

TESIS

**PEMODELAN DAN SIMULASI *INDOOR WIRELESS*
SYSTEM MENGGUNAKAN METODE *FINITE*
VOLUME DENGAN GPU CUDA**



ALFREDO GORMANTARA
No.Mhs: 185302868/PS/MTF

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2020

TESIS

**PEMODELAN DAN SIMULASI *INDOOR WIRELESS*
SYSTEM MENGGUNAKAN METODE *FINITE*
VOLUME DENGAN GPU CUDA**



ALFREDO GORMANTARA
No.Mhs: 185302868/PS/MTF

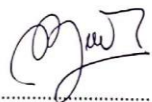
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2020



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : Alfredo Gornantara
Nomor Mahasiswa : 185302868/PS/MTF
Konsentrasi :
Judul Tesis : *Pemodelan dan Simulasi Indoor Wireless System*
menggunakan Metode *Finite Volume* dengan GPU
CUDA.

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda Tangan
Dr. Pranowo, S.T., M.T	22-01-2020	
Sudi Mungkasi, Ph.D	20-01-2020	



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : Alfredo Gornantara
Nomor Mahasiswa : 185302868/PS/MTF
Konsentrasi :
Judul Tesis : *Pemodelan dan Simulasi Indoor Wireless System*
menggunakan Metode *Finite Volume* dengan GPU
CUDA.

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda Tangan
Dr. Pranowo, S.T., M.T (Ketua)	28-01-2020	
Sudi Mungkasi, Ph.D (Sekretaris)	28-01-2020	
Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T (Anggota)	29-1-2020	

Ketua Program Studi



Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang betanda tangan dibawah ini,

Nama : Alfredo Gormantara

Nomor Mahasiswa : 185302868/PS/MTF

Judul Tesis : *Pemodelan dan Simulasi Indoor Wireless System*

menggunakan Metode *Finite Volume* dengan GPU CUDA.

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pemikiran sendiri dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah ada sebelumnya. Karya tulis yang telah ada sebelumnya disajikan sebagai referensi oleh penulis guna melengkapi penelitian ini dan dinyatakan secara tertulis dalam referensi penulisan dan daftar pustaka. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 29 Januari 2020



Alfredo Gormantara

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul “Pemodelan dan Simulasi *Indoor Wireless System* Menggunakan Metode *Finite Volume* Dengan GPU CUDA”. Tesis ini merupakan salah satu syarat guna menyelesaikan studi strata dua pada Program Studi Magister Teknik Informatika di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tesis ini dan berkat bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas segala hikmat, berkat, perlindungan dan kesehatan yang telah diberikan kepada penulis selama menyusun tesis ini.
2. Kedua orang tua, saudara-saudara penulis, serta keluarga besar atas kasih sayang dan semua dukungannya dalam penyelesaian tesis penulis.
3. Bapak Dr. Pranowo, ST., M.T. selaku dosen pembimbing I atas bimbingan, pengarahan, saran, bantuan serta dukungan yang berarti kepada penulis selama penyusunan tesis.
4. Bapak Sudi Mungkasi Ph.D selaku dosen pembimbing II atas bimbingan, pengarahan, saran, bantuan serta dukungan yang berarti kepada penulis selama penyusunan tesis.
5. Terima kasih kepada APTIK yang telah memberikan beasiswa sehingga dapat berkuliah di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
6. Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan mahasiswa MTF angkatan 2018, atas semua bantuan dan waktu yang diluangkan untuk memberikan informasi yang dibutuhkan oleh penulis selama proses pembuatan tesis.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi

penyempurnaan tesis ini. Kiranya tesis ini dapat bermanfaat untuk para akademisi, praktisi maupun penulisan-penulisan selanjutnya.

