

**ANALISIS KOMPARATIF ALGORITMA *FASTER R-CNN* DAN *YOLOV8*
UNTUK DETEKSI OBJEK CACAT PCB LAYOUT
(IMPLEMENTASI *GRAPHICAL USER INTERFACE*)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan Teknik Elektro Konsentrasi Elektronika Industri



Oleh :

Diki Fahrizal

E.0451.2001691

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

**ANALISIS KOMPARATIF ALGORITMA *FASTER R-CNN* DAN *YOLOV8*
UNTUK DETEKSI OBJEK CACAT PCB LAYOUT
(IMPLEMENTASI *GRAPHICAL USER INTERFACE*)**

Oleh
Diki Fahrizal
2001691

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

© Diki Fahrizal
Universitas Pendidikan Indonesia
Mei 2024

Hak Cipta dilindungi Undang – Undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
Dengan dicetak ulang, di-*photocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

DIKI FAHRIZAL

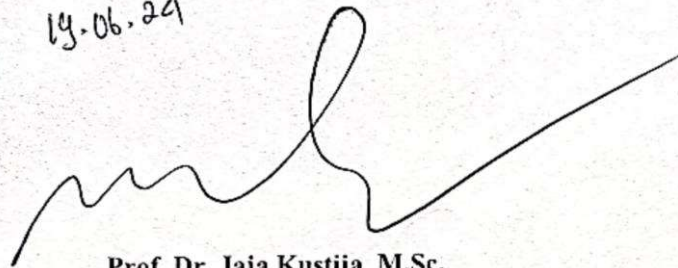
E.4051.2001691

**ANALISIS KOMPARATIF ALGORITMA *FASTER R-CNN* DAN *YOLOV8*
UNTUK DETEKSI OBJEK CACAT PCB LAYOUT
(IMPLEMENTASI *GRAPHICAL USER INTERFACE*)**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing :

Dosen Pembimbing

14.06.24

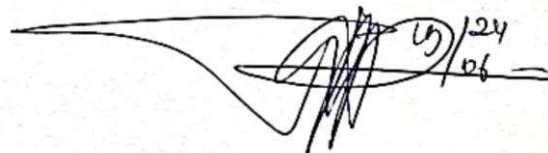


Prof. Dr. Jaja Kustija, M.Sc.

NIP. 19591231 198503 1 022

Mengetahui,

**Ketua Program Studi
Pendidikan Teknik Elektro**



Dr. Ir. Maman Somantri, S.Pd., M.T.

NIP. 19720119 200112 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “*Analisis Komparatif Algoritma Faster R-CNN dan YOLOv8 untuk Deteksi Cacat PCB Layout (Implementasi Graphical User Interface)*” ini beserta seluruh isinya adalah benar – benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 19 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



Diki Fahrizal

NIM. 2001691

KATA PENGANTAR

Segala puja, puji, syukur, dan sanjung dipanjatkan kehadirat Allah SWT rabbul ‘alamin, berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan kewajiban pembuatan laporan akhir skripsi dari penelitian yang telah saya lakukan dengan judul “*Analisis Komparatif Algoritma Faster R-CNN dan YOLOv8 untuk Deteksi Cacat PCB Layout (Implementasi Graphical User Interface)*”, yang dapat disusun sesuai dengan harapan. Semoga menjadikan kepuasan bagi semua pihak dan saya sendiri tentunya. Tidak lupa sholawat serta salam semoga senantiasa Allah SWT curahkan kepada baginda penghulu para anbiya, Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, sahabat-sahabatnya, serta semua pengikutnya yang setia, termasuk kita di dalamnya, Aamiin ya Rabbal ‘Alamin.

Keberhasilan dalam menyelesaikan laporan ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang secara sukarela telah membantu baik moril maupun material. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Saya menyadari dalam penulisan laporan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan, sehingga mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penulisan laporan yang baik. Semoga segala bantuan yang telah diberikan semua pihak di atas menjadi amalan yang bermanfaat dan mendapatkan keberkahan dari Allah SWT dan semoga hasil laporan penelitian ini dapat menjadi informasi dan inspirasi yang bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkannya.

