

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Bojonegoro, 10 Agustus 2023

Materai 10.000



Isna Ayu Muarofah

NIM. 2120190334

UNUGIRI

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Sistem Deteksi Mutu Tomat Secara *Real Time* Menggunakan Algoritma *You Only Look Once (YOLOv7)*” yang disusun oleh :

Nama : Isna Ayu Muarofah

NIM : 2120190334

Telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam sidang skripsi.

Bojonegoro , 10 Agustus 2023

Pembimbing I



Muhammad Jauhar Vikri, M.Kom

NIDN. 0712078803

Pembimbing II



Ita Aristia Sa'ida, M.Pd.

NIDN. 0708039101

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Isna Ayu Muarofah

NIM : 212019034

Judul : Sistem Deteksi Mutu Tomat Secara *Real Time* Menggunakan Algoritma *You Only Look Once (YOLOv7)*

Telah dipertahankan di hadapan penguji pada tanggal 23 Agustus 2023

Dewan Penguji

Tim Pembimbing

Penguji I

Pembimbing I



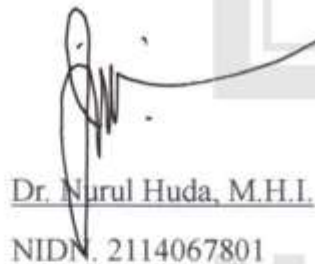
Rahmat Hasyada, M.Pd.
NIDN. 0717029401



Muhammad Jauhar Vikri, M.Kom.
NIDN.0712078803

Penguji II

Pembimbing II



Dr. Nurul Huda, M.H.I.
NIDN. 2114067801



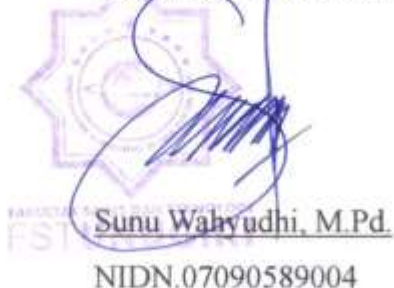
Ita Aristia Sa'ida, M.Pd.
NIDN.0708039101

Mengetahui,

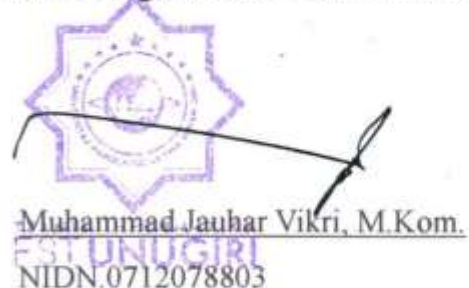
Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi

Ketua Program Studi Teknik Informatika



Sunu Wahyudhi, M.Pd.
NIDN.07090589004



Muhammad Jauhar Vikri, M.Kom.
NIDN.0712078803

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Sesungguhnya dalam kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al – Insyirah : 6)

“Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan”

(Imam Syafi’i)

“*Life can be heavy, especially if you try to carry it all at once. Part of growing up and moving into new chapters of your life is about catch and release.*”

(Taylor Swift)

PERSEMBAHAN

Persembahan ini merupakan bentuk terimakasih saya kepada pihak-pihak yang telah membantu ataupun menemani saya dalam pembuatan skripsi ini. Skripsi ini saya persembahkan untuk :

- 1). Kedua Ibu, Bapak dan kakak saya yang telah memberikan dukungan kepada saya baik secara moril maupun materiil selama ini.
- 2). Kepada Bapak/Ibu dosen pembimbing yang telah membantu saya dalam menyusun skripsi ini
- 3). Teman-teman saya Sri Community yang sudah menjadi tim belajar bersama selama ini.
- 4). Kepada Herlina yang telah membantu saya dalam pengumpulan objek untuk pengujian dan teman-teman yang selalu mendukung dan bersedia meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan bertukar pikiran.
- 5). *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam tetap kita haturkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW. yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah menuju zaman terang benerang yakni agama islam, semoga kelak kita semua mendapatkan syafaat Rasulullah SAW.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi tugas akhir perkuliahan dan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri. Selain itu, skripsi ini juga dibuat sebagai salah satu wujud implementasi dari ilmu yang didapatkan selama masa perkuliahan di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri.