Makassar, Januari 2020

Penulis



INTISARI

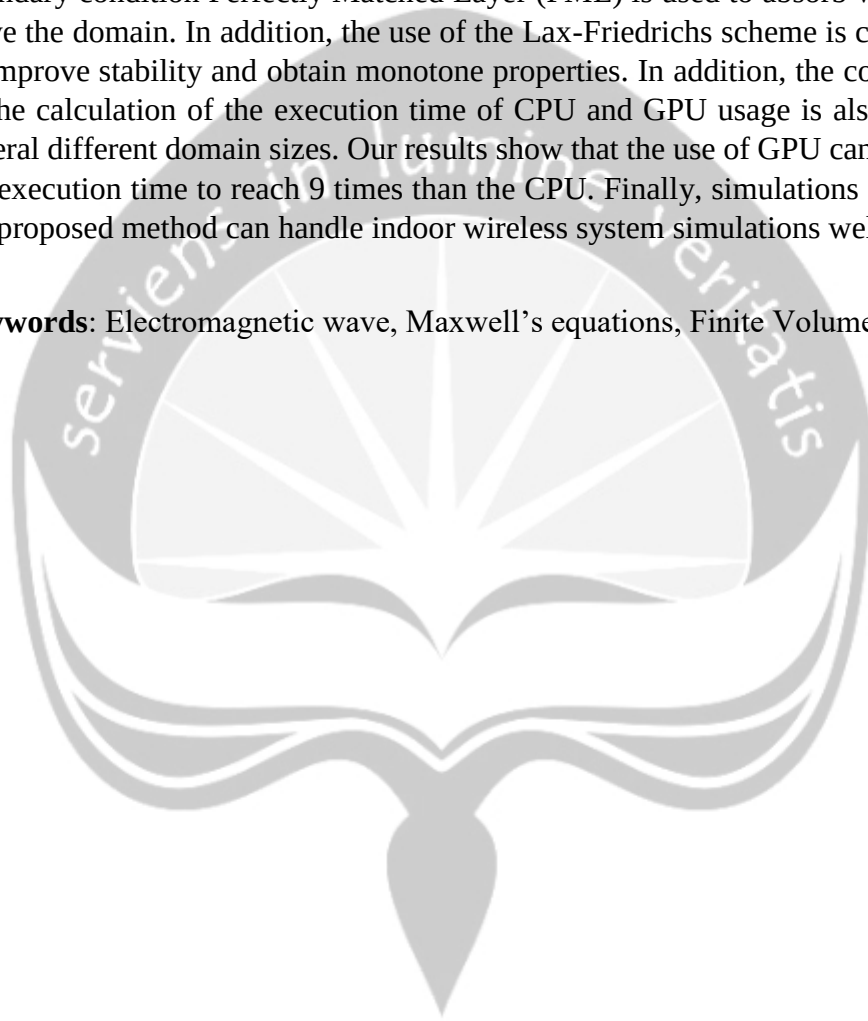
Dalam paper ini mengusulkan simulasi 2 dimensi *indoor wireless system* menggunakan metode finite-volume dengan GPU CUDA untuk menyelesaikan persamaan Maxwell. Domain dibagi menjadi beberapa skenario dan didiskritisasi menjadi elemen terstruktur dan quadlilateral. Persamaan Maxwell diselesaikan menggunakan diskritisasi ruang metode *finite volume*, sedangkan evolusi waktu didiskritisasi dengan menggunakan skema Euler. Kondisi batas *Perfectly Matched Layer* (PML) digunakan untuk menyerap gelombang yang meninggalkan domain. Selain itu penggunaan skema Lax-Friedrichs dilakukan untuk meningkatkan kestabilan dan mendapatkan sifat monotone. Selain itu perbandingan perhitungan waktu eksekusi dari penggunaan CPU dan GPU juga dilakukan dalam beberapa ukuran domain berbeda. Hasilnya penggunaan GPU dapat mempercepat waktu eksekusi hingga mencapai 9 kali daripada CPU. Akhirnya, simulasi menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dapat menangani simulasi *indoor wireless system* dengan baik.

