

TESIS

**AKSELERASI IMAGE INPAINTING MENGGUNAKAN
METODE ALTERNATING-DIRECTION IMPLICIT (ADI)
DENGAN KOMPUTASI PARALEL BERBASIS GPU CUDA**



MUTAQIN AKBAR

No Mhs. : 155302455/PS/MTF

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

2017



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : Mutaqin Akbar
Nomor Mahasiswa : 155302455/PS/MTF
Konsentrasi : Soft Computing
Judul Tesis : AKSELERASI IMAGE inpainting menggunakan metode *ALTERNATING-DIRECTION IMPLICIT* (ADI) DENGAN KOMPUTASI PARALEL BERBASIS GPU CUDA

Nama Pembimbing

Tanggal

Tanda Tangan

Dr. Pranowo, S.T., M.T.

16-10-2017

Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D.

16-10-2017



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : Mutaqin Akbar
Nomor Mahasiswa : 155302455/PS/MTF
Konsentrasi : Soft Computing
Judul Tesis : AKSELERASI IMAGE INPAINTING MENGGUNAKAN
METODE *ALTERNATING-DIRECTION IMPLICIT* (ADI)
DENGAN KOMPUTASI PARALEL BERBASIS GPU
CUDA

Nama Penguji

Tanggal

Tanda Tangan

(Ketua)

Dr. Pranowo, S.T., M.T.

16-10-2017

(Sekretaris)

Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D.

16-10-2017

(Anggota)

Dr. Ir. Alb. Joko Santosa, M.T.

16-10-2017

Ketua Program Studi



Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D.

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Mutaqin Akbar
Nomor Mahasiswa : 155302455
Jurusan : Magister Teknik Informatika
Konsentrasi : Soft Computing
Judul Tesis : AKSELERASI IMAGE inpainting menggunakan
METODE ALTERNATING-DIRECTION IMPLICIT
(ADI) DENGAN KOMPUTASI PARALEL BERBASIS
GPU CUDA

Menyatakan bahwa dalam penyusunan tesis ini adalah benar karya tulis saya dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 20 September 2017



Mutaqin Akbar

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan Tesis ini saya persembahkan kepada

Ibu saya Sumilah,

Ayah saya Musanip,

Istri saya Intan Kinanthi Clarasinta,

Anak saya Muhammad Ibnu Alfarizqi,

Mertua saya Sugeng Hermanto dan Uniek Hidayati,

sebagai bentuk terima kasih atas do'a, dorongan dan motivasi, semangat, serta perhatian selama proses pendidikan saya.

Jazakumullah Khairan Katsiran Wa Jazakumullah Ahsanal Jaza. Amin.

Yogyakarta, September 2017

INTISARI

Penelitian ini menyajikan akselerasi komputasi proses *image inpainting* menggunakan komputasi paralel berbasis *Graphics Processing Unit (GPU) Compute Unified Device Architecture (CUDA)*. Kami menggunakan persamaan heat dengan persamaan diferensial parsial secara parabola sebagai persamaan model. Persamaan heat didiskretisasi secara numeris menggunakan metode *Finite Difference*. Persamaan semi-aljabar yang terbentuk kemudian diselesaikan menggunakan skema *Alternating-Direction Implicit (ADI)*. Algoritma numeris diimplementasi dalam komputasi paralel GPU CUDA untuk mempercepat waktu komputasi. Proses komputasi *image inpainting* dapat diselesaikan dengan langkah-waktu yang cukup besar. Waktu komputasi dapat dipercepat sampai 5.86 kali lebih cepat menggunakan citra dengan resolusi 2736x1824.

Kata kunci: image inpainting, PDE, ADI, parallel computing, GPU CUDA

ABSTRACT

This research presents a computational acceleration of image inpainting using parallel processing based on Graphics Processing Unit (GPU) Compute Unified Device Architecture (CUDA). We use parabolic partial differential equation (PDE) called heat equation as the model equation. The heat equation is discretized numerically using Finite Difference method. Semi-algebraic equation that formed then solved by using Alternating-Direction Implicit (ADI) scheme. The numerical algorithm is implemented in GPU CUDA parallel computing to speed up the computational time. The computational process of the inpainting can be done using larger time-step. The computational time can be accelerated to 5.86 times faster using an image with 2736x1824 resolution.

