

**DESAIN DAN UJI KINERJA
HIGH PERFORMANCE COMPUTING
BERBASIS *CLUSTER* UNTUK SIMULASI MODEL
DINAMIS IKLIM REGIONAL**



**PROGRAM STUDI : MAGISTER ILMU KOMPUTER (MKOM)
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

**JAKARTA
2015**

**DESAIN DAN UJI KINERJA
HIGH PERFORMANCE COMPUTING BERBASIS *CLUSTER*
UNTUK SIMULASI MODEL DINAMIS IKLIM REGIONAL**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu persyaratan
untuk mendapatkan gelar Magister Ilmu Komputer (MKOM)



Oleh:
JOSE RIZAL
1111600308

**PROGRAM STUDI: MAGISTER ILMU KOMPUTER (MKOM)
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BUDI LUHUR**

**JAKARTA
2015**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Jose Rizal
NIM : 1111600308
Program Studi : Magister Ilmu Komputer
Fakultas : Ilmu Komputer

menyatakan bahwa TESIS yang berjudul:

DESAIN DAN UJI KINERJA HIGH PERFORMANCE COMPUTING
BERBASIS *CLUSTER* UNTUK SIMULASI MODEL DINAMIS
IKLIM REGIONAL

1. merupakan hasil karya tulis ilmiah sendiri dan bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik oleh pihak lain,
2. saya ijin untuk dikelola oleh Universitas Budi Luhur sesuai dengan norma hukum dan etika yang berlaku.

Pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab dan saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai aturan apabila di kemudian pernyataan ini tidak benar.

Jakarta, 28 Februari 2015



Jose Rizal

LEMBAR PENGESAHAN

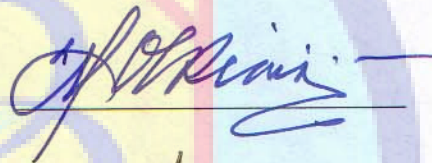
Nama : Jose Rizal
Nomor Induk Mahasiswa : 1111600308
Bidang Peminatan : Rekayasa Komputasi Terapan
Jenjang Studi : Strata 2
Judul : DESAIN DAN UJI KINERJA HIGH PERFORMANCE
COMPUTING BERBASIS *CLUSTER* UNTUK
SIMULASI MODEL DINAMIS IKLIM REGIONAL

Jakarta, 28 Februari 2015

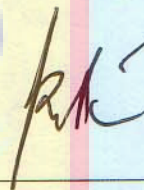
Tim Penguji:

Tanda tangan:

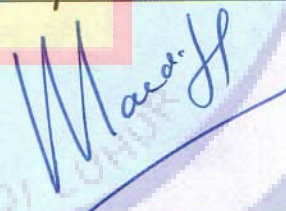
Ketua,
Prof. Dr. Moedjiono, M.Sc



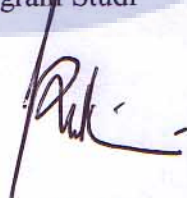
Anggota / Pembimbing utama
Dr. Ir. Nazori AZ., MT



Pembimbing pendamping,
Mardi Hardjianto, M.kom



Ketua Program Studi



Dr. Ir. Nazori AZ., MT.

ABSTRAK

Kebutuhan terhadap komputer berkinerja tinggi kini semakin tidak bisa ditawar lagi, perhitungan-perhitungan kompleks dan masif diperlukan untuk simulasi, proyeksi dan prakiraan model dinamis iklim regional khususnya RegCM (Regional Climate Modeling) versi 4.3.5. Dengan semakin majunya teknologi yang terdapat pada personal computer, terdapat sebuah solusi alternatif untuk komputer berkinerja tinggi dengan harga terjangkau, yaitu dengan cara menggabungkan beberapa personal computer untuk mendapatkan peningkatan performa dalam komputasi. Cara ini sering disebut dengan PC Cluster. Beberapa keuntungan PC Cluster diantaranya adalah commodity off-the-shelf hardware, dan digunakannya Sistem Operasi open source seperti Linux, tool Open MPI (Message Passing Interface) serta beberapa kompilar seperti GNU, Intel dan PGI. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja High Performance Computing yang berbasis Cluster dengan melakukan serangkaian uji coba atau eksperimen pada beberapa kompilar diantaranya: GNU, Intel dan PGI untuk mendapatkan waktu yang maksimum (cepat) pada komputasi aplikasi Regional Climate Modeling versi 4.3.5. Hasil uji cobadari beberapa kompilar dan jumlah prosesor yang berbeda menunjukkan bahwa kompilar *INTEL* dapat meningkatkan speedup dan komputasi pada model iklim dinamis regional.