Bandung, 15 Mei 2024

Penulis

Diki Fahrizal
NIM. 2001691

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puja, puji, syukur, dan sanjung dipanjatkan kehadirat Allah SWT rabbul ‘alamin, berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan kewajiban pembuatan laporan akhir skripsi dengan lancar dan tepat waktu. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian skripsi ini dibuat dengan penuh perjuangan yang tidak mudah. Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga hambatan dalam penulisan skripsi ini dapat teratasi dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, kekuatan, kesabaran serta keteguhan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian Skripsi ini dengan baik tanpa melalaikan perintah-Nya.
2. Bapak Prof. Dr. H. Jaja Kustija, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian Skripsi.
3. Kepada Rektor; Wakil Rektor I, Wakil Rektor II, Wakil Rektor III, dan Wakil Rektor IV periode 2020 – 2025 Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Kepada Dekan, Wakil Dekan I, Wakil Dekan II, dan Wakil Dekan III periode 2021 – 2025 Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Bapak Dr. Maman Somantri, S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro, FPTI, UPI.
6. Bapak Dr. Tasma Sucita, M.T., selaku Ketua Kelompok Bidang Keahlian pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, FPTI, UPI.
7. Bapak Dr. Saripudin S.Pd., M.T., dan Bapak Yoyo Somantri, S.T., M.Pd., selaku Dosen Wali Akademik penulis.
8. Seluruh dosen dan staff Pendidikan Teknik Elektro UPI yang telah memberikan ilmu serta pengalaman hebat selama perkuliahan.

9. Rekan-rekan kelas PTE-B 2020 dan ELIND 2020 yang kebersamaan proses belajar penulis semasa perkuliahan.
10. Teman seperjuangan Irgi dan Krisna (DKI), yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi untuk tetap konsisten.
11. Erlina Amelia yang selalu memberikan dorongan serta motivasi yang kuat bagi penulis dari awal perkuliahan sampai akhir perkuliahan.
12. *Last but not least*, atas semua capaian ini adalah ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada bapak Dedi Haryono dan ibu Ijoh Hadijah selaku orang tua, yang dengan curahan kasih sayangnya tidak pernah lelah membimbing dan mendo'akan putranya agar menjadi orang yang berguna. Beserta Elin Herlina dan Nazwa Az-Zahra, sebagai saudara penulis yang merupakan motivasi terbesar penulis agar bisa menyelesaikan studi ini dengan tepat waktu.
13. Untuk diri sendiri yang telah berjuang keras dan masih bisa bertahan hingga saat ini, teruslah berjuang lebih gigih untuk mencapai tujuan hidup yang diimpikan.

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika, banyaknya komponen yang diintegrasikan pada papan PCB dengan tata letak yang kompleks dan rumit. Permasalahan cacat kecil pada jejak jalur menyebabkan kegagalan pada fungsi elektronika, maka pemeriksaan permukaan PCB layout adalah salah satu proses kontrol kualitas paling penting. Pada kondisi sekarang, keterbatasan *manual inspection* untuk mengidentifikasi cacat pada PCB semakin sulit dan kompleks yang tidak bisa dijangkau oleh mata manusia, dari tantangan ini muncul adanya kebutuhan sistem pemeriksaan permukaan PCB dengan memanfaatkan *deep learning* untuk melakukan *Automated Optical Inspection* (AOI) berbasis deteksi objek. Tujuan dari penelitian ini mengembangkan dua algoritma *deep learning* yaitu Faster R-CNN dan YOLOv8, serta melakukan analisis komparasi performa algoritma, menentukan algoritma yang terbaik untuk diintegrasikan berbasis *Graphical User Interface* sebagai solusi yang ditawarkan dalam kebutuhan AOI untuk deteksi cacat pada permukaan PCB layout. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Hasil dari penelitian ini, algoritma YOLOv8 memiliki performa terbaik dibandingkan Faster R-CNN dengan varian model YOLOv8x menjadi pilihan yang terbaik untuk melakukan tugas deteksi objek cacat pada permukaan PCB, dengan skor performa 0,962 (mAP@50), 0,503 (mAP@50:95), 0,953 (Precision), 0,945 (Recall), dan 0,949 (F1-Score). GUI yang dikembangkan menunjukkan performa rata-rata waktu *inference model* sebesar 7198,96 *millisecond* dan rata-rata waktu untuk *post-process* sebesar 2104,88 *millisecond* dari percobaan 30 gambar yang memiliki cacat PCB. Hasil temuan ini diharapkan menjadi inovasi baru bagi industri manufaktur elektronika untuk kebutuhan sistem pemeriksaan papan PCB dengan metode AOI berbasis GUI. Selain itu, menjadi referensi bagi peneliti lainnya untuk memperluas aplikasi teknologi AOI.