Penulis menyadari kelemahan, kekurangan serta keterbatasan yang ada, sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini pula penulisan ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, nasihat dan juga pemikiran dalam penulisan skripsi ini, kepada :

1. Bapak M.Jauharul Ma'arif M.Pd.I., selaku Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
2. Bapak Sunu Wahyudhi M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
3. Bapak M. Jauhar Vikri M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika sekaligus dosen pembimbing I yang telah memberikan kelancaran dan waktu bimbingan maupun arahan selama penyusunan skripsi ini
4. Ibu Ita Aristia Sa'ida M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Jajaran Pimpinan, Dosen, Staff dan Karyawan Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri yang telah memberikan bantuan, ilmu pengetahuan dan bimbingan kepada penulis

Sebagai manusia biasa Penulis menyadari penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh Penulis. Oleh karenanya atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, Penulis memohon maaf dan bersedia menerima kritikan yang membangun.

Terakhir, harapan Penulis, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya

Bojonegoro, 12 Agustus 2023



Penulis

UNUGIRI

ABSTRACT

Muarofah, Isna Ayu. (2023). *Real-Time Quality Detection System for Tomatoes Using the You Only Look Once (YOLOv7) Algorithm*. Undergraduate Thesis, Department of Informatics, Nahdlatul Ulama Sunan Giri University. Primary Supervisor: M. Jauhar Vikri, M.Kom., and Assistant Supervisor: Ita Aristia Sa'ida, M.Pd. The real-time detection of objects holds significant importance in the field of computer vision. In recent times, there has been a growing demand for automated systems. With the surge in Big Data topics, acquiring data from various sources has become more accessible. Numerous data processing techniques encompassing big data, such as machine learning, artificial intelligence, data mining, among others, have emerged. YOLO is an algorithm capable of detecting and recognizing objects in real-time. Over time, YOLO has undergone several architectural advancements to expedite the detection process. In this study, the YOLOv7-tiny architecture, characterized by lower computational load, is employed to assess its performance. Other algorithms that approach real-time detection include R-CNN, faster R-CNN, and others. As the population continues to grow, urbanization leads to a gradual reduction in agricultural land area, thereby escalating pressure on the agricultural system. The demand for effective and safe agricultural production methods is on the rise. Traditional agricultural management methods must be complemented with innovative sensing and driving technologies, alongside enhanced information and communication technology, to accelerate agricultural productivity improvement more accurately. This drive encourages the development of high-quality and high-yield agriculture. In recent decades, computer vision inspection systems have become pivotal tools in agricultural operations, witnessing significant utilization. Expert and intelligent systems based on computer vision algorithms have become commonplace in agricultural production management. Automation-based computer vision technology in agriculture is increasingly deployed to enhance productivity and efficiency. Tomatoes constitute a significant horticultural commodity used in various applications, ranging from food ingredients to cosmetics and pharmaceuticals. Consequently, tomato farming experiences ongoing development and stands as a national export commodity. For tomato quality detection, tomatoes are categorized into three classes: ripe, raw, and defective. The trained model yielded a recall value of 0.97, precision of 1.0, PR-curve of 0.838, and an F1-score of 0.81, indicating the model's proficient learning. Testing was performed through two methods: digital image analysis and real-time distance assessment. The original image analysis resulted in an accuracy of 90.6% with an average Intersection over Union (IoU) of 0.90 and a detection time of 2.7 seconds. Images with added light interference achieved an average accuracy of 91.2%, while those with reduced light interference attained an average accuracy of 92%. Images with blur interference obtained an average accuracy of 78.2%. These test results demonstrate that the developed model performs adequately. In real-time testing, ripe tomatoes were detected at a maximum distance of 90cm, raw tomatoes at 90cm, and defective tomatoes at 70cm..

