

**TUGAS AKHIR**

**PENERAPAN ALGORITMA *FASTER R-CNN* DALAM  
PENGENALAN UANG KERTAS RUPIAH**



**MUHAMMAD ZUHDI HANIF**

20102074

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS INFORMATIKA  
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO  
2024**

**TUGAS AKHIR**

**PENERAPAN ALGORITMA *FASTER R-CNN* DALAM  
PENGENALAN UANG KERTAS RUPIAH**

***APPLICATION OF THE FASTER R-CNN ALGORITHM  
IN RECOGNIZING RUPIAH BANKNOTES***

Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



MUHAMMAD ZUHDI HANIF

20102074

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS INFORMATIKA  
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

**2024**

**HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING**

**PENERAPAN ALGORITMA *FASTER R-CNN* DALAM  
PENGENALAN UANG KERTAS RUPIAH**

***APPLICATION OF THE FASTER R-CNN ALGORITHM  
IN RECOGNIZING RUPIAH BANKNOTES***

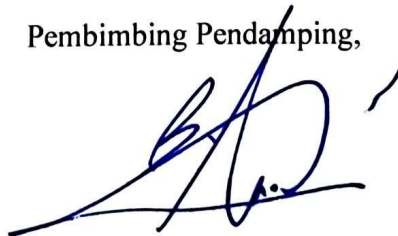
Dipersiapkan dan Disusun Oleh  
MUHAMMAD ZUHDI HANIF  
20102074

**Fakultas Informatika  
Institut Teknologi Telkom Purwokerto  
Pada Tanggal: 14 Juni 2024**

Pembimbing Utama,

  
Wahyu Andi Saputra, S.Pd., M.Eng.  
NIDN. 0628129101

Pembimbing Pendamping,

  
Andi Prademon Yunus, S.T., M.Sc. Eng., Ph.D.  
NIDN. 0616129301

**HALAMAN PENETAPAN PENGUJI**

**PENERAPAN ALGORITMA *FASTER R-CNN* DALAM  
PENGENALAN UANG KERTAS RUPIAH**

***APPLICATION OF THE FASTER R-CNN ALGORITHM  
IN RECOGNIZING RUPIAH BANKNOTES***

Dipersiapkan dan Disusun Oleh

MUHAMMAD ZUHDI HANIF

20102074

Telah Diujikan dan Dipertahankan dalam Sidang Ujian Tugas Akhir

Pada Jumat, 14 Juni 2024

Penguji I,



Annisaa Utami, S.Kom., M.Cs.

NIDN. 0607079403

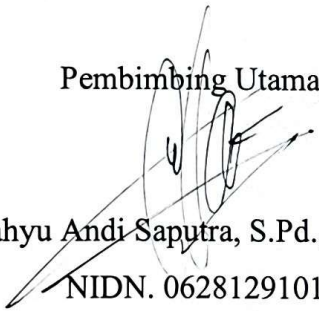
Penguji II,



Dany Candra Febrianto, S.Kom., M.Eng.

NIDN. 0620029202

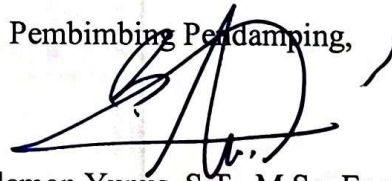
Pembimbing Utama,



Wahyu Andi Saputra, S.Pd., M.Eng.

NIDN. 0628129101

Pembimbing Pendamping,



Andi Prademon Yunus, S.T., M.Sc. Eng., Ph.D.

NIDN. 0616129301



Auliya Burhanuddin, S.Si., M.Kom.

NIK. 19820008

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Muhammad Zuhdi Hanif

NIM : 20102074

Program Studi : Teknik Informatika

Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul:

**PENERAPAN ALGORITMA *FASTER R-CNN* DALAM PENGENALAN UANG KERTAS RUPIAH**

Dosen pembimbing utama : Wahyu Andi Saputra, S.Pd., M.Eng.

Dosen Pembimbing Pendamping : Andi Prademon Yunus, S.T., M.Sc.Eng., Ph.D

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Institut Teknologi Telkom Purwokerto maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian Saya Sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Tim Dosen Pembimbing.
3. Dalam Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab Saya, bukan tanggung jawab Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
5. Pernyataan ini Saya buat dengan sesungguhnya, apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka Saya bersedia menerima Sanksi Akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Purwokerto, 10 Juni 2024

Yang menyatakan,



The image shows a 1000 Rupiah postage stamp. The stamp features the Garuda emblem, the text '1000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number 'ZE0E3ALX113146190'. A blue ink signature is written over the stamp.