Keywords: image inpainting, PDE, ADI, parallel computing, GPU CUDA

KATA PENGANTAR

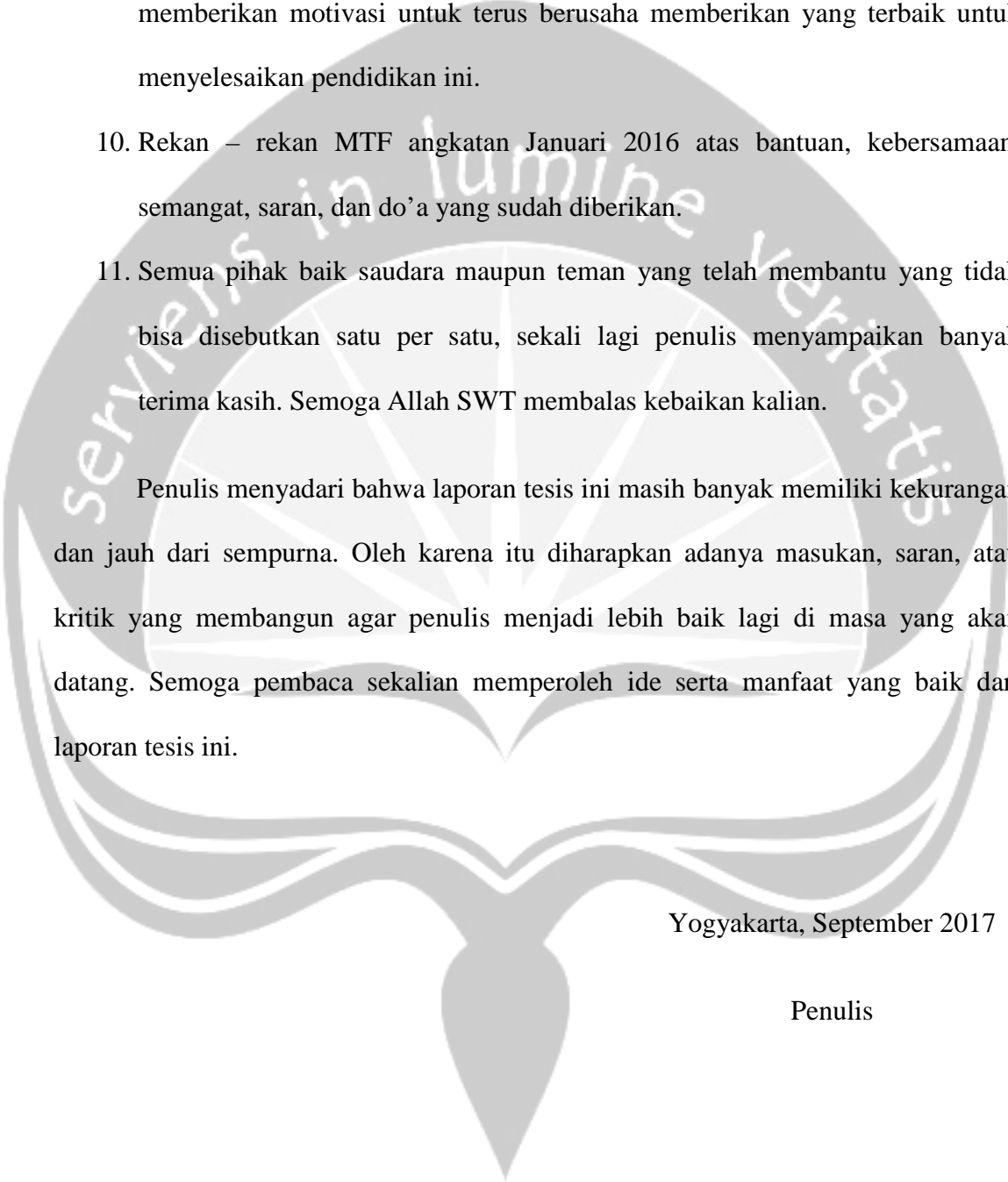
Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, nikmat, serta karunia-Nya karena hanya atas kehendak-Nya, Laporan Tesis dengan judul “Akselerasi Image Inpainting Menggunakan Metode Alternating-Direction Implicit (ADI) dengan Komputasi Paralel Berbasis GPU CUDA” dapat penulis selesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat, dan umatnya hingga akhir zaman.