Keywords: Computer vision, YOLO, YOLOv7, Tomato, Detection, Recognition, Localization

ABSTRAK

Muarofah, Isna Ayu. 2023. Sistem Deteksi Mutu Tomat Secara Real Time Menggunakan Algoritma You Look Only Once (YOLOv7). Skripsi Jurusan Teknik Informatika Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri. Pembimbing Utama M. Jauhar Vikri M.Kom., dan Pembimbing Pendamping Ita Aristia Sa'ida M.Pd

Deteksi objek secara *realtime* merupakan hal yang sangat penting dalam bidang *computer vision*. Akhir-akhir ini, permintaan untuk membuat sistem secara otomatis semakin meningkat. Seiring dengan topik *Big Data* yang semakin naik, ini membuat dengan mudah untuk mendapatkan data dari berbagai sumber. Banyak teknik pemrosesan data yang mengandung *big data*, seperti pembelajaran mesin, kecerdasan buatan, *data mining*, dan lain sebagainya. YOLO merupakan algoritma yang mampu mendeteksi dan mengenali objek secara *realtime*. YOLO telah mengalami banyak perkembangan arsitektur untuk mempercepat proses deteksi. YOLOv7-tiny arsitektur dengan beban komputasi yang lebih kecil digunakan dalam penelitian ini untuk melihat seberapa baik kinerjanya. banyak juga algoritma yang mendekati realtime yaitu R-CNN, faster R-CNN, dan lain lain. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, urbanisasi akan menyebabkan berkurangnya luas lahan pertanian secara bertahap dan tekanan pada sistem pertanian akan terus meningkat. Permintaan akan metode produksi pangan pertanian yang efektif dan aman semakin meningkat. Metode pengelolaan pertanian tradisional harus dilengkapi dengan penginderaan inovatif dan teknologi penggerak dan ditingkatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk mempercepat peningkatan produktivitas pertanian secara lebih akurat, sehingga mendorong pengembangan pertanian berkualitas tinggi dan hasil tinggi. Beberapa dekade terakhir, sistem inspeksi visi komputer menjadi alat penting dalam operasi pertanian dan penggunaannya meningkat sangat besar. Sistem pakar dan cerdas berdasarkan algoritma visi komputer menjadi bagian umum dalam manajemen produksi pertanian. Teknologi berbasis otomasi visi komputer dalam pertanian semakin banyak digunakan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Tomat merupakan komoditas perkebunan yang banyak digunakan untuk bahan makanan, kosmetik, sampai obat-obatan. Karena hal itu, perkebunan tomat terus mengalami perkembangan dan menjadi salah satu komoditas ekspor nasional. Untuk mendeteksi mutu tomat, tomat dibagi menjadi 3 kelas yaitu tomat matang, tomat mentah, dan tomat cacat. Hasil dari pelatihan model mendapatkan nilai recall sebesar 0.97 , precision sebesar 1.0 , PR-curve sebesar 0.838 dan F1-score sebesar 0.81 yang berarti bahwa model belajar dengan baik. Hasil pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu melalui citra digital dan juga realtime untuk mencari jarak. Hasil dari pada citra asli medapatkan akurasi sebesar 90,6% dengan rata-rata IoU 0.90 dan waktu deteksi 2.7, pada citra dengan gangguan penambahan cahaya mendapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 91.2% , citra dengan gangguan pengurangan cahaya mendapatkan rata-rata akurasi sebesar 92%, dan citra dengan gangguan blur mendapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 78.2%. Dari hasil pengujian tersebut maka model yang telah dibuat mampu bekerja dengan cukup baik. Pada pengujian *realtime*, tomat matang mampu dideteksi pada maksimal jarak 90cm, tomat mentah 90cm, dan tomat cacat 70cm.

