., King, H., Kumaran, D., Wierstra, D., Legg, S., & Hassabis, D. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, *518*(7540), 529–533. <https://doi.org/10.1038/nature14236>
- Montesinos López, O. A., Montesinos López, A., & Crossa, J. (2022). Multivariate Statistical Machine Learning Methods for Genomic Prediction. In *Multivariate Statistical Machine Learning Methods for Genomic Prediction*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-89010-0>
- Mortada, M. J., Tomassini, S., Anbar, H., Morettini, M., Burattini, L., & Sbröllini, A. (2023). Segmentation of Anatomical Structures of the Left Heart from

- Echocardiographic Images Using Deep Learning. *Diagnostics*, 13(10).
<https://doi.org/10.3390/diagnostics13101683>
- Mumuni, A., & Mumuni, F. (2022). Data augmentation: A comprehensive survey of modern approaches. *Array*, 16(August), 100258.
<https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100258>
- Nasrudin, M., Iriawan, N., Fithriasari, K., Pravitasari, A. A., & Hidayat, T. (2022). On the YOLOv4 Architecture for Fast and Real Time Congenital Heart Disease Detection Via Ultrasound Videos. *Matematika*, 38(2), 103-114 WE-Emerging Sources Citation Index (ESC).
- Nepal, U., & Eslamiat, H. (2022). Comparing YOLOv3, YOLOv4 and YOLOv5 for Autonomous Landing Spot Detection in Faulty UAVs. *Sensors*, 22(2).
<https://doi.org/10.3390/s22020464>
- Nguyen, K. L., Hu, P., & Finn, J. P. (2021). Cardiac Magnetic Resonance Quantification of Structure-Function Relationships in Heart Failure. *Heart Failure Clinics*, 17(1), 9–24. <https://doi.org/10.1016/j.hfc.2020.08.001>
- Nurmaini, S., Partan, R. U., Bernolian, N., Sapitri, A. I., Tutuko, B., Rachmatullah, M. N., Darmawahyuni, A., Firdaus, F., & Mose, J. C. (2022). Deep Learning for Improving the Effectiveness of Routine Prenatal Screening for Major Congenital Heart Diseases. *Journal of Clinical Medicine*, 11(21).
<https://doi.org/10.3390/jcm11216454>
- Ostroukhov, P., Zhumabayeva, A., Xiang, C., Gasnikov, A., Takáč, M., & Kamzolov, D. (2024). *AdaBatchGrad: Combining Adaptive Batch Size and Adaptive Step Size*. 1–38. <http://arxiv.org/abs/2402.05264>
- Pinto, A., Pinto, F., Faggian, A., Rubini, G., Caranci, F., Macarini, L., Genovese, E. A., & Brunese, L. (2013). Sources of error in emergency ultrasonography. *Critical Ultrasound Journal*, 5 Suppl 1(Suppl 1), S1.
<https://doi.org/10.1186/2036-7902-5-S1-S1>
- Plastiras, G., Kyrkou, C., & Theocharides, T. (2018). Efficient convnet-based

- object detection for unmanned aerial vehicles by selective tile processing. *ACM International Conference Proceeding Series*.
<https://doi.org/10.1145/3243394.3243692>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016-Decem*, 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2017). YOLO9000: Better, faster, stronger. *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017, 2017-Janua*, 6517–6525. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.690>
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). *YOLOv3: An Incremental Improvement*. <http://arxiv.org/abs/1804.02767>
- Sakai, A., Komatsu, M., Komatsu, R., Matsuoka, R., Yasutomi, S., Dozen, A., Shozu, K., Arakaki, T., Machino, H., Asada, K., Kaneko, S., Sekizawa, A., & Hamamoto, R. (2022). Medical Professional Enhancement Using Explainable Artificial Intelligence in Fetal Cardiac Ultrasound Screening. *Biomedicines*, 10(3), 551. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10030551>
- Sun, Z., Sandoval, L., Crystal-Ornelas, R., Mousavi, S. M., Wang, J., Lin, C., Cristea, N., Tong, D., Carande, W. H., Ma, X., Rao, Y., Bednar, J. A., Tan, A., Wang, J., Purushotham, S., Gill, T. E., Chastang, J., Howard, D., Holt, B., ... John, A. (2022). A review of Earth Artificial Intelligence. *Computers and Geosciences*, 159(August 2021), 105034. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2022.105034>
- Tan, Y., Cai, R., Li, J., Chen, P., & Wang, M. (2021). Automatic detection of sewer defects based on improved you only look once algorithm. *Automation in Construction*, 131(August), 103912. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103912>

