

**PERBANDINGAN KINERJA JARINGAN SYARAF TIRUAN
BACKPROPAGATION DENGAN PEMROSESAN PARALEL GPGPU
CUDA DAN PEMROSESAN SEKUENSIAL**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada Jurusan Ilmu Komputer / Informatika**

Disusun Oleh :

OZALIF ROUTING B.S.

24010310120042

**JURUSAN ILMU KOMPUTER / INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2015

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ozalif Routing B.S.

NIM : 24010310120042

Judul : Perbandingan Kinerja Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dengan Pemrosesan Paralel GPGU CUDA dan Pemrosesan Sekuensial

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir / skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Semarang, 5 Oktober 2015



Ozalif Routing B.S.
24010310120042

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Perbandingan Kinerja Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dengan Pemrosesan Paralel GPGPU CUDA dan Pemrosesan Sekuensial

Nama : Ozalif Routing Bawono S.

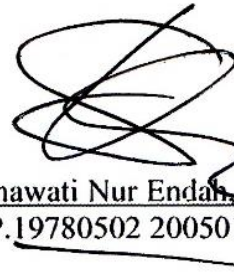
NIM : 24010310120042

Telah diujikan pada Sidang Tugas Akhir pada tanggal 15 September 2015 dan dinyatakan lulus pada tanggal 29 September 2015.

Semarang, 5 Oktober 2015

Panitia Penguji Tugas Akhir

Ketua,



Sukmawati Nur Endah, M.Kom
NIP.19780502 200501 2 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Ilmu Komputer/Informatika

ESM UNDIP



Ragil Saputra, S.Si, M.Cs

NIP.19801021 200501 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Perbandingan Kinerja Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dengan Pemrosesan Paralel GPGPU CUDA dan Pemrosesan Sekuensial

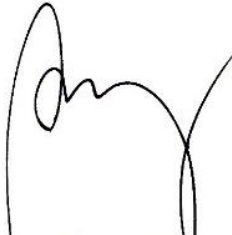
Nama : Ozalif Routing Bawono S.

NIM : 24010310120042

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 15 September 2015.


Semarang, 5 Oktober 2015

Pembimbing Utama



Panji Wisnu W., S.T, M.T
NIP. 19810421 200812 1 002

Pembimbing Anggota



Drs Suhartono, M.Kom
NIP. 19550407 198303 1 003

ABSTRAK

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan salah satu contoh kecerdasan buatan yang terdiri dari beberapa layer yang dibentuk oleh node neuron, dan saling terhubung satu sama lain melalui jaringan. Metode JST diketahui sebagai salah satu metode terbaik dalam menyelesaikan beberapa kasus meskipun masih diperlukan waktu komputasi yang lama dalam kasus yang sangat kompleks. Pemrosesan Paralel dengan memanfaatkan kekuatan GPU Geforce diharapkan proses pelatihan dan pengujian JST untuk suatu kasus berjalan dengan waktu komputasi lebih cepat. Untuk mencapai tujuan, bahasa pemrograman C++ dan SDK CUDA sebagai tool pemrograman paralel. JST yang digunakan adalah metode JST backpropagation, dengan penerapan komputasi sekuensial dan paralel. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa ternyata waktu komputasi paralel yang dibutuhkan 4 kali waktu komputasi sekuensial. Oleh karena itu, aplikasi JST untuk prediksi jumlah penderita penyakit masih cukup ditangani dengan pemrosesan sekuensial saja. Kelambatan pemrosesan paralel kemungkinan dapat disebabkan oleh *latency*, *throughput*, *memory clock*, *cache*, *clock* prosesor, *bandwith* atau algoritma paralel yang digunakan. Dengan adanya permasalahan *crash* yang dialami aplikasi JST setelah melakukan pengaturan nilai neuron hidden yang lebih besar, pemrosesan paralel masih bisa menjadi alternatif untuk menyelesaikan beberapa kasus. Pemahaman mengenai JST backpropagation dan arsitekur GPU sangat diperlukan agar dapat mengembangkan aplikasi JST CUDA dengan baik.

Kata kunci : Jaringan syaraf tiruan, pemrosesan paralel, komputasi paralel, GPGPU, CUDA, backpropagation.