Laporan Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Dengan penuh rasa syukur karena telah menerima banyak bimbingan, dukungan, bantuan, serta motivasi, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada segenap pihak yang telah berkontribusi dengan penuh ketulusan, keikhlasan, dan kesetiaan hingga laporan tesis ini dapat diselesaikan dengan baik, antara lain :

1. Bapak Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Informatika Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan juga merangkap pembimbing II, yang telah memberikan baik ilmu dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan.
2. Bapak Dr. Pranowo, S.T, M.T. selaku pembimbing I yang telah memberikan waktu, ilmu, bimbingan, motivasi, arahan, dan saran dari awal proses

pendidikan yang penulis tempuh sampai dengan akhir penyusunan laporan tesis ini.

3. Bapak Dr. Ir. Alb. Joko Santosa, M.T. selaku penguji yang telah memberikan ilmu selama masa pendidikan serta ide dan masukan yang bermanfaat bagi tesis ini.
4. Segenap Dosen Program Studi Magister Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan motivasi selama pendidikan, serta Staf Administrasi dan student staff Kantor Administrasi Pasca Sarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah memberikan bantuan dan pelayanan yang baik selama proses pendidikan.
5. Orangtua saya, Musanip dan Sumilah, yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, motivasi, perhatian, saran, dan nasihat yang baik bagi penulis dalam menjalani kehidupan.
6. Istri saya, Intan Kinanthi Clarasinta, yang dengan penuh kasih sayang, kesabaran, dan kesetiaan selalu menemani, memberikan do'a, dan motivasi untuk menyelesaikan pendidikan penulis.
7. Anak saya, Muhammad Ibnu Alfarizqi, yang selalu menghibur dan memberikan motivasi dengan senyumannya.
8. Mertua saya, Sugeng Hermanto dan Uniek Hidayati, yang senantiasa memberikan do'a, dukungan, motivasi, perhatian dan nasihat bagi penulis dalam menjalani kehidupan.

- 
9. Saudari saya, Maryanur Ekanila, Ulfah Imani, dan Uswatun Khasanah, yang memberikan motivasi untuk terus berusaha memberikan yang terbaik untuk menyelesaikan pendidikan ini.
 10. Rekan – rekan MTF angkatan Januari 2016 atas bantuan, kebersamaan, semangat, saran, dan do'a yang sudah diberikan.
 11. Semua pihak baik saudara maupun teman yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu per satu, sekali lagi penulis menyampaikan banyak terima kasih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian.

Penulis menyadari bahwa laporan tesis ini masih banyak memiliki kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu diharapkan adanya masukan, saran, atau kritik yang membangun agar penulis menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang. Semoga pembaca sekalian memperoleh ide serta manfaat yang baik dari laporan tesis ini.

