

**Komputasi Paralel Integral Definit Rangkap Tiga
dengan Metode Monte Carlo di *Cluster Beowulf***

SKRIPSI

Konsentrasi Rekayasa Komputer

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:
Muhammad Zulhaj Aliyansyah
NIM. 0810633091 – 63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2013**

Komputasi Paralel Integral Definit Rangkap Tiga dengan Metode Monte Carlo di *Cluster Beowulf*

SKRIPSI

Konsentrasi Rekayasa Komputer

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:
Muhammad Zulhaj Aliyansyah
NIM. 0810633091 – 63

**Telah diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing:**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Mahfudz Shidiq, M.S.
NIP. 19580609 198703 1 003

Ir. Muhammad Aswin, M.T.
NIP. 19640625 199002 1 001

Lembar Pengesahan

**Komputasi Paralel Integral Definit Rangkap Tiga
dengan Metode Monte Carlo di *Cluster Beowulf***

SKRIPSI

Konsentrasi Rekayasa Komputer

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh:

**Muhammad Zulhaj Aliyansyah
NIM. 0810633091 – 63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 1 Agustus 2013.

Majelis Penguji

Ir. Wijono, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19621111 198903 1 003

Raden Arief S., S.T., M.T.
NIP. 19750819 199903 1 001

A. Abdul Razak, S.T., M.T., M.Eng.
NIP. 850716 06 1 1 0276

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S.
NIP. 19580728 198701 1 001

KATA PENGANTAR

Syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT dan Rasulullah Muhammad SAW atas rahmat dan hidayah sehingga skripsi dengan judul “Komputasi Paralel Integral Definit Rangkap Tiga dengan Metode Monte Carlo di *Cluster Beowulf*” ini dapat diselesaikan.

Penulis dengan kerendahan hati menghaturkan rasa terima kasih kepada:

- 1) Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S., Bapak Azis Muslim, S.T., M.T, Ph.D., Bapak Mochammad Rif'an, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan, Sekretaris Jurusan, dan Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- 2) Bapak Waru Djurianto, S.T., M.T. selaku KKDK Rekayasa Komputer,
- 3) Bapak Ir. Mahfudz Shiqid, M.S. dan Bapak Ir. Muhammad Aswin, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II,
- 4) Ibu Rusmi Ambarwati, S.T., M.T., Mas Angger Abdul Razak, S.T., M.T., M.Eng., dan Mas Rahmat Romadhoni, SST. selaku Kepala, Dosen Anggota, dan Pranata Laboratorium Informatika dan Komputer Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- 5) Ibu Siti Rohmatul Basyariyah selaku orang tua yang selalu mendoakan,
- 6) rekan-rekan di Laboratorium Informatika dan Komputer,

Karena skripsi ini tentu tidak luput dari salah, kurang, dan keliru, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dan pengembangan skripsi ini di kemudian hari.

Malang, Juli 2013, Ramadhan 1434 H

Penulis

ABSTRAK

Komputasi paralel adalah proses pengoperasian aritmatik atau logik terhadap bilangan-bilangan yang sejenis secara bersamaan pada prosesor majemuk. *Cluster* Beowulf mengimplementasikan sistem komputasi paralel dengan perangkat komputer *consumer-grade* dengan perangkat lunak berlisensi *free/open-source*.

Komputasi integral dengan metode Monte Carlo bersifat *pleasingly parallel* sehingga dapat dengan mudah dan sangkil diimplementasikan pada *cluster* Beowulf karena *overhead* komunikasi antar *node* komunikasi minimal.

Ketelitian dan kecepatan komputasi integral definit rangkap tiga dengan metode Monte Carlo dibandingkan dengan metode balok, di mana metode Monte Carlo memiliki ketelitian yang lebih baik namun dengan kecepatan yang lebih lambat.

Kecepatan komputasi paralel integral rangkap tiga metode Monte Carlo berbanding lurus dengan cacah *proses* yang berjalan paralel iika cacah proses tidak melebihi cacah *core*, peningkatan kecepatan tersebut sangat terkait dengan spesifikasi prosesor yang digunakan.

