

**IMPLEMENTASI DEEP LEARNING MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI CITRA CANDI BERBASIS
GPU**

Tugas Akhir

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana
Teknik Informatika**



Disusun Oleh :

Kefin Pudi Danukusumo

13 07 07499

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

IMPLEMENTASI DEEP LEARNING MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI CITRA CANDI BERBASIS GPU

Disusun Oleh :

Kefin Pudi Danukusumo

NPM : 13 07 07499

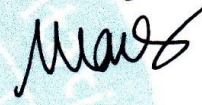
Dinyatakan telah memenuhi syarat
Pada tanggal 13 Juli 2017

Pembimbing I



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

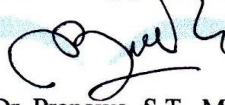
Pembimbing II



(Martinus Maslim, S.T., M.T.)

Tim Penguji :

Penguji I :



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

Penguji II :



(Prof. Ir. Suyoto, MSc., PhD)

Penguji III :



(Y. Sigit Purnomo WP., ST., M.Kom)

Yogyakarta, 13 Juli 2017

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Fakultas Teknologi Industri

Dekan :


UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Dr. A. Teguh Siswanto

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan laporan tugas akhir ini. Tujuan dari pembuatan laporan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam melaksanakan tugas akhir ini, penulis sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta mendapatkan banyak pengalaman dan ilmu-ilmu baru yang belum pernah penulis dapatkan sebelumnya.

Dalam pelaksanaan tugas akhir yang telah dilakukan ini, penulis tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak yang sangat membantu keberhasilan penulis selaku pelaksana. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis baik itu dalam menyelesaikan laporan ini dan juga dalam pelaksanaan tugas akhir. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan kekuatan, kesehatan dan berkat kepintaran kepada penulis.
2. Ayah dan Mimi yang telah memberikan dukungan dalam bentuk moral dan doa. Begitu juga dengan nasihat dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Pranowo, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing I yang telah menerima penulis sebagai mahasiswa bimbingan tugas akhir dan penulisan laporan tugas akhir, serta memberikan petunjuk dan masukan sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

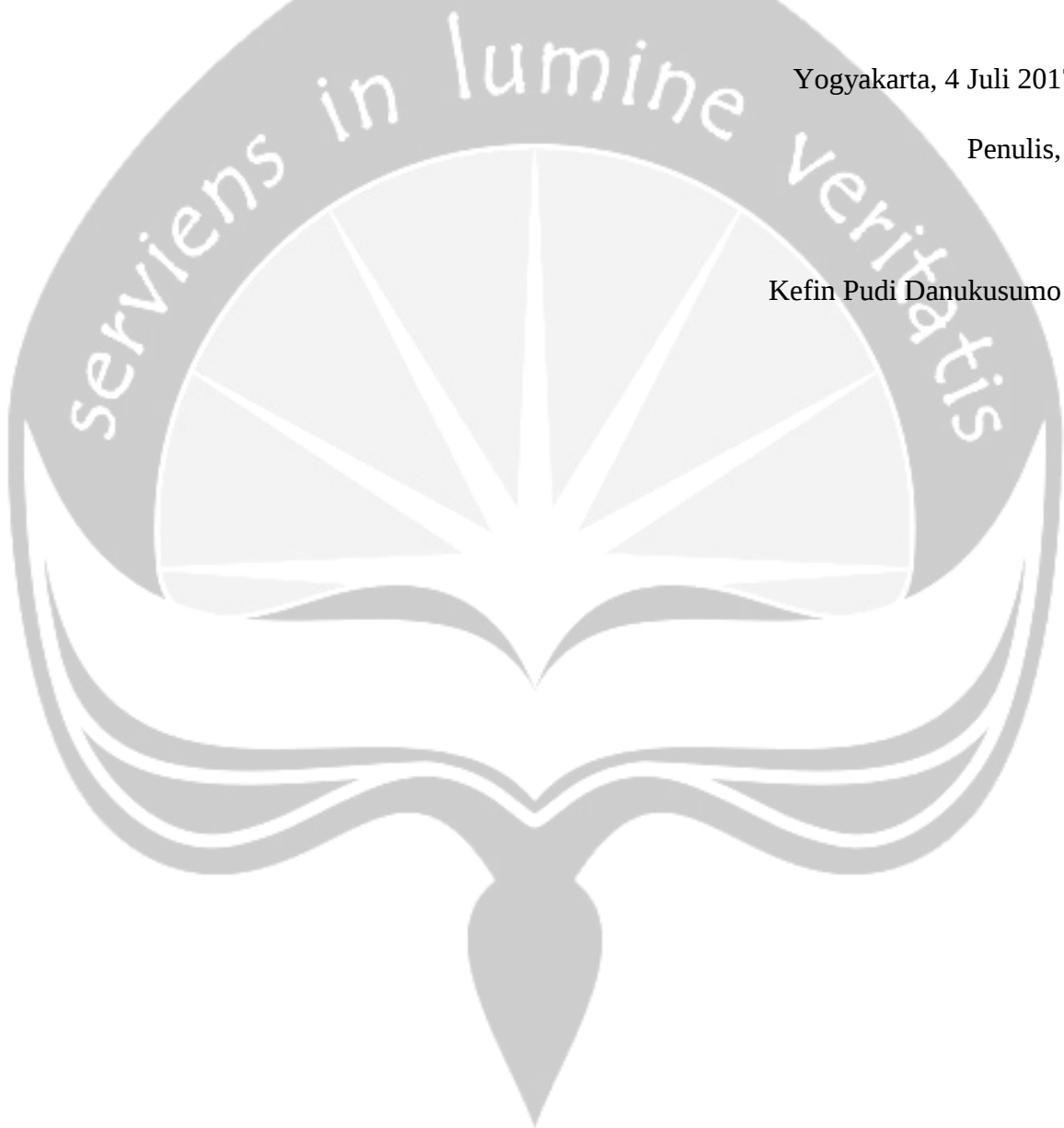
4. Bapak Martinus Maslim, S.T., M.T., selaku ketua program studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, dan juga selaku dosen Pembimbing II yang sudah membimbing penulis dalam penulisan laporan tugas akhir dan memberikan saran agar tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Bapak Dr. A. Teguh Siswanto selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta
6. Seluruh dosen dan staff Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah banyak membantu penulis selama kuliah.
7. Untuk Indra Prasetya Aji selaku rekan seperjuangan skripsi dan sudah menemani, memberi semangat dan dukungan kepada penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Untuk Alwan dan Panji yang sudah menyemangati dan mendukung penulis.
9. Untuk teman-teman Maho Class D yang selalu mendukung penulis dan menjadi teman-teman seperjuangan saat kuliah.
10. Untuk teman-teman Asdos Sistem Digital yaitu Andjar, Andrew, Angel, Esthy, Kak Tata, Dwi, Flo, Gaby, Hery, Kak Etta, Marcel, Dita, Sam, Sekar.
11. Untuk teman-teman Lambe Turah yaitu Wuri, Tika, Budi, Juming, Nanas, Doli, Markus.
12. Teman-teman seangkatan TF 2013 yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah mendukung dan memberikan masukan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, segala kritik dan saran yang membangun sangatlah penulis harapkan. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 4 Juli 2017