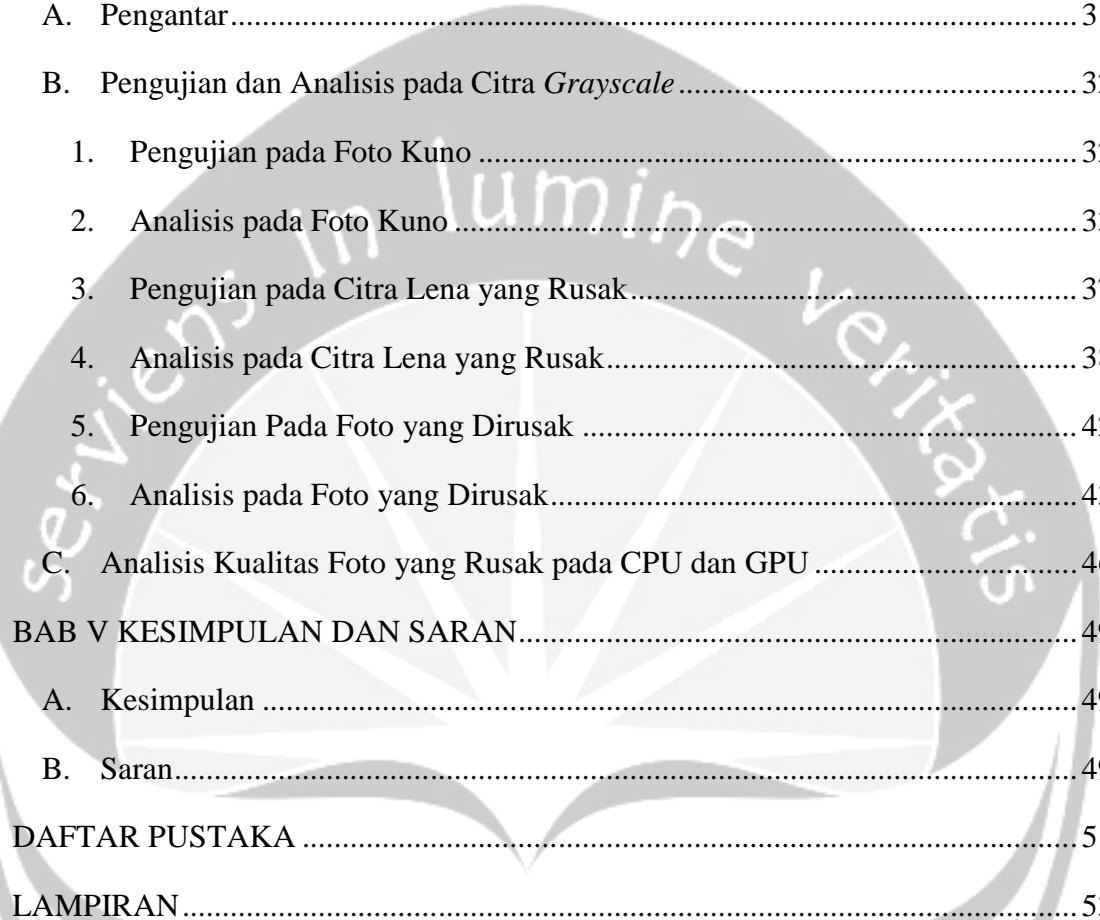
Yogyakarta, September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN TESIS	ii
PENGESAHAN TESIS	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI.....	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR PERSAMAAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
NOTASI DAN SIMBOL	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6

A. Tinjauan Pustaka	6
B. Landasan Teori.....	8
1. Image Inpainting.....	8
2. <i>Partial Differential Equation</i> (PDE)	9
3. Metode <i>Crank-Nicolson</i>	10
4. <i>Alternating-Direction Implicit</i> (ADI)	11
5. <i>Tridiagonal Matrix Algorithm</i> (TDMA)	13
6. Komputasi Paralel pada GPU.....	13
7. Pengukuran Pemrosesan secara Paralel.....	15
8. <i>Mean Squared Error</i> (MSE) dan <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> (PSNR).....	16
9. <i>Structural Similarity Index Measure</i> (SSIM)	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
A. Bahan Penelitian.....	18
1. Citra <i>Grayscale</i>	18
B. Alat Penelitian.....	20
1. <i>Software</i>	20
2. <i>Hardware</i>	21
C. Langkah Penelitian.....	21
1. Studi Pustaka	22
2. Perancangan Algoritma	22
3. Pemrograman.....	28
4. Pengujian	29
5. Analisis.....	29