ABSTRACT

Artificial Neural Network (ANN) is one of the artificial intelligence example, which consist of layers formed of nodes and interconnected layers. The method is known as one of the best methods in solving several types of problem, despite the long computational time that occur on several complex cases. Doing a parallel processing by harnessing the power of Geforce GPU is expected for the ANN training and evaluation process for a certain case able to gain computational time speed up. To fulfill the purpose, C++ programming language and CUDA SDK as the tools of parallel programming. The ANN backpropagation is chose as the method, with the implementation of sequential and parallel programming. Based on the research, it appears that parallel computational time is 4 times the sequential computational time. Therefore, ANN CUDA application for disease prediction is enough to be handled only with sequential processing. The slowness of parallel processing possibly caused by the factor of latency, throughput, memory clock, cache, processor clock, bandwidth or the parallel algorithm which is used. The ANN CUDA application did experience a crash problem after the larger hidden neuron number was set, and parallel processing can be an alternative for tackling this problem. Having a strong knowledge of ANN backpropagation and GPU architecture is very important in order to develop the ANN CUDA application properly.

Keywords: Artificial Neural Network, parallel processing, parallel computing, GPGPU, CUDA, backpropagation.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah Inzati Robbi yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **PERBANDINGAN KINERJA JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION DENGAN PEMROSESAN PARALEL GPGPU CUDA DAN PEMROSESAN SEKUENSIAL.**

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu dan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini ijin penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Widowati, S.Si, MSi selaku Dekan Fakultas Sains dan Matematika UNDIP
2. Bapak Ragil Saputra, S.Si, M.Cs selaku ketua Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika.
3. Bapak Nurdin Bahtiar, S.Si, M.T selaku dosen wali yang selalu memberi pengarahan selama penulis menempuh studi FSM.
4. Bapak Indra Waspada, ST.MTI selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Bapak Panji Wisnu W., S.T, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi pengarahan dan bimbingan mulai penyusunan proposal sampai terselesainya penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Drs Suhartono, M.Kom. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi pengarahan dan bimbingan mulai penyusunan proposal sampai terselesainya penulisan tugas akhir ini.
7. Orang tua dan keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan dan doa.
8. Teman penulis, Raditya Lucky yang telah mengizinkan penulis untuk meneruskan penelitiannya dan memberi masukan selama penelitian.
9. Sahabat dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian sampai penyusunan tugas akhir ini.

Penulis telah berusaha menyusun tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya namun demikian penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan serta masih jauh dari

sempurna. Untuk itu penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya, kritik dan saran yang membangun sangat penulis nantikan. Besar harapan penulis semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa Informatika khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Semarang, 5 Oktober 2015

Penulis,
Ozalif Routing B.S.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN I.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN II	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
2.1. Latar Belakang	1
2.2. Rumusan Masalah.....	3
2.3. Tujuan dan Manfaat	3
2.4. Ruang Lingkup	3
2.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Kecerdasan Buatan	6
2.2. Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	7
2.3. JST Backpropagation	8
2.3.1. Arsitektur Backpropagation.....	8
2.3.2. Fungsi Aktivasi.....	9
2.3.3. Normalisasi.....	9
2.3.4. Pelatihan Standar Backpropagation.....	10
2.3.5. Algoritma Pelatihan Backpropagation	11

2.3.6.	Contoh Penyelesaian Kasus Backpropagation	13
2.4.	CPU (Central Processing Unit).....	19
2.5.	GPU	19
2.6.	GPGPU	20
2.7.	Thread	20
2.8.	Block / Thread Block.....	21
2.9.	Komputasi Paralel.....	21
2.10.	Pemrosesan Paralel	23
2.11.	CUDA	24
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN		27
3.1.	Analisis	27
3.1.1.	Deskripsi Umum Perangkat Lunak	27
3.1.2.	Kebutuhan Fungsional.....	27
3.1.3.	Penentuan Fungsi Kernel.....	29
3.1.4.	Kebutuhan Thread Prosesor GPU.....	31
3.2.	Perancangan	33
3.2.1.	Perancangan Jaringan Backpropagation.....	33
3.2.2.	Pengolahan Data.....	35
3.2.3.	Algoritma dan Flowchart JST Backpropagation Sekuensial.....	37
3.2.4.	Algoritma dan Flowchart JST Backpropagation Paralel	59
3.2.5.	Perancangan Antarmuka.....	77
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN		86
4.1.	Implementasi Aplikasi	86
4.1.1.	Implementasi Perangkat Keras	86
4.1.2.	Implementasi Perangkat Lunak	86
4.2.	Implementasi Algoritma JST Backpropagation.....	87
4.2.1.	Implementasi Algoritma Sekuesial / Konvensional	87