Kata Kunci : *PC Cluster, Regional Climate Modeling, Open MPI, Speedup, Interkoneksi Dinamis, Kompilar, High Performance Computing.*

ABSTRACT

The need for high performance computer is increasingly not negotiable, and the complex calculations and massive required to simulate, projections and forecasts in particular regional dynamic climate models RegCM (Regional Climate Modeling) version-4.3.5. More advanced of the technology found on personal computers, there is an alternative solution for high-performance computer with affordable. That is rates by combining multiple personal computers to obtain improved performance in computation. The way is often referred to as PC Cluster. Several advantages such as commodity off-the-shelf hardware, and the use of open source operating system such as Linux, the tool Open MPI (Message Passing Interface) as well as some compilers such as GNU, Intel and PGI. This study was conducted to determine the performance of the High Performance Computing that cluster basicly to conduct a series of trials or experiments on some kompilers to get the maximum time (fast) on the application of computing Regional Climate Modeling version 4.3.5. The test result of multiple compilers and different number of prossesors shows that the compiler used INTEL can improve a speedup and the computational dynamic regional climate model.

Keywords: PC Cluster, Regional Climate Modeling, Open MPI, Speedup, Dynamic Interconnection, Compiler, High Performance Computing.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT., yang telah memberikan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Desain dan Uji Kinerja High Performance Computing Berbasis *Cluster* untuk Simulasi Model Dinamis Iklim Regional”. Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk untuk mendapatkan gelar Magister Ilmu Komputer (MKOM) pada Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur.

Objek penelitian adalah Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Salah satu tugas pokok dan fungsi BMKG adalah berkaitan dengan penyebaran informasi mengenai prakiraan cuaca dan iklim di Indonesia. Sehingga, penelitian ini mencoba untuk merancang dan membangun *High Performance Computing* berbasis cluster serta menguji coba beberapa kompuler untuk mengetahui waktu komputasi perhitungan pada model dinamis iklim regional sehingga penyebaran informasi mengenai prakiraan cuaca dan iklim dapat lebih cepat.

Dengan berbagai keterbatasan, penulis menyadari bahwa tesis ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Moedjiono, M.Sc., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Budi Luhur;
2. Bapak Dr. NazoriAZ, MT., selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur;
3. Bapak Dr. Dwi Handoko, selaku Dosen Pembimbing Proposal Tesis. Terima kasih atas pengetahuan, kesempatan, dan bimbingan yang Bapak berikan;
4. Bapak Mardi Harjianto M.Kom, selaku Dosen Pembimbing pendamping Tesis. Terima kasih atas pengetahuan, kesempatan, dan bimbingan yang Bapak berikan;
5. Bapak Spits Warnars Harco Leslie Hendric, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing kedua Tesis. Terima kasih atas pengetahuan, kesempatan, dan bimbingan yang Bapak berikan;
6. Bapak/Ibu Dosen Magister Ilmu Komputer Universitas Budi Luhur atas ilmu dan pengajaran yang telah diberikan kepada kami;

7. Rekan-rekan kuliah angkatan 2011 atas segala bentuk bantuan untuk menyelesaikan penelitian Tesis ini;
8. Ayahanda (almarhum), Ibunda dan keluarga yang penulis tidak bisa disebutkan satu persatu atas doa dan dukungan pada penulis;
9. Pihak-pihak yang tak penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, penulis menerima segala masukan, kritik, dan saran dari para pembaca sekalian.