Kata Kunci : *Faster R-CNN, YOLOv8, Graphical User Interface, Defect Object Detection, Automated Optical Inspection (AOI).*

ABSTRACT

Along with the development of electronic technology, many components are integrated on PCB boards with complex and complicated layouts. The problem of small defects in the trace path causes the failure of electronic functions, so the surface inspection of PCB layout is one of the most important quality control processes. In the current condition, the limitations of manual inspection to identify defects on PCBs are increasingly difficult and complex that cannot be reached by the human eye, from this challenge comes the need for a PCB surface inspection system by utilizing deep learning to perform Automated Optical Inspection (AOI) based on object detection. The purpose of this research is to develop two deep learning algorithms, namely Faster R-CNN and YOLOv8, and conduct a comparative analysis of algorithm performance, determining the best algorithm to be integrated based on the Graphical User Interface as a solution offered in the AOI needs for defect detection on the PCB layout surface. This research uses the ADDIE development model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). As a result of this research, the YOLOv8 algorithm has the best performance compared to Faster R-CNN with the YOLOv8x model variant being the best choice for performing defect detection tasks on PCB surfaces, with performance scores of 0,962 (mAP@50), 0,503 (mAP@50:95), 0,953 (Precision), 0,945 (Recall), and 0,949 (F1-Score). The developed GUI shows the performance of the average time for inference model of 7198,96 milliseconds and the average time for post-process of 2104,88 milliseconds from the experiment of 30 images that have PCB defects. These findings are expected to be a new innovation for the electronics manufacturing industry for the needs of PCB board inspection systems with the GUI-based AOI method. In addition, it is a reference for other researchers to expand the application of AOI technology.

Keyword : *Faster R-CNN, YOLOv8, Graphical User Interface, Defect Object Detection, Automated Optical Inspection (AOI).*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Batasan Penelitian	5
1.6. Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1. Dasar Teori PCB dan Cacat PCB.....	9
2.1.1. Pengertian dan Fungsi PCB.....	9
2.1.2. Proses Pembuatan PCB dan Faktor Kualitas	10
2.1.3. Jenis – Jenis Cacat pada PCB Layout	12
2.2. <i>Visual Inspection</i> dan <i>Automated Optical Inspection</i> PCB Layout	15
2.2.1. <i>Visual Inspection</i> PCB Layout dan Batasannya.....	15
2.2.2. <i>Automated Optical Inspection</i> PCB Layout.....	16
2.3. Pengenalan Deep Learning dan Convolutional Neural Network.....	17
2.3.1. Dasar Teori Deep Learning	17
2.3.2. Konsep dan Arsitektur Convolutional Neural Network.....	18
2.3.3. Backbone Arsitektur Convolutional Neural Network	19

2.4. Faster R – CNN.....	22
2.5. YOLO (You Only Look Once)	23
2.6. Perbandingan Faster R – CNN dan YOLO.....	25
2.7. Matriks Evaluasi	27
2.7.1. Intersection Over Union (IOU)	27
2.7.2. Confusion Matrix	28
2.7.3. Mean Average Precision (mAP)	30
2.8. Pytorch	31
2.9. GUI (<i>Graphical User Interface</i>)	32
2.10. Kajian Penelitian Relevan.....	34
2.11. Analisis Bibliometrik Penelitian	39
2.12. Kerangka Penelitian	42
BAB III METODE PENELITIAN.....	44
3.1. Desain Penelitian	44
3.2. Proses Perancangan dan Pengembangan	46
3.2.1. Pengumpulan Dataset.....	46
3.2.2. Pra-Pemrosesan Dataset	47
3.2.3. Dataset Anotasi / Labeling	48
3.2.4. Dataset Splitting	49
3.2.5. Dataset Augmentation	49
3.2.6. Pengembangan dan Training Model	50
3.2.7. Evaluasi Performa Model.....	54
3.2.8. Deployment	55
3.3. Lingkungan Komputasi.....	56
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	58
4.1. Temuan Penelitian	58
4.1.1. Pengumpulan Dataset.....	58
4.1.2. Pra – Pemrosesan Dataset	59
4.1.3. Dataset Anotasi	61