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A. Pengantar.....	31
B. Pengujian dan Analisis pada Citra <i>Grayscale</i>	32
1. Pengujian pada Foto Kuno	32
2. Analisis pada Foto Kuno	33
3. Pengujian pada Citra Lena yang Rusak.....	37
4. Analisis pada Citra Lena yang Rusak.....	38
5. Pengujian Pada Foto yang Dirusak	42
6. Analisis pada Foto yang Dirusak.....	43
C. Analisis Kualitas Foto yang Rusak pada CPU dan GPU	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
A. Kesimpulan	49
B. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	53

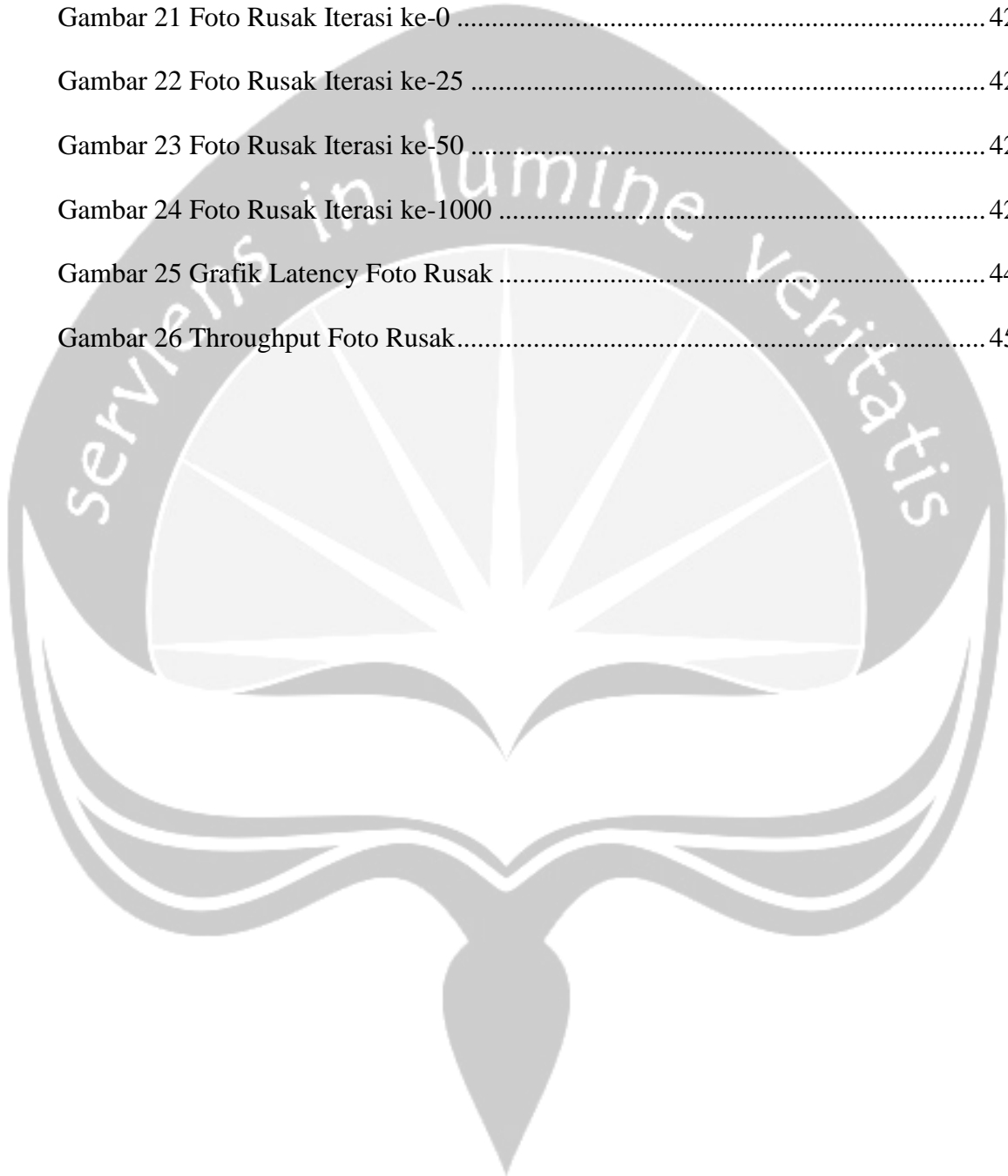
DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesifikasi Desktop PC.....	21
Tabel 2 Latency Foto Kuno.....	34
Tabel 3 Throughput Foto Kuno.....	35
Tabel 4 Latency Citra Lena.....	39
Tabel 5 Throughput Citra Lena.....	40
Tabel 6 Latency Foto Rusak	43
Tabel 7 Throughput Foto Rusak	45
Tabel 8 Analisis Kualitas Foto Rusak pada CPU	46