Semoga Allah SWT., senantiasa membalas kebaikan pihak-pihak tersebut di atas dengan taufik dan hidayah-Nya. Akhir kata, “Ordem E Progresso: Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk semuanya”. Amin.



Jakarta, 28 Februari 2015
Penulis,

Jose Rizal

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN-LAMPIRAN	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Masalah Penelitian	1
1.2.1 Identifikasi Masalah	2
1.2.2 Batasan Masalah	2
1.2.3 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3.1 Tujuan	3
1.3.2 Manfaat	3
1.4 Sistematika Penulisan	4
1.5 Pengertian	4
 BAB II LANDASAN PEMIKIRAN	 5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Dekripsi Pemodelan Iklim	6
2.1.1.1 Grid Vertikal dan Horisontal Model RegCM	10
2.1.1.2 Faktor-faktor Skala Peta dan Proyeksi Peta	11
2.1.1.3 Deskripsi Model Dinamik	12
2.1.1.4 Skema Radiasi	14
2.1.1.5 Model Permukaan Tanah	14
2.1.1.6 Skema dan Parameterisasi Model	15
2.1.1.7 Parameterisasi Flux Lautan	16
2.1.1.8 Analisa Skema Temperatur Wajah Permukaan Laut	17
2.1.1.9 Skema Gradien Tekanan	17
2.1.1.10 Model Danau	17
2.1.1.11 Aerosol dan Debu (Model Kimia)	18
2.1.2 Komputasi Paralel	19
2.1.2.1 High Performance Computing Cluster	19
2.1.2.2 Pemrosesan Paralel	19
2.1.2.3 Pemrograman Paralel	20
2.1.3 PVM (Parallel Virtual Machine)	21
2.1.4 Message Passing Interface (MPI)	23

2.1.5 Job Scheduler.....	26
2.1.6 Arsitektur Cluster.....	26
2.1.7 PC Cluster.....	28
2.1.8 Topologi Ring.....	29
2.1.9 Network File System.....	31
2.1.10 Secure Shell (SSH).....	32
2.1.11 Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Server.....	32
2.1.12 Kompiler.....	34
2.1.12.1 Perbedaan kompiler dan Interpreter.....	35
2.1.12.2 Kompiler GNU.....	36
2.1.12.3 Kompiler Intel.....	37
2.1.12.4 Kompiler PGI.....	38
2.1.13 Amdahl's Law.....	39
2.2 Tinjauan Studi.....	41
2.2.1 Influence of the kompiler on Multi-CPU performance of WRFv3.....	41
2.2.2 Application performance analysis on Pilatus.....	42
2.2.3 A High Performance Computing Method of Linux Cluster's.....	43
2.2.4 Analisis Kinerja Sistem Cluster Terhadap Aplikasi Simulasi Dinamika Molekular.....	43
2.3 Tinjauan Obyek Penelitian.....	46
2.3.1 Badan Meteorolgi Klimatologi dan Geofisika.....	46
A. Visi BMKG.....	46
B. Misi BMKG.....	46
C. Fungsi BMKG.....	47
2.4 Pola Pikir.....	49
2.5 Hipotesis.....	50
BAB III DESAIN PENELITIAN.....	51
3.1 Metode Penelitian.....	51
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	51
3.3 Pemilihan Sampel.....	51
3.4 Langkah-Langkah Penelitian.....	52
3.4.1 Perumusan Masalah.....	53
3.4.2 Studi Kepustakaan.....	54
3.4.3 Memformulasikan Hipotesis.....	54
3.4.4 Perancangan dan Pembangunan PC Cluster.....	54
3.4.5 Pengujian dan Analisis.....	55
3.4.6 Penarikan Kesimpulan.....	55
3.5 Instrumentasi.....	56
3.6 Jadwal Penelitian.....	57
BAB IV ANALISIS, INTERPRETASI DAN IMPLIKASI PENELITIAN.....	58
4.1 Analisis Sistem.....	58
4.2 Perancangan Sistem.....	59
4.2.1 Alokasi Disk pada <i>Frontent</i>	60
4.3 Implementasi Sistem.....	60
4.3.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	61
4.3.2 Spesifikasi Perangkat Lunak.....	61