4.2.2.	Implementasi Algoritma Paralel	95
4.3.	Implementasi Antarmuka.....	111
4.3.1.	Antarmuka Menu Awal	111
4.3.2.	Antarmuka Hitung Prediksi (Sekuensial)	111
4.3.3.	Antarmuka Hitung Prediksi (Paralel)	113
4.3.4.	Antarmuka Tampil Hasil Prediksi	114
4.3.5.	Antarmuka Waktu Prediksi	114
4.3.6.	Antarmuka Hitung Pelatihan (Sekuensial)	115
4.3.7.	Antarmuka Hitung Pelatihan (Paralel)	117
4.3.8.	Antarmuka Tampil Hasil Pelatihan	120
4.3.9.	Antarmuka Waktu Pelatihan.....	121
4.4.	Pengujian	122
4.4.1.	Skenario Pengujian	122
4.4.2.	Hasil Pengujian.....	123
4.5.	Analisa Hasil Pengujian.....	129
4.5.1.	Analisa Hasil Pengujian (Pelatihan).....	129
4.5.2.	Analisa Hasil Pengujian (Prediksi).....	133
BAB V PENUTUP		135
5.1.	Kesimpulan	135
5.2.	Saran	136
DAFTAR PUSTAKA.....		137
LAMPIRAN-LAMPIRAN		139
Lampiran 1.	Tabel Data Penderita Penyakit	140

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	8
Gambar 2.2. Arsitektur JST Backpropagation	9
Gambar 2.3. Arsitektur JST untuk backpropagation: Operasi XOR (Siang, 2005)	14
Gambar 2.4. Arsitektur dari GPU GeForce	20
Gambar 2.5. Sebuah thread.....	21
Gambar 2.6. Sebuah thread block.....	21
Gambar 2.7. Proses eksekusi task dengan komputasi paralel.....	22
Gambar 3.1. Thread dan block untuk Fungsi menghitung penjumlahan sinyal-sinyal input terbobot (z_{inj})	32
Gambar 3.2. Rancangan Arsitektur JST Backpropagation.....	34
Gambar 3.3. Flowchart Pelatihan (bagian 1).....	39
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> Pelatihan (bagian 2)	40
Gambar 3.5. Flowchart Prediksi	41
Gambar 3.6. Flowchart Feedforward.....	42
Gambar 3.7. Flowchart ForwardInputHidden	44
Gambar 3.8. Flowchart ForwardHidden.....	45
Gambar 3.9. Flowchart ForwardHiddenOutput.....	46
Gambar 3.10. Flowchart ForwardOutput	47
Gambar 3.11. Flowchart Backpropagation.....	49
Gambar 3.12. Flowchart BackOutputError	50
Gambar 3.13. Flowchart BackGradientWeightHidden	51
Gambar 3.14. Flowchart BackDeltaInput.....	53
Gambar 3.15. <i>Flowchart</i> BackHiddenError	54
Gambar 3.16. Flowchart BackGradientWeightInput.....	55
Gambar 3.17. Flowchart BackAdjustWeightOutput	56
Gambar 3.18. Flowchart BackAdjustWeightHidden.....	58
Gambar 3.19. <i>Flowchart</i> EvaluationError	59
Gambar 3.20. Flowchart Pelatihan paralel (Bagian 1)	60
Gambar 3.21. Flowchart Pelatihan paralel (Bagian 2)	61

