

**IMPLEMENTASI ALGORITMA YOLO (*YOU ONLY LOOK ONCE*)
UNTUK DETEKSI DAN KLASIFIKASI CITRA SAMPAH**

SKRIPSI



disusun oleh

Andhy Panca Saputra

17.11.1501

**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2021**

**IMPLEMENTASI ALGORITMA YOLO (*YOU ONLY LOOK ONCE*)
UNTUK DETEKSI KLASIFIKASI CITRA SAMPAH**

SKRIPSI

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai gelar Sarjana
pada Program Studi Sistem Informasi



disusun oleh

Andhy Panca Saputra

17.11.1501

**PROGRAM SARJANA
PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2021**

PERSETUJUAN

SKRIPSI

IMPLEMENTASI ALGORITMA YOLO (*YOU ONLY LOOK ONCE*) UNTUK DAN DETEKSI KLASIFIKASI CITRA SAMPAH

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Andhy Panca Saputra

17.11.1501

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 7 April 2021

Dosen Pembimbing,

Dr. Kusriani, M.Kom

NIK. 190302106

PENGESAHAN

SKRIPSI

IMPLEMENTASI ALGORITMA YOLO (*YOU ONLY LOOK ONCE*) UNTUK DETEKSI KLASIFIKASI CITRA SAMPAH

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Andhy Panca Saputra

17.11.1501

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 21 April 2021

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Dr. Kusriul, M.Kom
NIK. 190302106

Tanda Tangan

Ferlan Fauzi Abdulloh, M.Kom
NIK. 190302276

Ikmah, M.Kom
NIK. 190302282

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 22 April 2021

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER

Hanif Al Fatta, M.Kom
NIK. 190302096

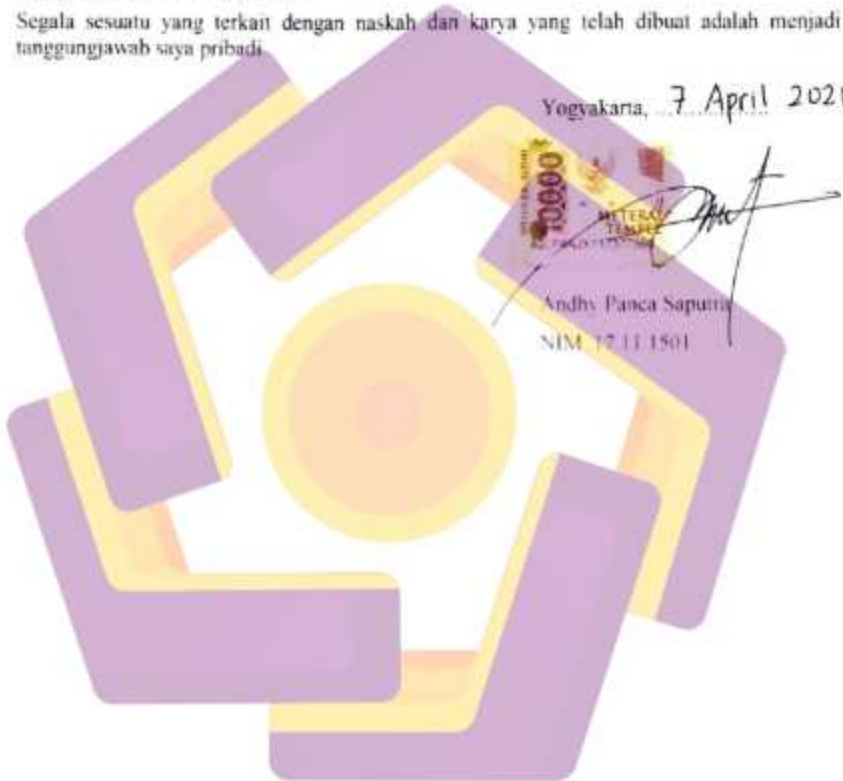
PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI), dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi pendidikan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Yogyakarta, 7 April 2021