4.3.3 Kebutuhan Jaringan.....	62
4.3.4 Implementasi Sistem Cluster.....	62
4.4. Pengujian Sistem	62
4.5. Hasil Penelitian.....	64
4.6. Rencana Implementasi.....	75
4.7. Implikasi Penelitian	77
4.7.1 Aspek Sistem.....	77
4.7.2 Aspek Manajerial	77
4.7.3 Aspek Penelitian Lanjutan	77
BAB V PENUTUP	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	82
RIWAYAT HIDUP.....	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
II.1. Skema representasi dari struktur vertikal model. Contoh diatas adalah untuk 16 lapisan. Garis putus-putus menggambarkan tingkatan setengah sigma, garis penuh menggambarkan sigma penuh. (Diadaptasi dari the PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide).....	9
II.2. Skema representasi yang menunjukkan grid-B Arakawa secara horisontal yang ditunjukkan dengan tanda bulatan dan tanda silang.....	10
II.3. Perbandingan antara serial komputasi dan parallel komputasi.....	20
II.4. Pengiriman pesan antar komputer.....	23
II.5. Arsitektur memori yang terdistribusi pada MPI pada awal tahun 1990.....	26
II.6. Implementasi MPI yang telah mengadaptasi library pada arsitektur memori.....	26
II.7. Arsitektur Cluster.....	27
II.8. Topologi Ring.....	29
II.9. Topologi Cube.....	29
II.10. Topologi 2-D Mesh.....	29
II.11. Topologi Torus.....	30
II.12. Skema SistemNetwork File System.....	31
II.13. Interaksi antara DHCP Client dan DHCP Server.....	33
II.14. Batas Nilai Speedup dalam Komputasi Paralel.....	39
II.15. Hasil performa waktu simulasi pada model WRFv3.....	41
II.16. Hasil performa waktu aplikasi pilatus.....	42
II.17. Benchmark HPL (high performance linpack).....	43
II.18. Benchmark nilai rata-rata lama waktu simulasi.....	44
II.19. Pola Pikir Sistem Usulan.....	49
III.1. Langkah-Langkah Penelitian.....	53
III.2. Topologi <i>hub</i> (peer to peer).....	55
IV.1. Skema Desain Custers.....	58
IV.2. Skema Fisik Sistem Cluster.....	59
IV.3. Skema Logik Sistem Cluster.....	60
IV.4. Monitoring Sistem Cluster pada Node.....	64
IV.5. Amdahl's Laws.....	65
IV.6. Grafik Hasil Pengujian Kompiler INTEL.....	66
IV.7. Grafik Hasil Pengujian Kompiler PGI.....	67
IV.8. Grafik Hasil Pengujian Kompiler GNU.....	68
IV.9. Grafik Speedup Kompiler INTEL.....	69
IV.8. Grafik Hasil Pengujian Kompiler INTEL, PGI, GNU.....	68
IV.10. Grafik Speedup Kompiler PGI.....	70
IV.11. Grafik Speedup Kompiler GNU.....	71
IV.12. Grafik Hasil Pengujian Kompiler INTEL, PGI, GNU.....	73
IV.13. Hasil Simulasi Model Dinamis Iklim Regioanal Resolusi 20 Km Wilayah Indonesia.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
I.1. Pengertian-Pengertian	4
II.1. Pengembangan Kompiler Intel dalam Sepuluh Tahun Terakhir	38
II.2. Ringkasan Penelitian Terkait	45
III.1. Parameter Data Reanalysis	52
III.2. Spesifikasi Perangkat Keras	56
III.3. Spesifikasi Perangkat Lunak	56
III.4. Jadwal Penelitian	57
IV.1. Spesifikasi Perangkat Keras	61
IV.2. Spesifikasi Perangkat Lunak	62
IV.3. Penjelasan Perintah eksekusi model pada sistem cluster	63
IV.4. Speedup	65
IV.5. Tabel Hasil Pengujian Kompiler INTEL	66
IV.6. Tabel Hasil Pengujian Kompiler PGI	67
IV.7. Tabel Hasil Pengujian Kompiler GNU	68
IV.8. Speedup Kompiler INTEL	69
IV.9. Speedup Kompiler PGI	70
IV.10. Speedup Kompiler GNU	71
IV.11. Pengujian Kinerja Kompiler INTEL , GNU dan PGI dalam beberapa Core...	73
IV.12. Rencana Implementasi	75