Gambar 3.22. Flowchart Pengujian (paralel)	64
Gambar 3.23. Flowchart ForwardInputHidden Bagian 1 (paralel)	66
Gambar 3.24. Flowchart ForwardInputHidden Bagian 2 (paralel)	67
Gambar 3.25. Flowchart ForwardHidden (paralel)	67
Gambar 3.26. Flowchart ForwardHiddenOutput Bagian 1 (paralel).....	68
Gambar 3.27. Flowchart ForwardHiddenOutput Bagian 2 (paralel).....	69
Gambar 3.28. Flowchart ForwardOutput (paralel).....	70
Gambar 3.29. Flowchart BackOutputError (paralel).....	71
Gambar 3.30. Flowchart BackGradientWeightHid (paralel)	72
Gambar 3.31. Flowchart BackDeltaInput (paralel)	73
Gambar 3.32. Flowchart BackHiddenError (paralel)	74
Gambar 3.33. Flowchart BackGradientWeightInput (paralel)	75
Gambar 3.34. Flowchart BackAdjustWeightOutput (paralel).....	76
Gambar 3.35. Flowchart BackAdjustWeightHidden (paralel)	76
Gambar 3.36. Rancangan Antarmuka Menu Awal.....	78
Gambar 3.37. Rancangan Antarmuka Hitung Prediksi (Sekuensial)	79
Gambar 3.38. Rancangan Antarmuka Hitung Prediksi (Paralel).....	80
Gambar 3.39. Rancangan Antarmuka Tampil Hasil Prediksi	81
Gambar 3.40. Rancangan Antarmuka Tampil Waktu Prediksi	81
Gambar 3.41. Rancangan Antarmuka Hitung Pelatihan (Sekuensial).....	82
Gambar 3.42. Rancangan Antarmuka Hitung Pelatihan (Paralel).....	84
Gambar 3.43. Rancangan Antarmuka Tampil Waktu Pelatihan	84
Gambar 3.44. Rancangan Antarmuka Tampil Hasil Pelatihan.....	85
Gambar 4.1. Implementasi Antarmuka Menu Awal	111
Gambar 4.2. Implementasi Antarmuka Hitung (Sekuensial) bagian 1	112
Gambar 4.3. Implementasi Antarmuka Hitung (Sekuensial) bagian 2.....	112
Gambar 4.4. Implementasi Antarmuka Hitung (Paralel) bagian 1	113
Gambar 4.5. Implementasi Antarmuka Hitung (Paralel) bagian 2	113
Gambar 4.6. Implementasi Antarmuka Tampil Hasil Prediksi	114
Gambar 4.7. Implementasi Antarmuka Waktu Prediksi.....	115
Gambar 4.8. Implementasi Antarmuka Hitung Pelatihan (Sekuensial) Bagian 1	116
Gambar 4.9. Implementasi Antarmuka Hitung Pelatihan (Sekuensial) Bagian 2	116
Gambar 4.10. Implementasi Antarmuka Hitung Pelatihan (Sekuensial) Bagian 3	117

Gambar 4.11. Implementasi Antarmuka Hitung Pelatihan (Sekuensial) Bagian 4	117
Gambar 4.12. Implementasi Antarmuka Hitung Pelatihan (Paralel) Bagian 1	118
Gambar 4.13. Implementasi Antarmuka Hitung Pelatihan (Paralel) Bagian 2	118
Gambar 4.14. Implementasi Antarmuka Hitung Pelatihan (Paralel) Bagian 3	119
Gambar 4.15. Implementasi Antarmuka Hitung Pelatihan (Paralel) Bagian 4	119
Gambar 4.16. Implementasi Antarmuka Tampil Hasil Pelatihan Bagian 1	120
Gambar 4.17. Implementasi Antarmuka Tampil Hasil Pelatihan Bagian 2	120
Gambar 4.18. Implementasi Antarmuka Tampil Hasil Pelatihan Bagian 3	121
Gambar 4.19. Implementasi Antarmuka Waktu Pelatihan	122
Gambar 4.20. Grafik Perbandingan Waktu Komputasi Sekuensial dan Paralel Proses Pelatihan dengan laju pembelajaran 0.3	130
Gambar 4.21. Grafik Perbandingan Waktu Komputasi Sekuensial dan Paralel Proses Pelatihan dengan laju pembelajaran 0.4	130
Gambar 4.22. Grafik Perbandingan Waktu Komputasi Sekuensial dan Paralel Proses Pelatihan dengan laju pembelajaran 0.4 (tanpa neuron hidden 42 dan 48)..	131
Gambar 4.23. Grafik Perbandingan Waktu Komputasi Sekuensial dan Paralel Proses Pelatihan dengan laju pembelajaran 0.5	131
Gambar 4.24. Grafik Perbandingan Waktu Komputasi Sekuensial dan Paralel Proses Prediksi dengan laju pembelajaran 0.3	133
Gambar 4.25. Grafik Perbandingan Waktu Komputasi Sekuensial dan Paralel Proses Prediksi dengan laju pembelajaran 0.4	133
Gambar 4.26. Grafik Perbandingan Waktu Komputasi Sekuensial dan Paralel Proses Prediksi dengan laju pembelajaran 0.5	134