4.1.4.	Dataset Augmentasi.....	65
4.1.5.	Dataset Splitting	67
4.1.6.	Pengembangan Model	67
4.1.7.	Evaluasi Model Faster R-CNN pada Data Non-Augmentasi.....	74
4.1.8.	Evaluasi Model Faster R-CNN pada Data Augmentasi	78
4.1.9.	Evaluasi Model YOLOv8 pada Data Non-Augmentasi.....	81
4.1.10.	Evaluasi Model YOLOv8 pada Data Augmentasi	85
4.1.11.	Analisis Komparasi Algoritma Faster R-CNN dan YOLOv8.....	90
4.1.12.	Integrasi dan Fungsionalitas Sistem GUI dalam Deteksi Cacat PCB	91
4.2.	Pembahasan Penelitian.....	97
4.2.1.	Analisis Performa Faster R-CNN dengan Data Non-Augmentasi	97
4.2.2.	Analisis Performa Faster R-CNN dengan Data Augmentasi	98
4.2.3.	Analisis Performa YOLOv8 dengan Data Non-Augmentasi	99
4.2.4.	Analisis Performa YOLOv8 dengan Data Augmentasi	101
4.2.5.	Diskusi Analisis Komparatif Algoritma Deteksi Objek Cacat PCB	102
4.2.6.	Evaluasi Penggunaan GUI dalam Deteksi Cacat PCB.....	104
BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI.....		107
5.1.	Simpulan	107
5.2.	Implikasi	109
5.3.	Rekomendasi.....	110
DAFTAR PUSTAKA		111
LAMPIRAN.....		117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Langkah-Langkah Utama dalam Desain PCB	10
Gambar 2. 2 Missing Hole	13
Gambar 2. 3 Mouse Bite	13
Gambar 2. 4 Open Circuit	13
Gambar 2. 5 Short Circuit	14
Gambar 2. 6 Spur	14
Gambar 2. 7 Spurious Copper	15
Gambar 2. 8 Lapisan Utama Deep Learning.....	17
Gambar 2. 9 Arsitektur Umum CNN	19
Gambar 2. 10 Arsitektur Residual Network.....	20
Gambar 2. 11 Arsitektur CSPDarkNet-53	21
Gambar 2. 12 Arsitektur Algoritma Faster R-CNN	22
Gambar 2. 13 Timeline Perkembangan Algoritma YOLO	24
Gambar 2. 14 Arsitektur Algoritma YOLO	24
Gambar 2. 15 Ilustrasi IoU	27
Gambar 2. 16 Logo PyTorch.....	31
Gambar 2. 17 Lingkungan Framework PyTorch	32
Gambar 2. 18. Network Visualization VOSViewer.....	40
Gambar 2. 19. Density Visualization VOSViewer	41
Gambar 2. 20 Kerangka Penelitian	43
Gambar 3. 1 Model Pengembangan ADDIE.....	44
Gambar 3. 2 Prosedur Penelitian berdasar Model Pengembangan ADDIE.....	45
Gambar 3. 3 Pengembangan dataset HRIPCB.....	46
Gambar 3. 4 Proses Resizing Dataset Gambar.....	48
Gambar 3. 5 Proses Pelabelan Dataset Gambar	48
Gambar 3. 6 Arsitektur Algoritma YOLOv8 yang Digunakan.....	53
Gambar 3. 7 Desain Graphical User Interface	55
Gambar 4. 1 Source Code proses Auto-Orient	60
Gambar 4. 2 Source Code Proses Resizing.....	60
Gambar 4. 3 Format Dataset Anotasi Faster R-CNN (.xml).....	62
Gambar 4. 4 Format Dataset Anotasi YOLO (.txt).....	62

Gambar 4. 5 Proses Augmentasi Dataset Rotasi 90°.....	65
Gambar 4. 6 Proses Augmentasi Dataset Rotasi Acak -15° dan +15°	66
Gambar 4. 7 Proses Augmentasi Shear Horizontal dan Vertikal	66
Gambar 4. 8 Konfigurasi Dataset Algoritma Faster R-CNN	68
Gambar 4. 9 Perintah Eksekusi Pelatihan Faster R-CNN.....	70
Gambar 4. 10 Perintah Eksekusi Evaluasi Algoritma Faster R-CNN.....	70
Gambar 4. 11 Konfigurasi Dataset Algoritma YOLOv8	71
Gambar 4. 12 Perintah Eksekusi Pelatihan YOLOv8	72
Gambar 4. 13 Perintah Eksekusi Validasi YOLOv8.....	73
Gambar 4. 14 Perintah Eksekusi Ujicoba Prediksi YOLOv8	73
Gambar 4. 15 Grafik Performa mAP@50 dan mAP50:95 Faster R-CNN (Non-Augmentasi)	74
Gambar 4. 16 Grafik Performa Metrics Loss Faster R-CNN (Non-Augmentasi) 75	
Gambar 4. 17 Grafik Performa mAP@50 dan mAP@50:95 Faster R-CNN (Augmentasi).....	78
Gambar 4. 18 Grafik Performa Metrics Loss Faster R-CNN (Augmentasi).....	79
Gambar 4. 19 Grafik Performa mAP@50 YOLOv8 (Non-Augmentasi)	81
Gambar 4. 20 Grafik Performa mAP@50:95 YOLOv8 (Non-Augmentasi)	82
Gambar 4. 21 Grafik Performa Precision YOLOv8 (Non-Augmentasi)	83
Gambar 4. 22 Grafik Performa Recall YOLOv8 (Non-Augmentasi)	83
Gambar 4. 23 Grafik Performa F1-Score YOLOv8 (Non-Augmentasi).....	84
Gambar 4. 24 Grafik Performa mAP@50 YOLOv8 (Augmentasi).....	86
Gambar 4. 25 Grafik Performa mAP@50:95 YOLOv8 (Augmentasi)	87
Gambar 4. 26 Grafik Performa Precision YOLOv8 (Augmentasi).....	87
Gambar 4. 27 Grafik Performa Recall YOLOv8 (Augmentasi)	88
Gambar 4. 28 Grafik Performa F1-Score YOLOv8 (Augmentasi).....	88
Gambar 4. 29 Perancangan Source Code main.py	93
Gambar 4. 30 Perancangan Source Code gui.py.....	95
Gambar 4. 31 Hasil Pengembangan Sistem GUI untuk Deteksi Cacat pada PCB Layout	95
Gambar 4. 32 Contoh Tampilan Implementasi GUI.....	96
Gambar 4. 33 Log Activity dari Penggunaan GUI	96