Kesangkilan penggunaan energi sistem komputasi paralel cenderung konstan pada *cluster* dengan spesifikasi *node* yang homogen dan menurun saat terdapat *node* dengan spesifikasi yang inferior.

Kata Kunci—cluster Beowulf, integral definit rangkap tiga, komputasi paralel, metode Monte Carlo, metode numerik.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Komputasi Paralel	5
2.2 <i>Cluster</i> Beowulf	6
2.3 Penghitungan Integral Definit dengan Metode Monte Carlo Rerata Sampel	8
2.4 Open MPI 1.7	14
2.5 Pembangkit bilangan acak semu - random, srandom, rand, srand	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Studi Literatur	16
3.2 Penentuan Spesifikasi Alat	16
3.3 Abstraksi Sistem	17
3.4 Langkah Kerja Sistem	18
3.5 Pengujian Sistem	21
3.6 Kesimpulan dan Saran	22
BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI	23
4.1 Konfigurasi Perangkat Keras	23
4.2 Konfigurasi Perangkat Lunak	27

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS	36
5.1 Penghitungan Analitis	37
5.2 Pengujian Pengaruh Cacah Sampel	40
5.3 Pengujian Pengaruh Cacah <i>Proses</i>	48
5.4 Pengujian Pengaruh Cacah <i>Node</i>	53
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	61
6.1 Kesimpulan	61
6.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Perangkat Keras Komputer <i>Front-end</i>	24
Tabel 4.2	<i>Perangkat Keras Komputer Node</i> Komputasi Primer	25
Tabel 4.3	<i>Perangkat Keras Komputer Node</i> Komputasi Sekunder	26
Tabel 4.4	Asosiasi Nama <i>Host</i> dan Alamat IP <i>Node</i> Komputasi Primer	30
Tabel 4.5	Asosiasi Nama <i>Host</i> dan Alamat MAC <i>Node</i> Komputasi Primer	31
Tabel 4.6	Asosiasi Nama <i>Host</i> dan Alamat IP <i>Node</i> Komputasi Sekunder	33
Tabel 5.2.1	Perbandingan Hasil Penghitungan Analitis, Komputasi Paralel Integral Definit Rangkap Tiga Metode Monte Carlo dan Balok	41
Tabel 5.2.2	Tabel Nilai Galat dalam Pengujian Pengaruh Cacah Sampel terhadap Keempat Soal Uji	41
Tabel 5.2.3	Tabel Nilai Varians dalam Pengujian Pengaruh Cacah Sampel	45
Tabel 5.2.4	Tabel Waktu Komputasi dalam Pengujian Pengaruh Cacah Sampel	46
Tabel 5.3.1	Tabel Hasil Pengujian Pengaruh Cacah <i>Proses</i> Soal Uji 1	49
Tabel 5.3.2	Tabel Hasil Pengujian Pengaruh Cacah <i>Proses</i> Soal Uji 2	50
Tabel 5.3.3	Tabel Hasil Pengujian Pengaruh Cacah <i>Proses</i> Soal Uji 3	50
Tabel 5.3.4	Tabel Hasil Pengujian Pengaruh Cacah <i>Proses</i> Soal Uji 4	51
Tabel 5.4.1	Cacah <i>Core</i> tiap Cacah <i>Node</i> Komputasi	53
Tabel 5.4.2	Hasil Pengujian Pengaruh Komputasional Cacah <i>Node</i> Soal Uji 1	54
Tabel 5.4.3	Hasil Pengujian Pengaruh Komputasional Cacah <i>Node</i> Soal Uji 2	54
Tabel 5.4.4	Hasil Pengujian Pengaruh Komputasional Cacah <i>Node</i> Soal Uji 3	55
Tabel 5.4.5	Hasil Pengujian Pengaruh Komputasional Cacah <i>Node</i> Soal Uji 4	55
Tabel 5.4.6	Hasil Pengujian Pengaruh Cacah <i>Node</i> terhadap Penggunaan Energi Soal Uji 1	57