Tabel 9 Analisis Kualitas Foto Rusak pada GPU	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lukisan dengan Area Yang Rusak (kiri) dan Lukisan Hasil Perbaikan (kanan).....	1
Gambar 2 Restorasi Dari Sebuah Foto Tua.....	2
Gambar 3 Ilustrasi Metode ADI.....	12
Gambar 4 Perbedaan CPU dan GPU (Xu, 2011)	14
Gambar 5 Grid, Block, dan Thread (Tse, 2012)	15
Gambar 6 Citra Foto Kuno.....	18
Gambar 7 Citra <i>Grayscale</i> Lena	19
Gambar 8 Citra <i>Grayscale</i> Foto Mobil dan Jembatan yang Dirusak	19
Gambar 9 Citra Foto Kuno Iterasi ke-0	32
Gambar 10 Citra Foto Kuno Iterasi ke-10	32
Gambar 11 Citra Foto Kuno Iterasi ke-30	32
Gambar 12 Citra Foto Kuno Iterasi ke-50	32
Gambar 13 Grafik Latency Citra Foto Kuno	34
Gambar 14 Throughput Foto Kuno.....	35
Gambar 15 Citra Lena Iterasi ke-0.....	37
Gambar 16 Citra Lena Iterasi ke-25.....	37
Gambar 17 Citra Lena Iterasi ke-50.....	37
Gambar 18 Citra Lena Iterasi ke-100.....	37
Gambar 19 Grafik Latency Citra Lena.....	39

