

**Pengenalan Objek Pada Citra Digital dengan Algoritma *Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN)***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Mencapai Derajat Sarjana Teknik Informatika



Oleh:

Heronimus Tresy Renata Adie

14 07 07824

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2018**

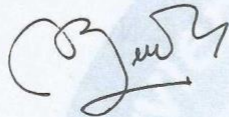
# HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul  
**Pengenalan Objek Pada Citra Digital dengan Algoritma *Region-based Convolutional Neural Network* (R-CNN)**

**Disusun oleh:**  
Heronimus Tresy Renata Adie  
(NIM: 140707824)

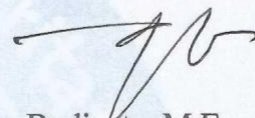
Dinyatakan telah memenuhi syarat  
Pada Tanggal : Juli 2018

Pembimbing I,



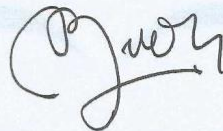
(Dr. Pranowo, S.T., M.T.)

Pembimbing II,



(Ir. A. Djoko Budianto, M.Eng., Ph.D.)

**Tim Penguji:**  
Penguji I



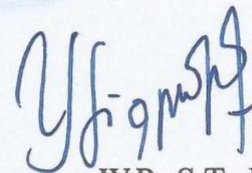
(Dr. Pranowo, S.T., M.T.)

Penguji II,



(Yulius Harjoseputro, S.T., M.T.)

Penguji III,



(Y. Sigit Purnomo W.P., S.T., M.Kom.)

Yogyakarta, Juli 2018  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
Fakultas Teknologi Industri



Dekan,



(Dr. A. Teguh Siswantoro, M.Sc.)

## HALAMAN PERSEMBAHAN



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan atas semua berkat, tuntunan dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir “Pengenalan Obyek Pada Citra Digital dengan Algoritma *Region-based Convolutional Neural Network* (R-CNN)” ini dengan baik. Tugas akhir adalah tugas yang diwajibkan pada mahasiswa Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta setelah lulus mata kuliah teori, praktikum, dan kerja praktek. Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk mencapai derajat sarjana Teknik Informatika dari Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah menyumbangkan pikiran, tenaga, dukungan, bimbingan, dan doa kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan petunjuk dan tuntunan, serta melimpahkan berkat, perlindungan, penjaga dan karunia-Nya yang besar kepada penulis.
2. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Pranowo, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberi bimbingan, petunjuk dan pengarahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Ir. A. Djoko Budianto, M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberi bimbingan, petunjuk dan pengarahan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu penulis selama masa kuliah di Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
6. Kedua orang tua penulis serta kakak yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam segala hal untuk penulis sehingga dapat sampai pada titik ini.

7. Segenap akademisi dan peneliti dibidang *deep learning* dan *computer vision*: Ross Girshick, Charles Shang, Ardian Umam, dan tim kelas CS231n Stanford University yang telah membantu penulis secara teknikal dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Sahabat yang sama-sama berjuang sejak awal kuliah hingga pengerjaan tugas akhir: Audine Amelly, dan teman-teman Tengal lainnya Aloysius Gonzaga P. S., Danang Kusuma, Felix Gani H., Paulina S., Chrysant Meike, Aditya Nur P., Danang Suryo, Dimas Rhyno.
9. Teman-teman seperjuangan dibidang *computer vision*: Ignatius Aldi P., Fabian, Eka, Asis.
10. Teman-teman KKN 72 kelompok seminari: Tesselonika Damaris Ayu Pitaloka, Illona Elisia Gunadi, dan teman-teman Region Barat.
11. Teman-teman Kos PJ: Aldi, Andrew, Dimas, Dito, Gereetz, dan Yoan. Keluarga besar Senat Mahasiswa FTI: Semi, Vano, Bias, Regina, Gian, dkk. Ketua 3 lembaga Ditok dan Jati. Teman-teman JB 14: Andri, Henry, Ariel, Ivan, dan Angga. Teman-teman Ganjuran: Artha, Denta, Yessica, Yordan. Teman-teman Blibli Future Program. Teman-teman UKM Sepak Bola UAJY.
12. Seluruh teman-teman yang mendukung penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan waktu dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Juli 2018