Kata kunci : *Computer vision*, *You Only Look Once*, YOLOv7, Tomat, Deteksi, Pengenalan, Lokalisasi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN SAMPUL DALAM	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRACT	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR BAGAN	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terkait.....	5
2.2.1 Penelitian oleh Paulina et al Tahun 2021.....	5
2.2.2 Penelitian oleh Sholahuddin et al. Tahun 2023	7
2.2.3 Penelitian oleh Pramestya Tahun 2018.....	9
2.2.4 Penelitian oleh Chasrun Hasani et al. Tahun 2022	11
2.2.5 Penelitian oleh Pramana et al. Tahun 2023.....	12
2.2.6 Penelitian oleh Widodo et al. Tahun 2021	14
2.2.7 Penelitian oleh Han et al. Tahun 2021	15
2.2. <i>State-of-the-art</i> penelitian terdahulu.....	17
2.3. Kajian Teori.....	20

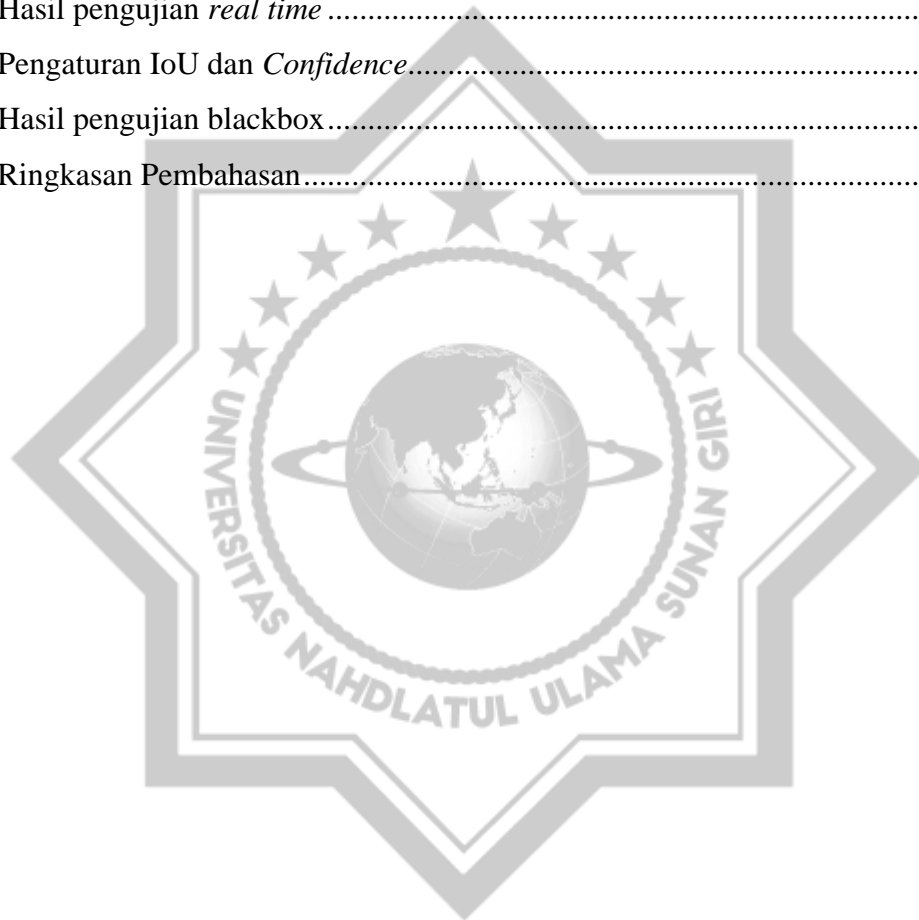
2.3.1.	Objek Penelitian.....	20
2.3.2.	<i>Agricultural Automation</i>	20
2.3.3.	<i>Classification, Localization, Detection</i>	21
2.3.4.	<i>Deep Learning</i>	22
2.3.5.	Arsitektur YOLOv7	24
2.3.6.	Lapisan Konvolusi (<i>Convolutional Layer</i>)	31
2.3.7.	<i>Pooling Layer</i>	33
2.3.8.	<i>Activation Function (non-linearity)</i>	34
2.3.9.	<i>You Only Look Once (YOLO)</i>	34
2.3.10.	Anchor Box.....	37
2.3.11.	Fungsi Kerugian (<i>Loss Function</i>)	40
2.3.12.	<i>Intersection over Union (IoU)</i>	43
2.3.13.	<i>Non Max Suppression (NMS)</i>	43
2.3.14.	<i>Transfer Learning</i>	44
2.3.15.	<i>Data Augmentation / Augmentasi Data</i>	44
2.3.16.	<i>Recall</i>	47
2.3.17.	<i>Precision</i>	47
2.3.18.	<i>F-Measure</i>	47
2.3.19.	<i>Confusion Matrix</i>	48
2.3.20.	<i>Mean Average Precision (mAP)</i>	48
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		49
3.1	Objek Penelitian	49
3.2	Waktu Penelitian	49
3.3	Tahapan Penelitian	50
3.3.1	Perencanaan	51
3.3.2	Studi Literatur.....	51
3.3.3	Teknik Pengambilan Sampel	51
3.3.4	Sumber Data	52
3.3.5	<i>Pre-processing</i>	52
3.3.6	Pembentukan Model	53
3.3.7	Uji Coba dan Evaluasi	53
3.3.8	Hasil.....	53
3.4	Model atau Metode yang Diusulkan.....	53
3.5	Pengembangan Sistem.....	58