Andhy Panca Saputra
NIM 17111501



MOTTO

“ Jadi Versi Terbaik Dari Diri Anda Sendiri ”

“Lakukan Apapun yang Kamu Ingin. Selama Hal tersebut Positif dan Tidak Memberikan Dampak Negatif ke Orang Lain”

“Just Do It” -NIKE

“Pendidikan Merupakan Senjata Paling Ampuh yang Bisa Kamu Gunakan Untuk Merubah Dunia” -Nelson Mandela

Habis Gelap Terbitlah Terang -R.A Kartini

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orangtua Bapak dan Ibu yang telah mendidik saya, tiada henti-hentinya selalu memberikan saya dorongan semangat, dukungan, motivasi, kasih sayangnya dan mendo'akan saya hingga mampu menyelesaikan segala kewajiban saya sebagai mahasiswa. Terima kasih untuk selalu mendukung dan memberikan semangat kepada saya dalam mewujudkan cita-cita, serta mengajarkan saya untuk selalu hidup dengan sabar dan jujur. Skripsi ini sebagai tanda bahwa perjuangan orangtua saya tiada sia-sia. Semoga Allah selalu memberikan kesehatan dan diberi umur yang panjang.



KATA PENGANTAR


Segala puji bagi Allah SWT karena atas nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Komputer Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, saran dan kritik yang telah penulis terima, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan pertolongan dan kekuatan dalam proses pembuatan skripsi ini.
2. Prof. Dr. M. Suyanto, M.M., selaku rektor Universitas Amikom Yogyakarta
3. Dr. Kusriani, M.Kom, , selaku dosen pembimbing skripsi, atas waktu yang telah diberikan untuk membimbing, memotivasi, memberi dukungan, mengarahkan dan memberikan masukan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini hingga akhir.
4. Seluruh dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta atas segala ilmu pengetahuan yang diberikan kepada penulis.
5. Segenap dosen Prodi Informatika yang telah memberikan bimbingan dan ilmu kepada penulis selama masa studi.

6. Keluarga penulis, Bapak Sadino, Ibu Sri Mulyani, Kakak Eko Dwi Nur Cahyo, Kakak Dwi Jayani Atmaja, Kakak Santoso Tri Utomo, dan Kakak Maya Puspa Dewi yang selalu mendoakan, perhatian, dan memberi dukungan kepada penulis.
7. Seluruh rekan-rekan studi yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala kebaikan yang diberikan kepada penulis.
8. Seluruh sahabat saya yang telah membantu dan memberikan dukungan. Berbagai kekurangan dan kesalahan mungkin pembaca temukan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan yang akan datang. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan serta pengetahuan bagi para pembaca.

Yogyakarta, 7 April 2021



Andhy Panca Saputra
NIM 17.11.1501

DAFTAR ISI

JUDUL.....	I
PERSETUJUAN	II
PENGESAHAN	III
PERNYATAAN.....	III
MOTTO	V
PERSEMBAHAN.....	VI
KATA PENGANTAR.....	VII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR TABEL.....	XI
DAFTAR GAMBAR.....	XII
DAFTAR ISTILAH.....	XIV
INTISARI.....	XIV
ABSTRACT.....	XIVI
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 BATASAN MASALAH.....	4
1.4 TUJUAN PENELITIAN.....	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	5
1.6 METODE PENELITIAN.....	5
1.7 SISTEMATIKA PENULISAN.....	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
2.1 KAJIAN PUSTAKA.....	9
2.2 DASAR TEORI.....	13
2.2.1 <i>Deep Learning</i>	13