Kata-kata kunci: Gelombang Elektromagnetik, Persamaan Maxwell, *Finite Volume*, GPU

ABSTRACT

In this study, we propose a simulation of 2D indoor wireless systems using a finite volume method with GPU CUDA to solve Maxwell's equation. The domain is divided into several scenarios and discretized into structured and quadrilateral. Maxwell's equation is solved using finite volume space discretization, while time evolution is discretized using the Euler scheme. The boundary condition Perfectly Matched Layer (PML) is used to absorb waves that leave the domain. In addition, the use of the Lax-Friedrichs scheme is carried out to improve stability and obtain monotone properties. In addition, the comparison of the calculation of the execution time of CPU and GPU usage is also done in several different domain sizes. Our results show that the use of GPU can speed up the execution time to reach 9 times than the CPU. Finally, simulations show that the proposed method can handle indoor wireless system simulations well.

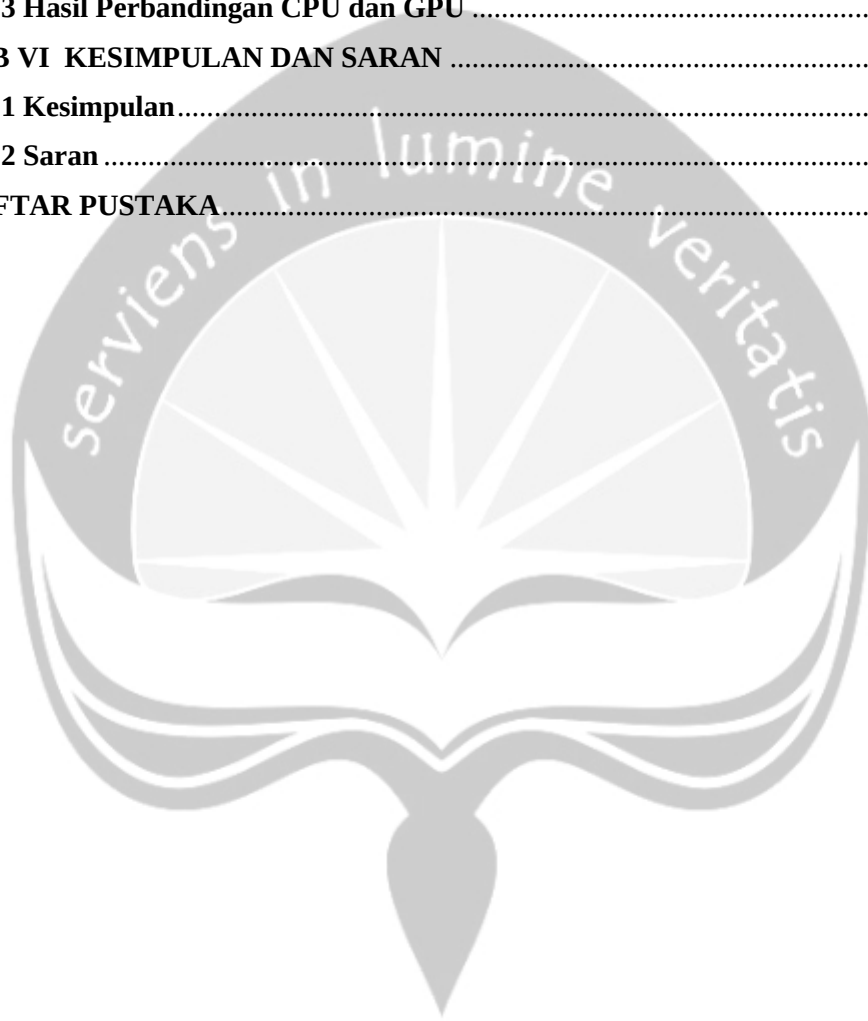
Keywords: Electromagnetic wave, Maxwell's equations, Finite Volume, GPU