Muhammad Zuhdi Hanif

## KATA PENGANTAR

Segala puji penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala kemudahan, ilmu pengetahuan, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Penerapan Algoritma *Faster R-CNN* dalam Pengenalan Uang Kertas Rupiah”. Menyadari penyusunan tugas akhir ini yang tidak lepas dari bantuan serta dukungan berbagai pihak, penulis menyampaikan ucapan terima kasi kepada :

1. Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan dukungan dalam membantu penelitian ini dalam bentuk kasih sayang, perhatian, serta yang terpenting doa yang selalu menyertainya.
2. Ibu Dr. Tenia Wahyuningrum, S.Kom., M.T. selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
3. Bapak Auliya Burhanuddin, S.Si., M.Kom. selaku Dekan Fakultas Informatika Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
4. Ibu Amalia Beladonna Arifa, S.Pd., M.Cs. selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
5. Ibu Paradise, M.Kom. selaku Dosen Wali penulis.
6. Bapak Wahyu Andi Saputra, S.Pd., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan arahan, solusi pada setiap permasalahan yang dihadapi oleh penulis selama penyusunan tugas akhir dari awal hingga akhir.
7. Bapak Andi Prademon Yunus, S.T., M.Sc.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, solusi pada setiap permasalahan yang dihadapi oleh penulis selama penyusunan tugas akhir dari awal hingga akhir.
8. Teman-teman saya dari Grup Friends With Benedict (FWB) yang menjadi kawan perjuangan saya dari awal masuk perkuliahan hingga saat ini yang selalu senantiasa berbagi cerita dan perjuangan.

9. Laptop ayah saya yang bertukar dengan laptop saya, Asus Vivobook 15 M513UA yang meskipun spesifikasinya tidak memadai, namun telah menjadi teman perjuangan saya dari awal perkuliahan hingga saat ini.

Purwokerto 1 Juni 2024



Muhammad Zuhdi Hanif



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENETAPAN PENGUJI.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Pertanyaan Penelitian .....	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Penelitian Sebelumnya .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Landasan Teori.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 <i>Artificial Intelligence</i> .....	17
2.2.2 <i>Machine Learning</i> .....	18
2.2.3 <i>Computer Vision</i> .....	18
2.2.4 <i>Convolutional Neural Network</i> .....	19



2.2.5	<i>Hue Saturation Value (HSV)</i> .....	22
2.2.6	<i>Histogram of Oriented Gradient (HOG)</i> .....	22
2.2.7	R-CNN .....	22
2.2.8	<i>Fast R-CNN</i> .....	23
2.2.9	<i>Faster R-CNN</i> .....	24
2.2.10	<i>ResNet (Residual Network)</i> .....	27
2.2.11	<i>Negative Log-Likelihood (NLL)</i> .....	27
2.2.12	<i>Confusion Matrix</i> .....	28
2.2.13	<i>Mean Average Precision (mAP)</i> .....	29
2.2.14	PyTorch.....	30
2.2.15	<i>OpenCV</i> .....	30
2.2.16	Streamlit .....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>31</b>
3.1	Subjek dan Objek Penelitian .....	31
3.2	Alat dan Bahan .....	31
3.2.1	Alat.....	31
3.2.2	Bahan.....	32
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	32
3.3.1	Studi Literatur .....	33
3.3.2	Pengumpulan Data .....	33
3.3.3	<i>Preprocessing Data</i> .....	35
3.3.4	Perancangan Model.....	36
3.3.5	<i>Training Data</i> .....	37
3.3.6	<i>Testing Data</i> .....	38
3.3.7	Analisis Model .....	38

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Hasil.....	39
4.1.1 <i>Preprocessing</i> .....	40
4.1.2 Implementasi Model <i>Faster R-CNN</i> .....	42
4.1.3 Hasil pada Skema Format RGB .....	45
4.1.4 Hasil pada Skema HSV dengan HOG.....	50
4.1.5 Demo dengan Streamlit.....	54
4.2 Pembahasan .....	63
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Sebelumnya .....	10
Tabel 2.2 Tabel <i>confusion matrix</i> .....	28
Tabel 3.1 Sampel data uang kertas rupiah .....	33
Tabel 3.2 Sebaran dataset yang digunakan .....	34
Tabel 4.1 <i>Dataframe</i> untuk Dataset .....	39
Tabel 4.2 Tabel hasil evaluasi dengan skema RGB .....	45
Tabel 4.3 Hasil Akurasi Setiap Kelas pada Skema RGB.....	49
Tabel 4.4 Hasil perhitungan pada skema HSV dengan HOG .....	50
Tabel 4.5 Hasil Akurasi Setiap Kelas pada Skema HSV dengan HOG.....	54
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Prediksi .....	63