Gambar 4. 34 Heatmap Performa Sistem GUI (Inference Model)	105
Gambar 4. 35 Heatmap Performa Sistem GUI (Post-Process)	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Secara Umum Faster R-CNN dan YOLO.....	26
Tabel 2. 2 Confusion Matrix	28
Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan GUI.....	33
Tabel 3. 1 Proporsi Pembagian Dataset	49
Tabel 3. 2 Komponen Arsitektur Faster R-CNN yang Digunakan	50
Tabel 3. 3 Varian Model YOLOv8	54
Tabel 3. 4 Perangkat Lunak (Software) yang Digunakan	56
Tabel 4. 1 Sebaran Jumlah Gambar dan Titik Cacat Dataset HRIPCB	58
Tabel 4. 2 Hasil Pra-Pemrosesan Dataset Penelitian	60
Tabel 4. 3 Hasil Pelabelan Dataset Format PASCAL VOC	63
Tabel 4. 4 Hasil Pelabelan Dataset Format YOLO	64
Tabel 4. 5 Splitting Dataset Non-Augmentasi dan Dataset Augmentasi	67
Tabel 4. 6 Pengaturan Hyperparameter Faster R-CNN	69
Tabel 4. 7 Bobot Pre-Trained Pelatihan Faster R-CNN.....	69
Tabel 4. 8 Pengaturan Hyperparameter YOLOv8.....	71
Tabel 4. 9 Bobot Pre-Trained Pelatihan YOLOv8.....	72
Tabel 4. 10 Hasil Validasi Performa Confusion Matrix Faster R-CNN (Non-Augmentasi)	77
Tabel 4. 11 Hasil Performa Keseluruhan ResNet50 FPN dan ResNet50 FPN v2 (Non-Augmentasi).....	77
Tabel 4. 12 Hasil Validasi Performa Confusion Matrix Faster R-CNN (Augmentasi).....	80
Tabel 4. 13 Hasil Performa Keseluruhan ResNet50 FPN dan ResNet50 FPN v2 (Augmentasi).....	81
Tabel 4. 14 Hasil Validasi Performa Confusion Matrix YOLOv8 (Non-Augmentasi)	84
Tabel 4. 15 Hasil Performa Keseluruhan Varian Model YOLOv8 (Non-Augmentasi)	85
Tabel 4. 16 Hasil Validasi Performa Confusion Matrix YOLOv8 (Augmentasi)	89
Tabel 4. 17 Hasil Performa Keseluruhan Varian Model YOLOv8 (Augmentasi)	90

Tabel 4. 18 Hasil Komparasi Performa Algoritma Faster R-CNN dan YOLOv8 (Non-Augmentasi).....	90
Tabel 4. 19 Hasil Komparasi Performa Algoritma Faster R-CNN dan YOLOv8 (Augmentasi).....	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing	117
Lampiran 2. Bukti Asistensi Bimbingan Skripsi	118
Lampiran 3. Gambar Referensi PCB Layout	119
Lampiran 4. Source Code Proses Auto-Orient dan Resizing.....	121
Lampiran 5. Source Link Kebutuhan Penelitian	122
Lampiran 6. Arsitektur Parameter Konfigurasi YOLOv8.....	123
Lampiran 7. Source Code train.py (YOLOv8).....	124
Lampiran 8. Source Code val.py (YOLOv8)	126
Lampiran 9. Source Code predict.py (YOLOv8).....	131
Lampiran 10. Hasil Pelatihan ResNet50 FPN (Non-Augmentasi)	132
Lampiran 11. Hasil Pelatihan ResNet50 FPN v2 (Non-Augmentasi).....	133
Lampiran 12. Hasil Pelatihan ResNet50 FPN (Augmentasi).....	134
Lampiran 13. Hasil Pelatihan ResNet50 FPN v2 (Augmentasi).....	135
Lampiran 14. Hasil Pelatihan YOLOv8n (Non-Augmentasi).....	136
Lampiran 15. Hasil Pelatihan YOLOv8s (Non-Augmentasi)	137
Lampiran 16. Hasil Pelatihan YOLOv8m (Non-Augmentasi).....	138
Lampiran 17. Hasil Pelatihan YOLOv8l (Non-Augmentasi).....	139
Lampiran 18. Hasil Pelatihan YOLOv8x (Non-Augmentasi).....	140
Lampiran 19. Hasil Pelatihan YOLOv8n (Augmentasi).....	141
Lampiran 20. Hasil Pelatihan YOLOv8s (Augmentasi)	142
Lampiran 21. Hasil Pelatihan YOLOv8m (Augmentasi).....	143
Lampiran 22. Hasil Pelatihan YOLOv8l (Augmentasi).....	144
Lampiran 23. Hasil Pelatihan YOLOv8x (Augmentasi).....	145
Lampiran 24. Perancangan gui.qml	146