3.5.1	Planning	59
3.5.2	<i>Analysis Requirement</i>	59
3.5.3	Design antar muka	61
3.5.4	Implementasi.....	62
3.5.5	Testing	62
3.6	Perhitungan Metode.....	63
3.7	Teknik Evaluasi	67
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		68
4.1.	Persiapan Data / <i>Preprocessing</i> Data	68
4.1.1.	<i>Resize</i> Data.....	68
4.1.2.	Anotasi Data	69
4.1.3.	Augmentasi Data.....	71
4.2.	Pembuatan Model.....	73
4.3.	Hasil Pengujian Metode	80
4.3.1.	Citra Asli.....	82
4.3.2.	Penambahan Cahaya	82
4.3.3.	Pengurangan Cahaya.....	84
4.3.4.	<i>Motion Blur</i>	87
4.3.5.	Jenis Tomat	89
4.3.6.	Objek Bukan Tomat.....	91
4.3.7.	Jarak Objek <i>Realtime</i>	93
4.4.	Penggunaan Parameter IoU dan <i>Confidence</i>	97
4.5.	Implementasi Sistem	101
4.6.	Hasil Pengujian Blackbox	102
4.7.	Ringkasan Pembahasan	103
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		105
5.1.	Kesimpulan.....	105
5.2.	Saran	106
DAFTAR PUSTAKA		107
LAMPIRAN.....		112