DAFTAR ISI

PENGESAHAN TESIS	iii
PENGESAHAN TESIS	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
INTISARI	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR KODE	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Keaslian Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Tujuan Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
BAB III LANDASAN TEORI.....	12
3.1 <i>Indoor Wireless System</i> dan Wi-Fi	12
3.2 Gelombang Elektromagnetik.....	13
3.3 Persamaan Diferensial Parsial	14
3.4 Persamaan Maxwell.....	16
3.4 Metode Finite Volume	17
3.5 Skema Lax-Friedrichs	18
3.6 Metode Euler	18
3.7 Perfect Matched Layer (PML).....	19
3.8 Pemrograman Paralel	20
3.9 GPU CUDA.....	22
BAB IV METODELOGI PENELITIAN	24

4.1 Bahan Penelitian	24
4.2 Alat Penelitian	29
4.3 Langkah-langkah Penelitian	31
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	50
5.1 Hasil Simulasi Skenario 1	50
5.2 Hasil Simulasi Skenario 2	53
5.3 Hasil Perbandingan CPU dan GPU	56
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	60
6.1 Kesimpulan	60
6.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Domain dengan PML.....	20
Gambar 3.2 Ilustrasi Penyelesaian Masalah pada CPU.....	21
Gambar 3.3 Ilustrasi Penyelesaian Masalah pada GPU	21
Gambar 3.4 Threads block dan grid	23
Gambar 4.1 Rancangan Bentuk Domain Skenario 1	25
Gambar 4.2 Rancangan Bentuk Domain Skenario 2.....	28
Gambar 4.3 Logo Visual Studio.....	30
Gambar 4.4 Logo Nvidia CUDA.....	30
Gambar 4.5 Langkah-langkah Penelitian	32
Gambar 4.6 Tahapan Pembuatan Algoritma Simulasi	33
Gambar 4.7 Rincian Alur SIMulasi	34
Gambar 4.8 Langkah Pre-Processing	35
Gambar 5.1 Hz pada $\text{att}=5 \times 10^{-9} \text{ s}$	51
Gambar 5.2 Hz pada $\text{att}=1.25 \times 10^{-8} \text{ s}$	51
Gambar 5.3 Hz pada $\text{att}=4.25 \times 10^{-8}$	52
Gambar 5.4 Hz pada $\text{att}=3.25 \times 10^{-8}\text{s}$	52
Gambar 5.5 Hz pada $\text{att}=5 \times 10^{-9}\text{s}$	54
Gambar 5.6 Hz pada $\text{att}=7.45 \times 10^{-9} \text{ s}$	54
Gambar 5.7 Hz pada $\text{att}=9.95 \times 10^{-8}\text{s}$	55
Gambar 5.8 Hz pada $\text{att}=1.5 \times 10^{-8}\text{s}$	55
Gambar 5.9 Grafik Statistik Percepatan	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Perbandingan Penelitian.....	10
Tabel 4.1 Relative Permittivity dari Medium.....	29
Tabel 5.1 Perbandingan Waktu Komputasi CPU dan GPU pada Skenario 1.....	56
Tabel 5.2 Tabel Percepatan pada Skenario 1	57
Tabel 5.3 Perbandingan Waktu Komputasi CPU dan GPU pada Skenario 2.....	57
Tabel 5.4 Tabel Percepatan pada Skenario 2	58



DAFTAR KODE

Kode 4.1 Kode Inisialisasi Awal Vairabel	41
Kode 4.2 Kode Pembentukan Domain Spasial pada Variabel x dan y	42
Kode 4.3 Kode Alokasi Memori pada GPU	43
Kode 4.4 Kode Alokasi Memori pada GPU	44
Kode 4.5 Kode Perulangan Simulasi	45
Kode 4.6 Kode pada Kernel 1	47
Kode 4.7 Kode pada Kernel 2	47
Kode 4.8 Kode pada Kernel 3	48
Kode 4.9 Kode untuk Membersihkan Alokasi Memori pada GPU	49