DAFTAR PUSTAKA

- Adibhatla, V. A., Chih, H. C., Hsu, C. C., Cheng, J., Abbod, M. F., & Shieh, J. S. (2021). Applying deep learning to defect detection in printed circuit boards via a newest model of you-only-look-once. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 18(4), 4411–4428. <https://doi.org/10.3934/mbe.2021223>
- Adibhatla, V. A., Huang, Y. C., Chang, M. C., Kuo, H. C., Utekar, A., Chih, H. C., Abbod, M. F., & Shieh, J. S. (2021). Unsupervised anomaly detection in printed circuit boards through student–teacher feature pyramid matching. *Electronics* (Switzerland), 10(24). <https://doi.org/10.3390/electronics10243177>
- Akhtar, M. B. (2022). The Use of a Convolutional Neural Network in Detecting Soldering Faults from a Printed Circuit Board Assembly. *HighTech and Innovation Journal*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.28991/HIJ-2022-03-01-01>
- Calabrese, M., Agnusdei, L., Fontana, G., Papadia, G., & Prete, A. Del. (2023). *Application of Mask R-CNN for Defect Detection in Printed Circuit Board manufacturing*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3491517/v1>
- Cavsak, S. N., Deliahmetoglu, A., Ay, B. T., & Tanberk, S. (2023). GUI Component Detection Using YOLO and Faster-RCNN. *2023 14th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ELECO60389.2023.10415929>
- Chiun, O. Y., & Ruhaiyem, N. I. R. (2023a). Object Detection Based Automated Optical Inspection of Printed Circuit Board Assembly Using Deep Learning. *Communications in Computer and Information Science*, 1771 CCIS, 246–258. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0405-1_18
- Chiun, O. Y., & Ruhaiyem, N. I. R. (2023b). Object Detection Based Automated Optical Inspection of Printed Circuit Board Assembly Using Deep Learning. In M. Yusoff, T. Hai, M. Kassim, A. Mohamed, & E. Kita (Eds.), *Soft Computing in Data Science* (pp. 246–258). Springer Nature Singapore.
- Chiun, O. Y., & Ruhaiyem, N. I. R. (2023c). Object Detection Based Automated Optical Inspection of Printed Circuit Board Assembly Using Deep Learning.

- In M. Yusoff, T. Hai, M. Kassim, A. Mohamed, & E. Kita (Eds.), *Soft Computing in Data Science* (pp. 246–258). Springer Nature Singapore.
- Cholissodin, I., & Soebroto, A. A. (2019). AI, Machine Learning & Deep Learning (Teori & Implementasi). *No. July, 2021*.
- Coombs, & Clyde F. (2008). *Printed Circuits Handbook*.
<https://doi.org/10.1036/0071467343>
- Dai, W., Mujeeb, A., Erdt, M., & Sourin, A. (2020). Soldering defect detection in automatic optical inspection. *Advanced Engineering Informatics*, 43, 101004.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.101004>
- Deng, W. (2024). Investigation of visual inspection methodologies for printed circuit board products. *Journal of Optics*, 53(2), 1462–1470.
<https://doi.org/10.1007/s12596-023-01342-3>
- Ebayyeh, A. A. R. M. A., & Mousavi, A. (2020). A Review and Analysis of Automatic Optical Inspection and Quality Monitoring Methods in Electronics Industry. *IEEE Access*, 8, 183192–183271.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3029127>
- Fahrizal, D., Kustija, J., Aqil, M., & Akbar, H. (2024). Development Tourism Destination Recommendation Systems Using Collaborative and Content-Based Filtering Optimized with Neural Networks. *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining (IJAIMD)*, 7(2), 285–298.
<https://doi.org/10.24014/ijaidm.v7i2.28713>
- Gupta, R. (2023). Failure Mode and Effects Analysis of PCB for Quality Control Process. *Mapan - Journal of Metrology Society of India*, 38(2), 547–556.
<https://doi.org/10.1007/s12647-022-00619-5>
- Hasanah, S. A., Pravitasari, A. A., Abdullah, A. S., Yulita, I. N., & Asnawi, M. H. (2023). A Deep Learning Review of ResNet Architecture for Lung Disease Identification in CXR Image. *Applied Sciences*, 13(24), 13111.
<https://doi.org/10.3390/app132413111>
- He, Y., Lin, J., Liu, Z., Wang, H., Li, L.-J., & Han, S. (2018). *AMC: AutoML for Model Compression and Acceleration on Mobile Devices*.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-01234-2_48