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Penelitian terkait oleh (Paulina et al., 2021)	6
2.2 Penelitian oleh (Sholahuddin et al., 2023)	8
2.3 Penelitian oleh (Pramestya, 2018).....	10
2.4 Penelitian oleh (Chasrun Hasani et al., 2022)	12
2.5 Penelitian oleh (Pramana et al., 2023)	13
2.6 Penelitian oleh (Widodo et al., 2021).....	14
2.7 Penelitian oleh (Han et al., 2021).....	16
2.8 <i>State-of-the-art</i> penelitian terdahulu	17
2.9 Arsitektur YOLOv7-tiny.....	25
2.10 <i>Confusion Matrix</i> satu kelas.....	48
3.1 Waktu Penelitian	49
3.2 Perencanaan sistem	59
3.3 Kebutuhan Fungsional	59
3.4 Kebutuhan Non-Fungsional	60
3.5 Kebutuhan Perancangan dan Pengujian	60
3.6 Kebutuhan Pelatihan	61
3.7 Pengujian Blackbox	62
3.8 Hasil Kasus Pengujian.....	63
3.9 Kriteria Penilaian	63
4.1 Dataset pengujian.....	81
4.2 <i>confusion matrix</i> citra asli	82
4.3 <i>confusion matrix</i> penambahan cahaya 30	83
4.4 <i>confusion matrix</i> penambahan cahaya 50	83
4.5 <i>confusion matrix</i> penambahan cahaya 70	84
4.6 <i>confusion matrix</i> penambahan cahaya 90	84
4.7 <i>confusion matrix</i> pengurangan cahaya 0.3	85
4.8 <i>confusion matrix</i> pengurangan cahaya 0.5	85
4.8 <i>confusion matrix</i> pengurangan cahaya 0.7	86
4.9 <i>confusion matrix</i> pengurangan cahaya 0.9	86

4.10 <i>confusion matrix</i> motion blur 0.3	87
4.11 <i>confusion matrix</i> motion blur 0.5	87
4.12 <i>confusion matrix</i> motion blur 0.7	88
4.13 <i>confusion matrix</i> motion blur 0.9	88
4.14 Pengujian Jenis Tomat	89
4.15 Pengujian bukan tomat	91
4.16 Hasil pengujian <i>real time</i>	93
4.17 Pengaturan IoU dan <i>Confidence</i>	98
4.18 Hasil pengujian blackbox	102
4.19 Ringkasan Pembahasan	103



UNUGIRI

DAFTAR BAGAN

Bagan	Halaman
2.1 Penelitian oleh (Paulina et al., 2021)	6
2.2 Penelitian oleh (Sholahuddin et al., 2023)	8
2.3 Penelitian oleh (Pramestya, 2018).....	10
2.4 Penelitian oleh (Chasrun Hasani et al., 2022)	11
2.5 Penelitian oleh (Pramana et al., 2023)	13
2.6 Penelitian oleh (Widodo et al., 2021).....	15
2.7 Penelitian oleh (Han et al., 2021).....	16
2.8 Algoritma evolutioner pada auto-anchor.	40
3.1 Tahapan penelitian	50
3.2 Alur pembuatan model.....	55
3.3 Model pengembangan sistem.....	58
3.4 Bagan mencari IoU	67