Penulis,

Heronimus Tresy Renata Adie

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR KODE .....	x
INTISARI .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Batasan Masalah .....	6
1.5. Metodologi Penelitian.....	6
1.6. Alat dan Bahan .....	8
1.7. Sistematika Penulisan Laporan.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	10
BAB III LANDASAN TEORI .....	12
3.1. <i>Deep Learning</i> .....	12
3.2. <i>Computer Vision</i> .....	13
3.3. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> .....	13
3.4. <i>Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN)</i> .....	14
3.5. Model Jaringan CNN .....	15
3.6. <i>Framework Deep Learning</i> .....	15
3.7. Tensorflow .....	16
BAB IV ANALISIS DAN PERANCANGAN.....	17
4.1. Alur Kerja Sistem .....	17
4.2. Model Jaringan CNN.....	19

4.2.1. VGG 16.....	19
4.2.2. ResNet 50 .....	20
4.2.3. MobileNet.....	21
4.3. Framework Deep learning .....	22
4.4. Dataset .....	23
4.5. Perancangan Pseudocode.....	23
4.5.1. Kelas Model Jaringan .....	23
4.5.2. Proses Pelatihan.....	24
4.5.3. Proses Deteksi.....	25
4.6. Perancangan Pengujian Sistem.....	26
<b>BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN.....</b>	<b>27</b>
5.1. Implementasi Kode.....	27
5.1.1. Fungsi-Fungsi Umum.....	27
5.1.2. Kode Kelas Model Jaringan .....	35
5.1.3. Kode Model Jaringan.....	37
5.1.4. Kode Proses Pelatihan .....	44
5.1.4. Kode Proses Deteksi.....	46
5.2. Hasil Pelatihan.....	48
5.2.1. Lama Waktu Pelatihan.....	48
5.2.2. Total Loss .....	48
5.2.3. Ukuran Bobot Hasil Pelatihan.....	50
5.2.4. Analisis Hasil Pelatihan.....	50
5.3. Hasil Pengujian.....	51
5.3.1. Lama Waktu Deteksi .....	51
5.3.2. Average Precision Tiap kelas .....	51
5.3.3. Mean Average Precision.....	54
5.3.4. Analisis Hasil Pengujian.....	54
5.4. Antarmuka dan Hasil Deteksi.....	57
5.5. Kelebihan dan Kekurangan Sistem.....	60
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>61</b>
6.1. Kesimpulan.....	61
6.2. Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>62</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Ruang Lingkup <i>Deep Learning</i> .....	12
Gambar 3.2. Arsitektur <i>Faster R-CNN</i> .....	14
Gambar 3.3. Arsitektur Model Jaringan CNN Sederhana untuk Deteksi Objek .....	15
Gambar 4.1. Alur Proses Pelatihan .....	17
Gambar 4.2. Alur Proses Deteksi .....	18
Gambar 4.3. Ilustrasi berbagai jaringan <i>deep learning</i> .....	18
Gambar 4.4. Ilustrasi Kelas Model Jaringan .....	24
Gambar 5.1. Grafik <i>Total Loss</i> Pada Model VGG 16 .....	49
Gambar 5.2. Grafik <i>Total Loss</i> Pada Model ResNet 50 .....	49
Gambar 5.3. Grafik <i>Total Loss</i> Pada Model MobileNet V1 .....	49
Gambar 5.4. Contoh <i>Overfitting</i> Pada Hasil Deteksi .....	56
Gambar 5.5. Antarmuka Program Pengenalan Objek .....	57
Gambar 5.6. Hasil Deteksi Citra Bus .....	58
Gambar 5.7. Hasil Deteksi Citra Anjing dan Kucing .....	58
Gambar 5.8. Hasil Deteksi Citra Peternakan .....	59



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan Implementasi Algoritma Pengenaan Objek.....	11
Tabel 4.1. Tabel Struktur <i>Layer</i> Model Jaringan VGG 16.....	20
Tabel 4.2. Tabel Struktur <i>Layer</i> Model Jaringan ResNet 50.....	21
Tabel 4.3. Tabel Struktur <i>Layer</i> Model Jaringan MobileNet .....	22
Tabel 5.1. Lama Waktu Pelatihan .....	48
Tabel 5.2. Ukuran Bobot Hasil Pelatihan dengan <i>dataset</i> VOC 2012 .....	50
Tabel 5.3. Lama Waktu Deteksi .....	51
Tabel 5.4. <i>Average Precision</i> Pada Model Jaringan VGG 16.....	52
Tabel 5.5. <i>Average Precision</i> Pada Model Jaringan ResNet 50.....	52
Tabel 5.6. <i>Average Precision</i> Pada Model Jaringan MobileNet V1 .....	53
Tabel 5.7. Nilai mAP Tertinggi Pada <i>Dataset</i> VOC 2012 .....	54
Tabel 5.8. Perbandingan Waktu Deteksi Pada Model Jaringan VGG 16 .....	55
Tabel 5.9. Perbandingan mAP Pada Jaringan VGG 16 dengan <i>Dataset</i> VOC 2007. ....	56
Tabel 5.10. Hasil Deteksi Pada Citra Bus (Gambar 5.6.).....	58
Tabel 5.11. Hasil Deteksi Pada Citra Hewan (Gambar 5.7.).....	59
Tabel 5.12. Hasil Deteksi Pada Citra Peternakan (Gambar 5.8.) .....	59