- Hilali, I., Alfazi, A., Arfaoui, N., & Ejballi, R. (2023). Tourist Mobility Patterns: Faster R-CNN Versus YOLOv7 for Places of Interest Detection. *IEEE Access*, 11, 130144–130154. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3334633>
- Hu, B., & Wang, J. (2020). Detection of PCB Surface Defects with Improved Faster-RCNN and Feature Pyramid Network. *IEEE Access*, 8, 108335–108345. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001349>
- Huang, W., Wei, P., Zhang, M., & Liu, H. (2020). HRIPCB: a challenging dataset for PCB defects detection and classification. *The Journal of Engineering*, 2020(13), 303–309. <https://doi.org/10.1049/joe.2019.1183>
- Ivanova, M., Petkov, N., & Ilieva, R. (2023). Methods for Analysis of Manufacturing Process in Electronics. *2023 8th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)*, 1–4. <https://doi.org/10.23919/SpliTech58164.2023.10193090>
- Jaja Kustija, Irgi Surya, & Diki Fahrizal. (2022). Design of automated power factor monitoring and repair tool for industry in real time based on Internet of Things. *International Journal of Science and Technology Research Archive*, 3(2), 001–008. <https://doi.org/10.53771/ijstra.2022.3.2.0106>
- Joiya, F. (2022). OBJECT DETECTION: YOLO VS FASTER R-CNN. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. <https://doi.org/10.56726/irjmets30226>
- Kaya, Ö., Çodur, M. Y., & Mustafaraj, E. (2023). Automatic Detection of Pedestrian Crosswalk with Faster R-CNN and YOLOv7. *Buildings*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/buildings13041070>
- Ketkar, N., & Moolayil, J. (2021). Introduction to PyTorch. In N. Ketkar & J. Moolayil (Eds.), *Deep Learning with Python: Learn Best Practices of Deep Learning Models with PyTorch* (pp. 27–91). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5364-9_2
- Kim, J., Ko, J., Choi, H., & Kim, H. (2021). Printed circuit board defect detection using deep learning via a skip-connected convolutional autoencoder. *Sensors*, 21(15). <https://doi.org/10.3390/s21154968>
- Mulia, A., Safitri, S., Putra, G., & Negara, K. (n.d.). *International Journal of Computing and Digital Systems YOLOv8 and Faster R-CNN Performance*

Evaluation with Super-resolution in License Plate Recognition.
<http://journals.uob.edu.bh>

- Nguyen, H. T., Nguyen, M. N., Phung, L. D., & Pham, L. T. T. (2023). Anomalies Detection in Chest X-Rays Images Using Faster R-CNN and YOLO. *Vietnam Journal of Computer Science*, 10(4), 499–515. <https://doi.org/10.1142/S2196888823500094>
- Ni, Y., Huo, J., Hou, Y., Wang, J., & Guo, P. (2024). Detection of Underground Dangerous Area Based on Improving YOLOV8. *Electronics (Switzerland)*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/electronics13030623>
- Oulasvirta, A., Dayama, N. R., Shiripour, M., John, M., & Karrenbauer, A. (2020). Combinatorial Optimization of Graphical User Interface Designs. *Proceedings of the IEEE*, 108(3), 434–464. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.2969687>
- Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury Google, J., Chanan, G., Killeen, T., Lin, Z., Gimelshein, N., Antiga, L., Desmaison, A., Xamla, A. K., Yang, E., Devito, Z., Raison Nabla, M., Tejani, A., Chilamkurthy, S., Ai, Q., Steiner, B., ... Chintala, S. (2019). *PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library*.
- Pham, T. T. A., Thoi, D. K. T., Choi, H., & Park, S. (2023). Defect Detection in Printed Circuit Boards Using Semi-Supervised Learning. *Sensors*, 23(6). <https://doi.org/10.3390/s23063246>
- Podder, S., Mallick, A., Das, S., Sau, K., & Roy, A. (2023). Accurate diagnosis of liver diseases through the application of deep convolutional neural network on biopsy images. *AIMS Biophysics*, 10(4), 453–481. <https://doi.org/10.3934/BIOPHY.2023026>
- Polamuri, S. R., Kumbhkar, M., & Daniel, A. P. (2022). *Introduction to Deep Learning*. <https://www.researchgate.net/publication/360400321>
- Ren, R., Sun, H., Zhang, S., Wang, N., Lu, X., Jing, J., Xin, M., & Cui, T. (2023). Intelligent Detection of Lightweight “Yuluxiang” Pear in Non-Structural Environment Based on YOLO-GEW. *Agronomy*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy13092418>