2.2.2	<i>Computer Vision</i>	14
2.2.3	<i>Object Detection</i>	15
2.2.4	<i>CNN (Convolutional Neural Network)</i>	15
2.2.5	<i>YOLO (You Only Look Once)</i>	20
2.2.6	<i>Confusion Matrix</i>	28
2.2.7	<i>Darknet-53</i>	33
2.2.8	<i>SPP (Spatial Pyramid Pooling)</i>	35
2.2.9	<i>PANet (Path Aggregation Network)</i>	35
BAB III METODE PENELITIAN		36
3.1	ALAT DAN BAHAN PENELITIAN	36
3.1.1	<i>Hardware</i>	36
3.1.2	<i>Software</i>	36
3.2	GAMBARAN UMUM PENELITIAN	37
3.3	PENGUMPULAN DATASET	38
3.4	PRE-PROCESSING DATASET	38
3.5	KONFIGURASI JARINGAN YOLO	41
3.6	TRAINING DAN VALIDATION	43
3.7	REAL-TIME TESTING	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		50
4.1	<i>TRAINING DAN VALIDATION</i>	50
4.2	<i>REAL-TIME TESTING</i>	54
4.2.1	<i>Input Gambar</i>	55
4.2.2	<i>Input Video</i>	62
4.2.3	<i>Input Webcam</i>	67
BAB V PENUTUP		77
5.1	KESIMPULAN	77
5.2	SARAN	78
DAFTAR PUSTAKA		79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Literatur Sejenis.....	11
Tabel 3. 1 Percobaann Variabel <i>Input</i>	43
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil YOLOv4 dan YOLOv4- <i>tiny</i>	51
Tabel 4.2 <i>Real-time Testing Input</i> Gambar YOLOv4 dan YOLOv4- <i>tiny</i>	55
Tabel 4.3 <i>Prediction Probability</i> dan <i>Prediction Time</i> pada <i>Real-time Testing Input</i> Gambar YOLOv4 dan YOLOv4- <i>tiny</i>	58
Tabel 4.4 <i>Real-time Testing Input</i> Video YOLOv4 dan YOLOv4- <i>tiny</i>	62
Tabel 4.5 FPS dan <i>Prediction Time</i> pada <i>Real-time Testing Input</i> Video YOLOv4 dan YOLOv4- <i>tiny</i>	63
Tabel 4.6 Pengaruh Parameter <i>Subdivision</i> dan <i>Mosaic Data Augmentation</i>	72
Tabel 4.7 Nilai TP, FP, dan FN Tiap <i>Iterations</i>	74
Tabel 4.8 Analisis Kinerja YOLO	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur CNN	16
Gambar 2.2	Operasi Konvolusi.....	17
Gambar 2.3	<i>Convolutional Layer</i> Menggunakan <i>Stride</i>	17
Gambar 2.4	<i>Convolutional Layer</i> Menggunakan <i>Padding</i>	18
Gambar 2.5	<i>Max-Pooling</i> dan <i>Average-Pooling</i>	19
Gambar 2.6	<i>Flattening</i>	19
Gambar 2.7	<i>You Only Look Once</i>	21
Gambar 2.8	<i>Grid Box</i>	21
Gambar 2.9	Prediksi <i>Box</i> untuk Objek.....	22
Gambar 2.10	Pembentukan <i>Bounding Box</i>	22
Gambar 2.11	Box yang Memiliki Akurasi Tinggi	23
Gambar 2.12	Proses <i>Non Max Suppression</i>	23
Gambar 2.13	Prediksi Lokasi Menggunakan <i>Bounding Box</i>	24
Gambar 2.14	Perbandingan YOLOv4 pada MSCOCO	25
Gambar 2.15	Arsitektur YOLOv4.....	26
Gambar 2.16	Arsitektur YOLOv4 (2).....	26
Gambar 2.17	Mosaic Data Augmentation.....	27
Gambar 2.18	Perbandingan Akurasi dan Kecepatan pada Object Detector yang Berbeda	27
Gambar 2.19	Struktur Jaringan YOLOv4- <i>tiny</i>	28
Gambar 2.20	<i>Confusion Matrix</i>	29
Gambar 2.21	Ilustrasi Persamaan IoU	30
Gambar 2.22	Persamaan IoU pada Gambar.....	30
Gambar 2.23	<i>Darknet-53</i>	34
Gambar 2.24	Perbandingan <i>Darknet-53</i>	34
Gambar 2.25	Modifikasi PAN	35
Gambar 3.1	Gambaran Umum	37
Gambar 3.2	<i>Annotation Tool Labelling</i>	39
Gambar 3.3	Label Gambar.....	39