## DAFTAR KODE

Kode 4.1. <i>Pseudocode</i> Kelas Model Jaringan.....	24
Kode 4.2. <i>Pseudocode</i> Proses Pelatihan.....	25
Kode 4.3. <i>Pseudocode</i> Proses Deteksi.....	25
Kode 5.1. Kode Inisialisasi Sesi Tensorflow.....	28
Kode 5.2. Kode Fungsi <i>Load Network</i> .....	28
Kode 5.3. Kode Fungsi <i>Layer</i> Konvolusi.....	29
Kode 5.4. Kode Fungsi <i>Layer</i> ReLU.....	30
Kode 5.5. Kode Fungsi <i>Layer Max Pooling</i> .....	30
Kode 5.6. Kode Fungsi <i>Layer Fully Connected</i> .....	31
Kode 5.7. Kode Fungsi <i>Layer Softmax</i> .....	32
Kode 5.8. Kode Fungsi <i>Layer Dropout</i> .....	33
Kode 5.9. Kode Fungsi <i>Layer Batch Normalization</i> .....	33
Kode 5.10. Kode Fungsi <i>Layer L2 Regularizer</i> .....	34
Kode 5.11. Kode Fungsi <i>Layer Smooth L1</i> .....	35
Kode 5.12. Kode Kelas Model Jaringan.....	36
Kode 5.13. Kode Model Jaringan VGG 16.....	38
Kode 5.14. Kode Model Jaringan ResNet 50.....	41
Kode 5.15. Kode Model Jaringan MobileNet V1.....	44
Kode 5.16. Kode Proses Pelatihan.....	46
Kode 5.17. Kode Proses Deteksi.....	47

# Pengenalan Objek Pada Citra Digital dengan Algoritma *Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN)*

## INTISARI

Oleh:  
**Heronimus Tresy Renata Adie**  
(NPM: 140707824)

Pada masa ini *computer vision* sudah semakin berkembang dan lebih praktikal. Salah satu topik yang populer dibidang *computer vision* adalah pengenalan objek. Seiring dengan perkembangannya, tingkat kesulitan yang dihadapi dalam pengenalan objek pun semakin kompleks. Besarnya data dan proses komputasi yang rumit membuat diperlukannya metode yang tepat untuk menangani permasalahan pengenalan objek.

*Convolutional Neural Network (CNN)* merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk menangani permasalahan pengenalan objek. Salah satu metode berbasis CNN yang ada dan telah teruji hasilnya adalah *Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN)*. Akan tetapi penggunaan R-CNN sejauh ini belum menggunakan model jaringan dan *dataset* terbaru. Berdasarkan hal tersebut, maka masih terdapat ruang untuk pengembangan metode R-CNN dengan pembaharuan pada model jaringan maupun *dataset* yang lebih baru. Model jaringan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah VGG, ResNet, dan MobileNet dengan VOC 2012 sebagai *dataset*.

Hasil dari penelitian ini akan menunjukkan performa pengenalan objek dengan metode R-CNN pada model jaringan VGG, ResNet, dan MobileNet dengan *dataset* VOC 2012. Performa yang diuji antara lain adalah waktu pelatihan, kecepatan deteksi, tingkat akurasi, dan ukuran bobot. Pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan pengenalan objek dengan metode R-CNN pada model jaringan dan *dataset* yang lebih baru dapat dilakukan dan menunjukkan waktu deteksi tercepat 101 ms dan tingkat *mean average precision* tertinggi 0,759.

**Kata Kunci:** Pengenalan objek, *computer vision*, *deep learning*, *Region-based Convolutional Neural Network (R-CNN)*.