- Tong, Z., Chen, Y., Xu, Z., & Yu, R. (2023). *Wise-IoU: Bounding Box Regression Loss with Dynamic Focusing Mechanism*. *1*, 1–8. <http://arxiv.org/abs/2301.10051>
- Vallejo, W., Díaz-Uribe, C., & Fajardo, C. (2022). Google Colab and Virtual Simulations: Practical e-Learning Tools to Support the Teaching of Thermodynamics and to Introduce Coding to Students. *ACS Omega*, *7*(8), 7421–7429. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c00362>
- Wang, Y., Wang, H., & Xin, Z. (2022). Efficient Detection Model of Steel Strip Surface Defects Based on YOLO-V7. *IEEE Access*, *10*(November), 133936–133944. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3230894>
- Wegner, F. K., Benesch Vidal, M. L., Niehues, P., Willy, K., Radke, R. M., Garthe, P. D., Eckardt, L., Baumgartner, H., Diller, G. P., & Orwat, S. (2022). Accuracy of Deep Learning Echocardiographic View Classification in Patients with Congenital or Structural Heart Disease: Importance of Specific Datasets. *Journal of Clinical Medicine*, *11*(3). <https://doi.org/10.3390/jcm11030690>
- Wu, H., Wu, B., Lai, F., Liu, P., Lyu, G., He, S., & Dai, J. (2023). Application of Artificial Intelligence in Anatomical Structure Recognition of Standard Section of Fetal Heart. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, *2023*. <https://doi.org/10.1155/2023/5650378>
- Wu, L., Dong, B., Liu, X., Hong, W., Chen, L., Gao, K., Sheng, Q., Yu, Y., Zhao, L., & Zhang, Y. (2022). Standard Echocardiographic View Recognition in Diagnosis of Congenital Heart Defects in Children Using Deep Learning Based on Knowledge Distillation. *Frontiers in Pediatrics*, *9*(January), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.770182>
- Xu, Q., Zhu, Z., Ge, H., Zhang, Z., & Zang, X. (2021). Effective Face Detector Based on YOLOv5 and Superresolution Reconstruction. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, *2021*. <https://doi.org/10.1155/2021/7748350>

- Ye, Q., & Zhao, Y. (2022). Mask wearing detection algorithm based on improved YOLOv4. *Journal of Physics: Conference Series*, 2258(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2258/1/012013>
- Yedidiya, N., Mendrofa, S., Mahfuzie, A., Faisal, M., Haidar, A., & Rosyani, P. (2023). Nisan Yedidiya Sorayana Mendrofa | <https://doi.org/10.30605/jriin.v1i2.431-436> PERBANDINGAN METODE YOLO DAN FAST R-CNN DALAM SISTEM DETEKSI PENGENALAN KENDARAAN. *JRIIN: Jurnal Riset Informatika Dan Inovasi*, 1(2), 431–436.
- Yoon, S. A., Hong, W. H., & Cho, H. J. (2020). Congenital heart disease diagnosed with echocardiogram in newborns with asymptomatic cardiac murmurs: a systematic review. *BMC Pediatrics*, 20(1), 322. <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02212-8>
- Yuan, D., Liu, Y., Xu, Z., Zhan, Y., Chen, J., & Lukasiewicz, T. (2023). Painless and accurate medical image analysis using deep reinforcement learning with task-oriented homogenized automatic pre-processing. *Computers in Biology and Medicine*, 153, 106487. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2022.106487>
- Zheng, M., Zhi, K., Zeng, J., Tian, C., & You, L. (2022). A Hybrid CNN for Image Denoising. *Journal of Artificial Intelligence and Technology*, 2(3), 93–99. <https://doi.org/10.37965/jait.2022.0101>