Penulis,

Kefin Pudi Danukusumo



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Citra Digital	10
3.2 Klasifikasi Citra	10
3.3 Candi Indonesia	11
3.4 <i>Machine Learning</i>	11
3.5 <i>Deep Learning</i>	13
3.6 <i>Deep Feedforward Network</i>	14
3.7 <i>Convolutional Neural Network</i>	15
3.8 Operasi Konvolusi	16
3.9 <i>Pooling Layer</i>	17
3.10 Aktivasi ReLU	18

3.11 <i>Fully-Connected Layer</i>	18
3.12 <i>Dropout Regularization</i>	19
3.13 <i>Softmax Classifier</i>	20
3.14 <i>Crossentropy Loss Function</i>	20
3.15 <i>Stochastic Gradient Descent</i>	21
3.16 <i>Max Norm Constraint</i>	21
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	23
4.1 Bahan Penelitian	23
4.2 Alat Penelitian.....	26
4.3 Langkah-langkah Penelitian.....	29
4.3.1 Studi Pustaka.....	30
4.3.2 Perancangan Algoritma.....	30
4.3.2.1 Tahap <i>Data Augmentation</i>	33
4.3.2.2 Tahap <i>Load Training Data</i>	34
4.3.2.3 Tahap Pembuatan Model CNN	34
4.3.2.4 Tahap <i>Training Model</i>	35
4.3.2.5 Tahap Penyimpanan Bobot Akhir.....	36
4.3.2.6 Tahap <i>Load Model</i>	36
4.3.2.7 Tahap <i>Load Weight</i>	37
4.3.2.8 Tahap Validasi	37
4.3.2.9 Tahap Unggah Citra.....	37
4.3.2.10 Tahap Klasifikasi	38
4.3.3 Pengkodean.....	38
4.3.3.1 Kode Pembuatan Model CNN	38
4.3.3.2 Kode Training	42