Gambar 20 Throughput Citra Lena.....	41
Gambar 21 Foto Rusak Iterasi ke-0	42
Gambar 22 Foto Rusak Iterasi ke-25	42
Gambar 23 Foto Rusak Iterasi ke-50	42
Gambar 24 Foto Rusak Iterasi ke-1000	42
Gambar 25 Grafik Latency Foto Rusak	44
Gambar 26 Throughput Foto Rusak.....	45




DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 1	9
Persamaan 2	10
Persamaan 3	10
Persamaan 4	10
Persamaan 5	10
Persamaan 6	11
Persamaan 7	11
Persamaan 8	12
Persamaan 9	16
Persamaan 10	16
Persamaan 11	17

DAFTAR LAMPIRAN

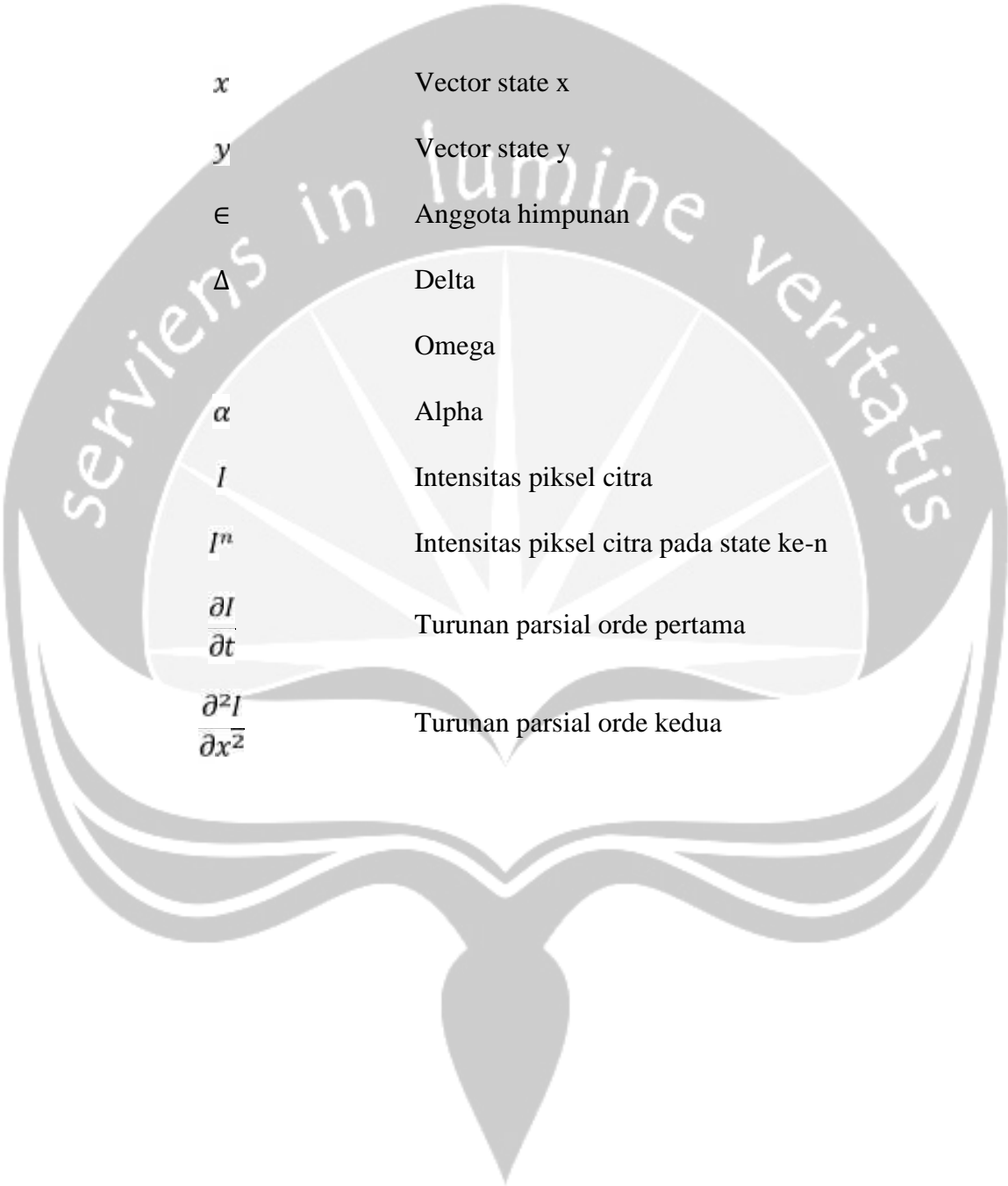
Lampiran 1 Pemrograman <i>Inpainting</i> Berbasis CPU.....	53
Lampiran 2 Pemrograman <i>Inpainting</i> Berbasis GPU	60
Lampiran 3 Kode Lengkap <i>Inpainting</i> Berbasis CPU (cpu_adi.h).....	69
Lampiran 4 Kode Lengkap <i>Inpainting</i> Berbasis GPU (gpu_adi.h)	74
Lampiran 5 Kode Lengkap untuk Utilitas (utility.h)	81
Lampiran 6 Kode Lengkap Entry-Point (kernel.cu)	86

DAFTAR SINGKATAN



CPU	Central Processing Unit
GPU	Graphics Processing Unit
GPGPU	General Purpose Graphics Processing Unit
CUDA	Compute Unified Device Architecture
PDE	Partial Differential Equation
ADI	Alternating-Direction Implicit
TDMA	Tridiagonal Matrix Algorithm
MSE	Mean Square Error
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio
SSIM	Structural Similarity Index Measure

NOTASI DAN SIMBOL



x	Vector state x
y	Vector state y
\in	Anggota himpunan
Δ	Delta
	Omega
α	Alpha
I	Intensitas piksel citra
I^n	Intensitas piksel citra pada state ke- n
$\frac{\partial I}{\partial t}$	Turunan parsial orde pertama
$\frac{\partial^2 I}{\partial x^2}$	Turunan parsial orde kedua