Gambar 3. 4 Contoh Perhitungan Label Gambar.....	40
Gambar 3. 5 Contoh Hasil Label Gambar.....	40
Gambar 3.6 Mempersiapkan Darknet	44
Gambar 3.7 Mempersiapkan <i>Google Drive</i>	45
Gambar 3.8 Memindahkan Dataset ke <i>Cloud MV</i>	45
Gambar 3.9 Kondigurasi File <i>.cfg</i>	46
Gambar 3. 10 File <i>obj.data</i> dan <i>obj.names</i>	46
Gambar 3.11 Upload File <i>obj.names</i> dan <i>obj.data</i>	47
Gambar 3.12 File <i>generate_train.py</i> dan <i>generate_test.py</i>	47
Gambar 3.13 Konfigurasi File <i>train.txt</i> dan <i>test.txt</i>	47
Gambar 3. 14 Download <i>Pre-Trained Weights</i>	48
Gambar 3.15 <i>Training</i>	48
Gambar 3.16 Menampilkan mAP	49
Gambar 4. 1 Perbandingan <i>Average Loss</i> dan mAP YOLOv4 (1)	52
Gambar 4. 2 Perbandingan <i>Average Loss</i> dan mAP YOLOv4 (2).....	53
Gambar 4. 3 Perbandingan <i>Average Loss</i> dan mAP YOLOv4- <i>tiny</i>	53
Gambar 4.4 <i>Real-time Testing Input</i> Gambar dengan <i>Google Colab</i>	55
Gambar 4.5 Klasifikasi dan Deteksi Sampah di Laptop / PC Lokal dengan <i>Input</i> Gambar.....	61
Gambar 4.6 Klasifikasi dan Deteksi Sampah di Website <i>Flask</i> dengan <i>Input</i> Gambar.....	61
Gambar 4.7 <i>Real-time Testing Input</i> Video dengan <i>Google Colab</i>	62
Gambar 4. 8 Klasifikasi dan Deteksi Sampah di Laptop / PC Lokal dengan <i>Input</i> Gambar.....	66
Gambar 4.9 Klasifikasi dan Deteksi Sampah di Website <i>Flask</i> dengan <i>Input</i> Video	67
Gambar 4.10 Klasifikasi dan Deteksi Sampah di Website <i>Flask</i> dengan <i>Input</i> Webcam	71

DAFTAR ISTILAH

- Deep Learning* : metode pembelajaran yang dilakukan oleh mesin dengan cara meniru bagaimana cara kerja otak manusia atau disebut *neural network*.
- Hardware* : perangkat keras.
- Software* : perangkat lunak.
- Google Colab* : tools berbasis cloud yang digunakan sebagai *coding environment* berbahas Python dengan format nootebook atau jupyter notebook.



INTISARI

Peningkatan pencemaran dan degradasi lingkungan adalah permasalahan nyata di era modern saat ini. Seiring dengan meningkatnya industrialisasi, urbanisasi, dan tingkat populasi global, maka dibutuhkan sistem pemilahan dan pengolahan sampah yang baik. Solusi yang ditawarkan saat ini untuk permasalahan sampah yaitu dengan memanfaatkan *deep learning* untuk *classification* dan *object detection*.