4.3.3.3 Kode Testing.....	44
4.3.4 Pengujian	45
4.3.5 Analisis	46
BAB V ANALISI DAN PEMBAHASAN.....	47
5.1 Pengujian	47
5.1.1 Hasil Pembelajaran dan Analisis	47
5.1.1.1 Hasil pelatihan model dengan epochs 10.....	47
5.1.1.2 Hasil pelatihan model dengan epochs 20.....	49
5.1.1.3 Hasil pelatihan model dengan epochs 50.....	50
5.1.1.4 Hasil pelatihan model dengan epochs 100.....	52
5.1.1.5 Analisis hasil pelatihan	53
5.1.2 Hasil Pengujian dan Analisis	54
5.1.2.1 Hasil pengujian model dengan bobot pelatihan epochs 10 ..	54
5.1.2.2 Hasil pengujian model dengan bobot pelatihan epochs 20 ..	55
5.1.2.3 Hasil pengujian model dengan bobot pelatihan epochs 50 ..	56
5.1.2.4 Hasil pengujian model dengan bobot pelatihan epochs 100	57
5.1.2.5 Analisis hasil pengujian	57
5.1.3 Implementasi Antarmuka dan Analisis Hasil Klasifikasi	59
5.1.3.1 Implementasi Antarmuka.....	59
5.1.3.2 Hasil Klasifikasi Citra Diluar Dataset.....	62
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	65
6.1 Kesimpulan	65
6.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN.....	68

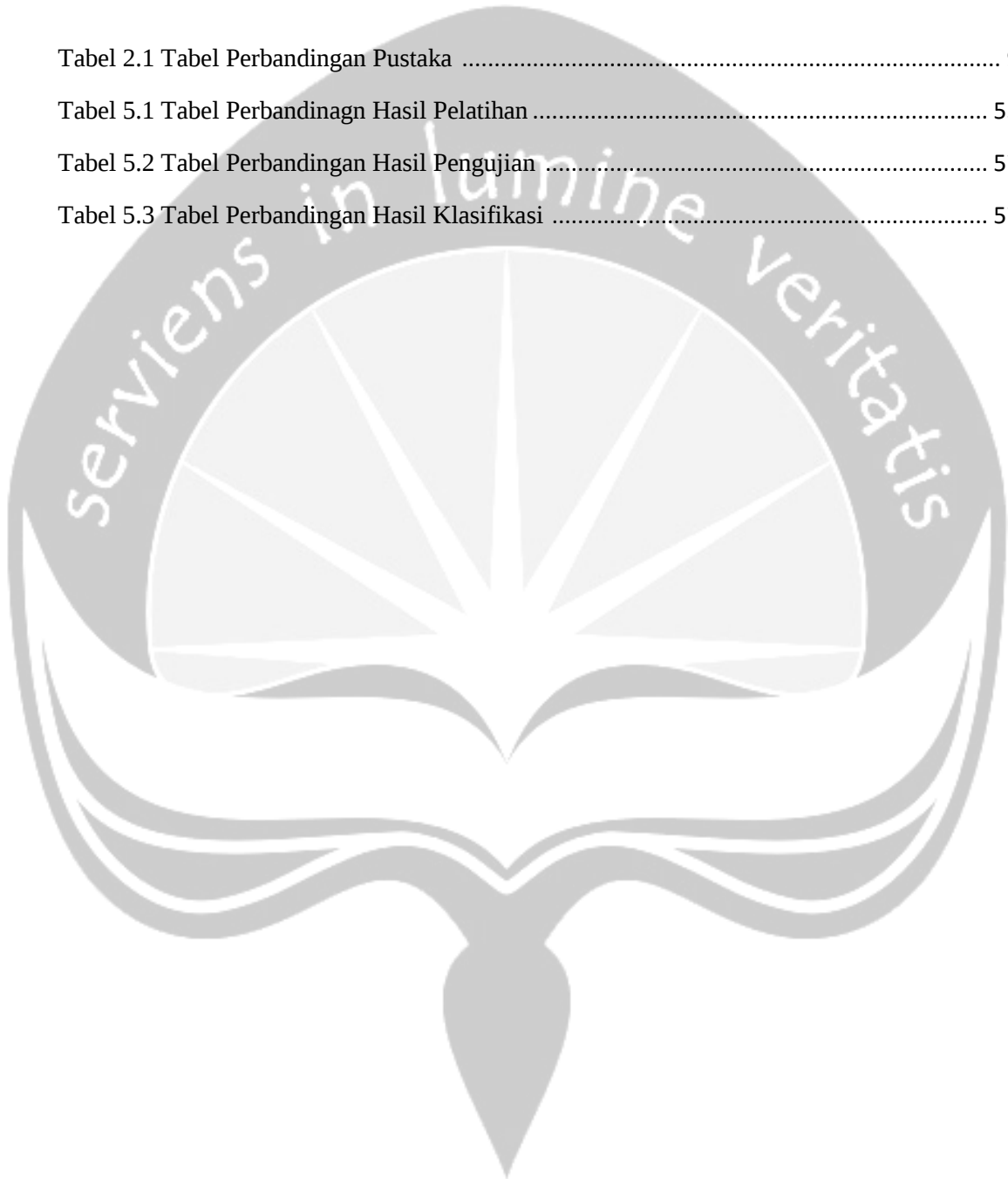
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Gambar Candi Prambanan dan Candi Borobudur	11
Gambar 3.2 Perbandingan Pemrograman Tadisional Dengan Machine Learning.....	12
Gambar 3.3 Contoh Jaringan Deep Feedforward.....	15
Gambar 3.4 Contoh Jaringan CNN	15
Gambar 3.5 Contoh Operasi Max Pooling.....	18
Gambar 3.6 Jaringan Syaraf Sebelum dan Sesudah Mengaplikasikan Dropout.....	19
Gambar 4.1 Contoh Beberapa Candi Borobudur	23
Gambar 4.2 Contoh Beberapa Candi Prambanan	24
Gambar 4.3 Contoh Beberapa Candi Kalasan	24
Gambar 4.4 Contoh Beberapa Candi Sewu	25
Gambar 4.5 Contoh Beberapa Candi Mendut.....	25
Gambar 4.6 Contoh Beberapa Candi Sari.....	25
Gambar 4.7 Contoh Beberapa Citra Candi Diluar Dataset	26
Gambar 4.8 Bagan Alur Penelitian	29
Gambar 4.9 Rancangan Tahapan Algoritma Pelatihan.....	31
Gambar 4.10 Rancangan Tahapan Algoritma Pengujian.....	32
Gambar 4.11 Rancangan Tahapan Algoritma Prediksi	33
Gambar 4.12 Prosedur Buat_Model Untuk SGD Dan CNN	39
Gambar 4.13 Kode Saat Training Model.....	42
Gambar 4.14 Kode Saat Pengujian Model.....	44
Gambar 5.1 Hasil Pelatihan Dengan 10 Epochs	48
Gambar 5.2 Hasil Pelatihan Dengan 20 Epochs	49
Gambar 5.3 Hasil Pelatihan Dengan 50 Epochs	51
Gambar 5.4 Hasil Pelatihan Dengan 100 Epochs	52