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Tabel Kebutuhan fungsional	28
Tabel 3.2. Contoh data penderita penyakit malaria	35
Tabel 3.3. Contoh data penderita penyakit malaria yang sudah dinormalisasi	36
Tabel 3.4. Contoh data pelatihan (bagian 1).....	36
Tabel 3.5. Tabel Penomoran ID Antarmuka.....	78
Tabel 4.1. Hasil Pelatihan JST data Malaria dengan $\alpha = 0.3$	124
Tabel 4.2. Hasil Pelatihan JST data Malaria dengan $\alpha = 0.4$	124
Tabel 4.3. Hasil Pelatihan JST data Malaria dengan $\alpha = 0.5$	125
Tabel 4.4. Hasil Prediksi Data Malaria Berdasarkan Pasca-pelatihan dengan $\alpha = 0.3$	127
Tabel 4.5. Hasil Prediksi Data Malaria Berdasarkan Pasca-pelatihan dengan $\alpha = 0.4$	127
Tabel 4.6. Hasil Prediksi Data Malaria Berdasarkan Pasca-pelatihan dengan $\alpha = 0.5$	128
Tabel L.1. Data Jumlah Penderita Penyakit Malaria Tahun 2008-2011	140

BAB I

PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup dan sistematika penulisan berkaitan dengan perbandingan kinerja jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dengan pemrosesan paralel GPGPU CUDA dan pemrosesan sekuensial.

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan komputer untuk membantu pekerjaan manusia terus meningkat dan menjadi alat wajib bagi hampir setiap manusia. Mulai dari kebutuhan pengolahan kata dan hiburan hingga kebutuhan riset dan industri. Kecanggihan suatu komputer yang membantu pekerjaan manusia akibat dari perkembangan teknologi perangkat lunak sangat cepat. Agar komputer bisa bertindak hampir sama layaknya manusia, komputer perlu bekal berupa *software* yang menerapkan kecerdasan buatan. Kecerdasan buatan adalah salah satu bagian ilmu komputer yang membuat mesin (komputer) agar dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik manusia (M. Dessy, 2013). Salah satu kecerdasan buatan yaitu *Artificial Neural Network*, atau dikenal dengan nama jaringan syaraf tiruan.

Jaringan syaraf merupakan representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk menstimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan di sini digunakan karena jaringan syaraf diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Kusumadewi, 2003). Terdapat banyak metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang ada saat ini, salah satu metode JST yang sering digunakan adalah *backpropagation*. Pada banyak kasus yang ada, telah terbukti bahwa JST *backpropagation* merupakan salah satu metode pembelajaran yang sangat efektif, dibangun dari neuron-neuron saling terhubung yang rumit, di mana tiap satuan mengambil nilai ril suatu masukan dan menghasilkan satu nilai keluaran. Akan tetapi JST *backpropagation* memiliki kelemahan yaitu waktu yang diperlukan untuk fase pelatihan biasanya cukup lama pada kasus yang kompleks (Balarini, et al., 2012). Dengan bertambahnya jumlah lapisan tersembunyi dan neuron, waktu yang diperlukan untuk proses pembelajaran dari JST dan

mengevaluasi suatu contoh baru bertambah banyak. Di sisi lain, rata-rata keakuratan pengujian suatu contoh meningkat juga. Semakin banyak contoh pelatihan yang diberikan, akan menjadi semakin efektif tetapi membutuhkan waktu diperlukan yang lebih lama.

Setiap neuron yang terdapat di tiap lapisan dapat melakukan perhitungan secara mandiri. Tidak ada ketergantungan dengan neuron lain dalam satu lapisan yang sama. Berarti bahwa ada peran komputasi paralel di tiap lapisan suatu JST *backpropagation*, seperti operasi penjumlahan sinyal-sinyal input dan fungsi aktivasi sigmoid (Balarini, et al., 2012). Komputasi paralel adalah teknik mengeksekusi dua *task* atau lebih secara simultan atau dalam waktu yang sama. Dengan adanya API (*Application Programmable Interface*), tiap perhitungan JST *backpropagation* yang mandiri dapat berkomunikasi dengan *multicore processors* atau multikomputer. Tiap data yang akan dihitung akan memasuki ke dalam beberapa *core* atau *processors*. Bekerja menjadi sebuah *thread* yang bekerja secara paralel, dengan jumlah puluhan, ratusan atau bahkan ribuan, tergantung pada jumlah neuron yang ada. Oleh karena itu, proses perhitungan JST menjadi lebih cepat daripada dilakukan secara sekuensial/serial (Balarini, et al., 2012).