UNUGIRI

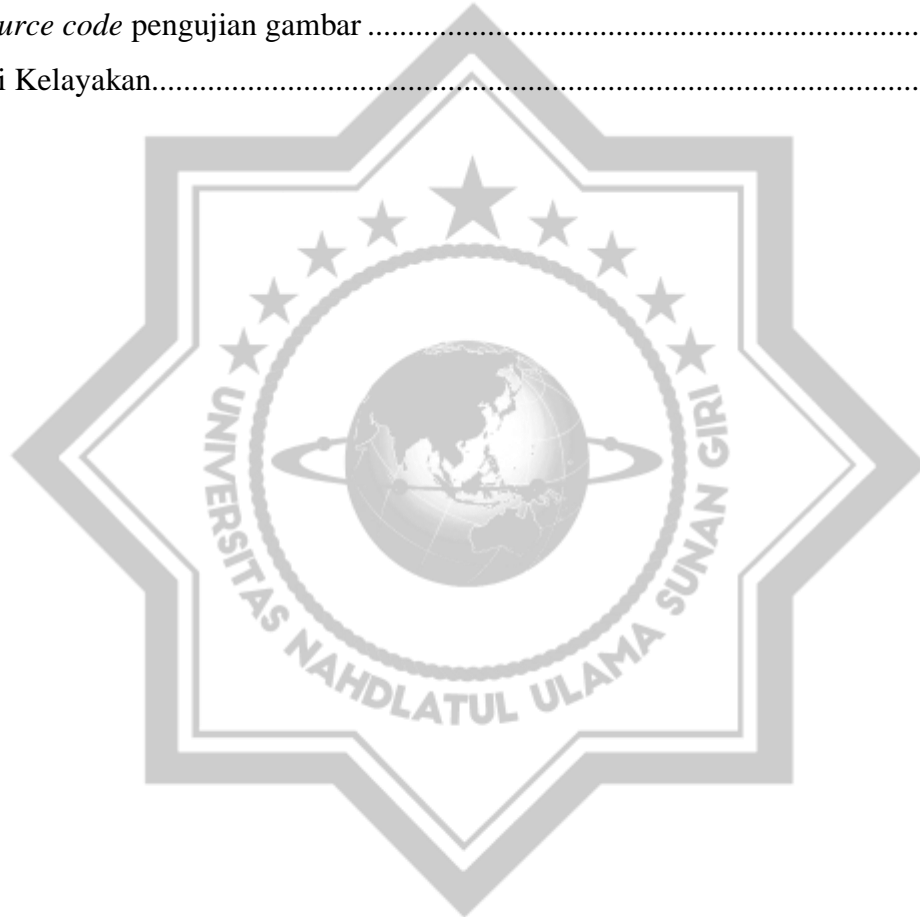
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Contoh objek penelitian	20
2.2 <i>classification, localization, detection</i>	22
2.3 Hubungan AI, ML, dan DL	23
2.3 Ilustrasi Arsitektur YOLOv7-tiny	30
2.4 Contoh proses konvolusi	32
2.5 Proses Konvolusi RGB	33
2.6 Lapisan Pooling	33
2.7 Pipeline YOLO	34
2.8 Contoh normalisasi data	35
2.9 Ilustrasi algoritma YOLO	36
2.10 Pipeline YOLO	36
2.11 Ilustrasi anchor Box	37
2.12 Ilustrasi perhitungan kotak prediksi	38
2.13 Perhitungan metrik kebugaran / fitness metric	39
2.14 Ilustrasi k-means untuk anchor box.	39
2.15 Bingkai diagram jarak	41
2.16 Ilustrasi rumus perhitungan IoU	43
2.17 Ilustrasi penerapan NMS	44
2.18 Augmentasi HSV untuk data augmentasi	45
2.19 Contoh ilustrasi augmentasi mixup	46
2.20 Contoh Augmentasi Mosaic	47
3.1 Mockup Sistem	61
3.2 Representasi Citra	64
3.3 Representasi citra dengan padding 1	64
3.4 Konvolusi 1	65
3.5 Konvolusi 2	65
4.1 resize data	68
4.2 Data setelah <i>rename</i>	69
4.3 Anotasi Data	70

4.4 Hasil Anotasi Data	70
4.5 Hasil Augmentasi Data	73
4.6 Hasil pelatihan.....	75
4.7 Class loss.....	76
4.8 Box loss.....	76
4.9 Obj loss.....	76
4.10 <i>Confusion matrix</i> pelatihan	77
4.11 <i>Recall</i> pelatihan.....	77
4.12 <i>Precision</i> pelatihan.....	78
4.13 kurva <i>Precision-recall</i> pelatihan	78
4.14 <i>F1-score</i> pelatihan.....	78
4.15 <i>Debugger</i> kotak pembatas.....	79
4.16 Hasil validasi data	79
4.17 Struktur model.....	80
4.18 Output Pengujian.....	81
4.19 Citra asli pengujian	82
4.20 Dataset pengujian penambahan cahaya.....	83
4.21 Data pengurangan cahaya	85
4.22 Dataset pengujian motion blur	87
2.23 Halaman koneksi kamera	101
4.24 GUI sistem	102

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dataset yang digunakan	112
3. Persebaran <i>Split</i> Data	120
4. Hasil Augmentasi Data	121
5. <i>Source code</i> pengujian gambar	122
6. Uji Kelayakan.....	126



UNUGIRI