Gambar 5.5 Hasil Pengujian Dengan 10 Epochs	54
Gambar 5.6 Hasil Pengujian Dengan 20 Epochs	55
Gambar 5.7 Hasil Pengujian Dengan 50 Epochs	56
Gambar 5.8 Hasil Pengujian Dengan 100 Epochs	57
Gambar 5.9 Antarmuka Pilihan Menu	59
Gambar 5.10 Antarmuka Jendela	60
Gambar 5.11 Antarmuka Pemilihan File	61
Gambar 5.12 Antarmuka Setelah Citra Diunggah	61
Gambar 5.13 Antarmuka Setelah Citra Diklasifikasi	62
Gambar 5.14 Citra Diluar Candi	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Perbandingan Pustaka	9
Tabel 5.1 Tabel Perbandinagn Hasil Pelatihan	53
Tabel 5.2 Tabel Perbandingan Hasil Pengujian	57
Tabel 5.3 Tabel Perbandingan Hasil Klasifikasi	57



IMPLEMENTASI DEEP LEARNING MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI CITRA CANDI BERBASIS GPU

INTISARI

Kefin Pudi Danukusumo (13 07 07499)

Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsarsari no. 43, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Klasifikasi citra merupakan salah satu permasalahan dalam *Computer Vision* dan hal yang sering sekali dipakai untuk mendeteksi objek dalam suatu citra. Klasifikasi citra sendiri dapat dibilang merupakan pekerjaan yang sangat sulit untuk dilakukan oleh komputer. Untuk mempermudah pekerjaan komputer dalam mengklasifikasi, perlu diimplementasikan teknik *Deep Learning* dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN).

Pada dasarnya metode CNN adalah arsitektur jaringan syaraf tiruan yang lebih efektif untuk klasifikasi citra. Konsep utama CNN sendiri terdapat pada operasi konvolusi yang dimilikinya, dimana suatu citra akan diekstraksi setiap fiturnya agar terbentuk beberapa pola yang akan lebih mudah untuk diklasifikasi. Proses pelatihan dengan CNN akan membutuhkan komputasi yang sangat berat serta waktu yang lama, untuk itu penggunaan performa GPU sangatlah dibutuhkan untuk mempercepat waktu pelatihan.

Hasil pengujian yang optimal terhadap citra candi menunjukkan akurasi sebesar 98,99% pada training set dan 85,57% pada test set dengan waktu pelatihan mencapai 389,14 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa teknik *Deep Learning* dengan CNN mampu melakukan klasifikasi citra candi dengan sangat baik.

Kata Kunci: Klasifikasi Citra, *Deep Learning*, *Convolutional Neural Network*, GPU