Pada masa lalu, langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah seperti yang dialami oleh JST *backpropagation* adalah dengan meningkatkan *clock rate* atau menambah core pada arsitektur PC x86 (Prasetyo, 2013). Saat komputasi lebih mementingkan sistem yang efisien dari sebuah pemrosesan paralel, langkah-langkah di atas tidak banyak membantu. Dengan alasan prosesor x86 dahulu masih didesain untuk kinerja multifungsi pada proses data serial. Beberapa perhitungan skalar dan struktur data serial kurang tertangani dengan baik, ketika terjadi data secara paralel dalam jumlah yang besar dengan algoritma yang sama. Apabila dilihat kembali, perlunya perangkat keras memadai, mendukung komputasi paralel. Ada beberapa jenis komputasi paralel, salah satunya komputasi paralel dengan GPU. GPU (*Graphic Processing Unit*) adalah komponen elektronika yang sejatinya merupakan prosesor yang didesain untuk kegunaan merender grafika komputer. GPU terus berkembang pesat dan berevolusi menjadi *platform* komputasi secara umum layaknya sebuah CPU (*Central Processing Unit*), dikenal dengan istilah GPGPU (*General Purpose computation on Graphics Processing Unit*). Pengimplementasian

program dengan GPU memungkinkan mendapat pengurangan waktu eksekusi program secara signifikan apabila dibandingkan dengan implementasi sekuensial yang terdapat pada CPU (Owens, et al., 2008).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, dapat dirumuskan permasalahannya yaitu bagaimana menyelesaikan Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* dengan menggunakan komputasi paralel dan komputasi sekuensial, agar dapat membandingkan waktu komputasi yang didapatkan dari hasil eksekusi JST yang diproses secara paralel dan sekuensial.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan penulisan Tugas Akhir (TA) mengenai Jaringan syaraf tiruan - paralel CUDA ini adalah :

1. Menerapkan Konsep pemrosesan paralel pada program Jaringan syaraf tiruan.
2. Membandingkan kinerja program Jaringan Syaraf Tiruan yang dieksekusi secara paralel dengan yang dieksekusi secara sekuensial.

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat mempersingkat waktu komputasi untuk menjalankan proses JST *backpropagation* dengan pemrosesan paralel bila dibandingkan dengan pemrosesan sekuensial.
2. Mengetahui peningkatan performansi komputasi atau perubahan waktu komputasi JST *backpropagation* dengan pemrosesan paralel.

1.4. Ruang Lingkup

Dalam Tugas Akhir ini, perlu pembatasan-pembatasan yang akan dikerjakan supaya tidak melebihi target yang akan diteliti. Yang pertama, menggunakan salah satu metode kecerdasan buatan yaitu JST Backpropagation.

Pada penelitian tugas akhir ini, menggunakan contoh kasus dari hasil penelitian Sdr. Raditya Lucky, mahasiswa Informatika Universitas Diponegoro tahun 2010 tentang Prediksi Jumlah Penderita Penyakit Bersumber Binatang di Kota Semarang. Metode Backpropagation tersebut akan diterapkan dalam bahasa pemrograman yang

dilengkapi dengan pemrograman paralel. Dengan pemrograman Pararel diharapkan JST *backpropagation* dapat diproses secara paralel.

Penerapan JST berupa *software* yang dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan bantuan IDE (*Integrated Development Environment*) Visual Studio 2013. Untuk bagian *hardware*, menggunakan komponen GPU GeForce seri 700. Selain itu, agar dapat berkomunikasi dengan komponen GPU sebagai *general purpose computing*, API (*Application Programmable Interface*) yang digunakan yaitu API dari paket SDK (*Software Development Kit*) CUDA 6.5 dari NVIDIA. Jenis model pemrograman paralel yang akan digunakan adalah satu intruksi dengan data banyak, atau yang disebut dengan SIMD (*Single Instruction Multiple Data*).

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan suatu gambaran yang urut dan jelas mengenai pembahasan penyusunan Perbandingan Kinerja JST Backpropagation dengan Pemrosesan Paralel GPGPU CUDA dan pemrosesan Sekuensail berikut ini disesuaikan dengan sistematika pembahasan, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak dan pembuatan dalam laporan ini.

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi tentang analisis masalah dan rancangan penyelesaiannya.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi tentang implementasi dan antarmuka yang telah dirancangnya serta pengujiannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan kesimpulan dari bab-bab yang dibahas sebelumnya dan saran bagi pembaca sebagai bahan masukan.