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur umum CNN .....	19
Gambar 2.2	Ilustrasi max pooling dan average pooling [36].....	20
Gambar 2.3	Fungsi aktivasi ReLU[36] .....	21
Gambar 2.4	Visualisasi HOG[41] .....	22
Gambar 2.5	Struktur dari R-CNN[42] .....	23
Gambar 2.6	Struktur dari Fast R-CNN .....	23
Gambar 2.7	Arsitektur <i>Faster</i> R-CNN [44] .....	25
Gambar 2.8	Struktur dari RPN[44] .....	25
Gambar 2.9	Perhitungan IoU .....	26
Gambar 2.10	Arsitektur ResNet-50 [48].....	27
Gambar 2. 11	Residual Block pada ResNet-50 [48].....	27
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	32
Gambar 3.2	Proses anotasi gambar menggunakan CVAT.....	35
Gambar 3. 3	<i>Faster R-CNN</i> dengan arsitektur ResNet-50.....	37
Gambar 4. 1	Gambar setelah normalisasi .....	40
Gambar 4. 2	Visualisasi Sampel Data Menggunakan Kombinasi HSV dengan HOG .....	42
Gambar 4. 3	Struktur <i>Faster R-CNN</i> dengan Resnet-50.....	43
Gambar 4.4	Grafik <i>Training Loss</i> dalam Skema RGB .....	45
Gambar 4.5	Grafik Eval Accuracies pada Skema RGB.....	46
Gambar 4.6	Grafik mAP pada Skema RGB .....	46
Gambar 4.7	Grafik <i>Precision</i> pada Skema RGB .....	47
Gambar 4.8	Grafik Recall pada Skema RGB.....	47
Gambar 4.9	Grafik <i>F1-score</i> pada Skema RGB .....	48
Gambar 4. 10	<i>Confusion Matrix</i> pada Skema RGB.....	49
Gambar 4.11	Grafik <i>Train Loss</i> pada Skema HSV dengan HOG.....	50
Gambar 4.12	Grafik <i>Eval Accuracies</i> pada Skema HSV dengan HOG.....	51
Gambar 4.13	Grafik mAP pada Skema HSV dengan HOG.....	51
Gambar 4.14	Grafik <i>Precision</i> pada Skema HSV dengan HOG .....	52

Gambar 4.15 Grafik <i>Recall</i> pada Skema HSV dengan HOG.....	52
Gambar 4.16 Grafik <i>F1-Score</i> pada Skema HSV dengan HOG.....	53
Gambar 4. 17 <i>Confusion Matrix</i> pada Skema HSV dengan HOG.....	53
Gambar 4.18 Tampilan dari Deployment Menggunakan Streamlit.....	54
Gambar 4.19 Prediksi Model RGB pada Kelas 1000 .....	55
Gambar 4.20 Prediksi Model RGB pada Kelas 2000 .....	56
Gambar 4.21 Prediksi Model RGB pada Kelas 5000 .....	56
Gambar 4.22 Prediksi Model RGB pada Kelas 10000 .....	57
Gambar 4.23 Prediksi Model RGB pada Kelas 20000 .....	57
Gambar 4.24 Prediksi Model RGB pada Kelas 50000 .....	58
Gambar 4.25 Prediksi Model pada Kelas 75000.....	58
Gambar 4.26 Prediksi Model pada Kelas 100000.....	59
Gambar 4.27 Prediksi Model HSV dengan HOG pada Kelas 1000 .....	59
Gambar 4.28 Prediksi Model HSV dengan HOG pada Kelas 2000 .....	60
Gambar 4.29 Prediksi Model pada Kelas 5000.....	60
Gambar 4.30 Prediksi Model HSV dengan HOG pada Kelas 10000 .....	61
Gambar 4.31 Prediksi Model HSV dengan HOG pada Kelas 20000 .....	61
Gambar 4.32 Prediksi Model HSV dengan HOG pada Kelas 50000 .....	62
Gambar 4.33 Prediksi Model HSV dengan HOG pada Kelas 75000 .....	62
Gambar 4.34 Prediksi Model HSV dengan HOG pada Kelas 100000 .....	63