Penelitian ini dilakukan menggunakan algoritma *You Only Look Once* (YOLO) versi 4 yang merupakan salah satu algoritma dari *deep learning* yang memiliki performa bagus dalam *real-time object detection*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi performa algoritma YOLO dalam deteksi dan klasifikasi citra sampah. Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) menggunakan *framework Darknet* yang dapat digunakan untuk melatih dataset yang dibuat sendiri. Dataset yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebanyak 3870 citra sampah yang dibagi menjadi 4 kelas yaitu *glass*, *metal*, *paper*, dan *plastic*. Tahapan *training*, *validation*, dan *real-time testing* yang dilakukan pada penelitian ini selain menggunakan model YOLOv4 juga menggunakan model YOLOv4-*tiny* untuk perbandingan. Pada tahap *real-time testing*, masing-masing dari kedua model ini dilakukan dengan menggunakan 3 input yang berbeda, yaitu gambar, video, dan *webcam*. Pada model YOLOv4-*tiny* juga dilakukan *training*, *validation*, dan *real-time testing* dengan menggunakan nilai *subdivision* yang berbeda yaitu sebesar 16 dan 8, serta menggunakan dan tanpa *mosaic data augmentation*.

Hasil penelitian ini membuktikan bahwa YOLOv4 dengan arsitektur lebih kompleks memiliki performa lebih baik dibandingkan YOLOv4-*tiny* untuk melakukan deteksi dan klasifikasi semua citra sampah dari 4 kelas / kategori walaupun dalam segi kecepatan komputasi masih unggul YOLOv4-*tiny*. Hasil terbaik dari model YOLOv4 memiliki nilai mAP mencapai 89,59%, *precision* 0,76, *recall* 0,90, *F1-score* 0,82, dan *Average IoU* 64,01%, sedangkan YOLOv4-*tiny* hasil terbaik hanya memiliki nilai mAP 81,84%, *precision* 0,59, *recall* 0,83, *F1-score* 0,69, dan *Average IoU* 48,35%. Pada penelitian ini juga membuktikan bahwa model dengan nilai *subdivision* lebih kecil dan menggunakan *mosaic data augmentation* memiliki performa yang lebih baik.

Kata Kunci: *Deep Learning*, *You Only Look Once* (YOLO), *Classification*, *Object Detection*, Sampah

ABSTRACT

The Increase in environmental pollution and degradation are real problems in today's modern era. As industrialization, urbanization, and global population levels increase, a good garbage sorting and processing system is needed. The solution currently offered for garbage problems is by utilizing deep learning for classification and object detection.

This research was conducted using the You Only Look Once (YOLO) algorithm version 4, which is one of deep learning algorithms that has good performance in real-time object detection. The purpose of this research was to determine the factors that affect the performance of the YOLO algorithm in the detection and classification of garbage images. The You Only Look Once (YOLO) algorithm has been utilized in the Darknet neural network framework to train a self-made dataset. The dataset used in this research is 3870 garbage images which are divided into 4 classes, namely glass, metal, paper, and plastic. The stages of training, validation, and real-time testing carried out in this research, besides using the YOLOv4 model, also used the YOLOv4-tiny model for comparison. In the real-time testing stage, each of these two models is carried out using 3 different inputs, namely images, videos, and webcams. In the YOLOv4-tiny model, training, validation, and real-time testing are also carried out using different subdivision values of 16 and 8, and using and without mosaic data augmentation.

The results of this research prove that YOLOv4 with a more complex architecture has a better performance than YOLOv4-tiny to detect and classify all garbage images from 4 classes / categories, even though in terms of computational speed it is still better YOLOv4-tiny. The best results from the YOLOv4 model have mAP values reaching 89.59%, precision 0.76, recall 0.90, F1-score 0.82, and Average IoU 64.01%, while the best YOLOv4-tiny results only have a mAP value of 81.84%, precision 0.59, recall 0.83, F1-score 0.69, and Average IoU 48.35%. This research also proves that the model with lower subdivision value and using mosaic data augmentation has a better performance.

Keyword: *Deep Learning, You Only Look Once (YOLO), Classification, Object Detection, Garbage*