DAFTAR LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Instalasi High Performance Computing Cluster.....	82
B. Instalasi Regional Climate Model Versi 4.3.5 dan Software pendukungnya Menggunakan Intel Kompiler.....	85



DAFTAR PUSTAKA

- [ANTHES1977] A cumulus parameterization scheme utilizing a one-dimensional cloud model, *Mon. Wea. Rev.*, 105, 270–286.
- [ALLAN 2007] Parallel Application Software on High Performance Computers. Survey of Parallel Numerical Analysis Software, <http://www.cse.clrc.ac.uk/Activity/HPCI>
- [BEHENG1994] A parameterization of warm cloud microphysical conversion processes, *Atmos. Res.*, 33, 193–206.
- [BRIEGLEB1992] Delta-eddington approximation for solar radiation in the near community climate model, *J. Geophys. Res.*, 97, 7603–7612.
- [BLAISE 2014] Introduction to Parallel Computing, Lawrence Livermore National Laboratory, https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp/
- [BEOWULF 2005] <http://www.beowulf.org>
- [BUONADONNA 1998] An Implementation and Analysis of the Virtual Interface Architecture, Proceedings of SC98, Orlando, Florida.
- [BUYA 1999] *High Performance Cluster Computing: Programming and Applications*, Vol. 2, ISBN 0-13-013785-5, Prentice Hall PTR, NJ, USA.
- [BHANDARKAR 1999] Biomedical Applications Modelling, *High Performance Cluster Computing: Programming and Applications*, Vol. 2, ISBN 0-13-013785-5, Prentice Hall PTR, NJ, USA.
- [CHEN 2006] Performance Modeling for the Panda Array I/O Library. In Supercomputing '96, ACM Press and IEEE Computer Society Press.
- [DICKINSON1986] Biosphere-atmosphere transfer scheme (bats) for the near community climate model, *Tech. Rep. NCAR/TN-275+STR*, National Center for Atmospheric Research.
- [DICKINSON1989] A regional climate model for the western United States, *Climatic Change*, 15, 383–422.
- [DICKINSON1993] Biosphere-atmosphere transfer scheme (bats) version 1e as coupled to the near community climate model, *Tech. rep.*, National Center for Atmospheric Research.
- [EMANUEL1999] Development and evaluation of a convection scheme for use in climate models, *J. Atmos. Sci.*, 56, 1766–1782. 51
- [FRITSCH1980] Numerical prediction of convectively driven mesoscale pressure systems. part i: Convective parameterization, *J. Atmos. Sci.*, 37, 1722–1733.
- [FAUZI 2010] Rancangan dan Implementasi Sistem Keamanan pada Parallel Processing Komputasi dengan menggunakan PC Cluster, Universitas Sultan Fatah
- [GIORGII1989] Two-dimensional simulations of possible mesoscale effects of nuclear war fires, *J. Geophys. Res.*, 94, 1127–1144.
- [GIORGII1990] Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model, *J. Climate*, 3, 941–963.
- [GIORGII1989] The climatological skill of a regional model over complex terrain, *Mon. Wea. Rev.*, 117, 2325–2347.
- [GIORGII1991] Validation of a regional atmospheric model over europe: Sensitivity of wintertime and summertime simulations to selected physics parameterizations and lower boundary conditions, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 117, 1171–1206.