- Reswara, E., Suakanto, S., & Putra, S. A. (2023). Comparison of Object Detection Algorithm using YOLO vs Faster R-CNN : A Systematic Literature Review. *Proceedings of the 2023 6th International Conference on Big Data Technologies*, 419–424. <https://doi.org/10.1145/3627377.3627443>
- Sharma, H., Kumar, H., Gupta, A., & Shah, M. A. (2023). Computer vision in manufacturing: a bibliometric analysis and future research propositions. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 127(11), 5691–5710. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-11907-y>
- Shyaa, T. A., & Hashim, A. A. (2024). Superior Use of YOLOv8 to Enhance Car License Plates Detection Speed and Accuracy. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 38(1), 139–145. <https://doi.org/10.18280/ria.380114>
- Srivastava, S., Divekar, A. V., Anilkumar, C., Naik, I., Kulkarni, V., & Pattabiraman, V. (2021). Comparative analysis of deep learning image detection algorithms. *Journal of Big Data*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00434-w>
- Sun, B., Wang, X., Oad, A., Pervez, A., & Dong, F. (2023). Automatic Ship Object Detection Model Based on YOLOv4 with Transformer Mechanism in Remote Sensing Images. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/app13042488>
- Terven, J., Córdova-Esparza, D. M., & Romero-González, J. A. (2023). A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS. In *Machine Learning and Knowledge Extraction* (Vol. 5, Issue 4, pp. 1680–1716). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/make5040083>
- Wan, Y., Gao, L., Li, X., & Gao, Y. (2022). Semi-Supervised Defect Detection Method with Data-Expanding Strategy for PCB Quality Inspection. *Sensors*, 22(20). <https://doi.org/10.3390/s22207971>
- Wang, T., Zhang, C., Ding, R., & Yang, G. (2020). Mobile phone surface defect detection based on improved faster R-Cnn. *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*, 9371–9377. <https://doi.org/10.1109/ICPR48806.2021.9412119>

- Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., & Pal, C. J. (2017). Chapter 10 - Deep learning. In I. H. Witten, E. Frank, M. A. Hall, & C. J. Pal (Eds.), *Data Mining (Fourth Edition)* (pp. 417–466). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804291-5.00010-6>
- Xia, K., Lv, Z., Liu, K., Lu, Z., Zhou, C., Zhu, H., & Chen, X. (2023). Global contextual attention augmented YOLO with ConvMixer prediction heads for PCB surface defect detection. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36854-2>
- Xiao, Z., Wang, Z., Liu, D., & Wang, H. (2022). A path planning algorithm for PCB surface quality automatic inspection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 33(6), 1829–1841. <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01766-3>
- Yang, G., Wang, J., Nie, Z., Yang, H., & Yu, S. (2023). A Lightweight YOLOv8 Tomato Detection Algorithm Combining Feature Enhancement and Attention. *Agronomy*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy13071824>
- Yang, Y., Pan, L., Ma, J., Yang, R., Zhu, Y., Yang, Y., & Zhang, L. (2020). A high-performance deep learning algorithm for the automated optical inspection of laser welding. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/app10030933>
- Yao, J., Qi, J., Zhang, J., Shao, H., Yang, J., & Li, X. (2021). A real-time detection algorithm for kiwifruit defects based on yolov5. *Electronics (Switzerland)*, 10(14). <https://doi.org/10.3390/electronics10141711>
- Yousouf, N. (2022). Traffic sign classification using CNN and detection using faster-RCNN and YOLOV4. *Heliyon*, 8(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11792>
- Yusro, M. M., Ali, R., & Hitam, M. S. (2023). Comparison of Faster R-CNN and YOLOv5 for Overlapping Objects Recognition. *Baghdad Science Journal*, 20(3), 893–903. <https://doi.org/10.21123/bsj.2022.7243>
- Zhang, A., Lipton, Z. C., Li, M., & Smola, A. J. (2023). *Dive into deep learning*. Cambridge University Press.