Tabel 5.4.7	Hasil Pengujian Pengaruh Cacah <i>Node</i> terhadap Penggunaan Energi Soal Uji 2	58
Tabel 5.4.8	Hasil Pengujian Pengaruh Cacah <i>Node</i> terhadap Penggunaan Energi Soal Uji 3	58
Tabel 5.4.9	Hasil Pengujian Pengaruh Cacah <i>Node</i> terhadap Penggunaan Energi Soal Uji 4	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3.1.a	Gambar Perspektif Distribusi <i>Cubicle</i> pada Silinder dengan Metode Balok	11
Gambar 2.3.1.b	Gambar Tampak Atas Distribusi <i>Cubicle</i> pada Silinder dengan Metode Balok	11
Gambar 2.3.2.a	Gambar Perspektif Distribusi <i>Cuboid</i> pada Silinder dengan Metode Monte Carlo	13
Gambar 2.3.2.b	Gambar Tampak Atas Distribusi <i>Cuboid</i> pada Silinder dengan Metode Monte Carlo	13
Gambar 3.3	Abstraksi Sistem Komputasi Paralel	17
Gambar 3.4.1	Diagram Alir Inisialisasi Proses Komputasi Paralel di <i>Node</i> Master	18
Gambar 3.4.2	Diagram Alir Rutin Program <i>worker</i> di tiap <i>Proses</i> Komputasi	20
Gambar 3.4.3	Diagram Alir Tahap Akhir Proses Komputasi Paralel yang Dijalankan <i>Node</i> Master	21
Gambar 4.1	Energimeter Wanf D02A	23
Gambar 4.1.1	Unit Komputer <i>Front-end</i>	24
Gambar 4.1.2	Enam Unit <i>Node</i> Komputasi Primer	25
Gambar 4.1.3	Unit <i>Node</i> Komputasi Sekunder	26
Gambar 4.2	Jaringan Lokal Sistem Komputasi Paralel	27
Gambar 5.2.1	Grafik Nilai Galat terhadap Cacah Sampel Soal Uji 1	42
Gambar 5.2.2	Grafik Nilai Galat terhadap Cacah Sampel Soal Uji 2	42
Gambar 5.2.3	Grafik Nilai Galat terhadap Cacah Sampel Soal Uji 3	43
Gambar 5.2.4	Grafik Nilai Galat terhadap Cacah Sampel Soal Uji 4	43
Gambar 5.2.5	Grafik Nilai Varians terhadap Cacah Sampel	45
Gambar 5.2.6	Grafik Waktu Komputasi terhadap Cacah Sampel Soal Uji 1	46
Gambar 5.2.7	Grafik Waktu Komputasi terhadap Cacah Sampel Soal Uji 2	47
Gambar 5.2.8	Grafik Waktu Komputasi terhadap Cacah Sampel Soal Uji 3	47
Gambar 5.2.9	Grafik Waktu Komputasi terhadap Cacah Sampel Soal Uji 4	48
Gambar 5.3.1	Grafik Peningkatan Kecepatan terhadap Cacah <i>Proses</i>	51
Gambar 5.3.2	Grafik Kesangkalan terhadap Cacah <i>Proses</i>	52

Gambar 5.4.1	Grafik Peningkatan Kecepatan terhadap Cacah <i>Node</i>	56
Gambar 5.4.2	Grafik Kesangkalan Komputasional terhadap Cacah <i>Node</i>	56
Gambar 5.4.3	Grafik Penggunaan Energi terhadap Cacah <i>Node</i>	59
Gambar 5.4.4	Grafik Kesangkalan Penggunaan Energi terhadap Cacah <i>Node</i>	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Berrkas /etc/hosts	1
Lampiran 2	Skrip <i>shell</i> wakeonlan.sh	2
Lampiran 3	Kode Program Komputasi Paralel Integral Rangkap Tiga Metode Balok (blokice.c)	3
Lampiran 4	Kode Program Komputasi Paralel Integral Rangkap Tiga Metode Monte Carlo (montice.c)	6
Lampiran 5	Skrip <i>shell</i> Pengujian Pengaruh Sampel Metode Monte Carlo (sample.sh)	10
Lampiran 6	Skrip <i>shell</i> Pengujian Pengaruh Sampel Metode Balok (sample-blok.sh)	11
Lampiran 7	Skrip <i>shell</i> Pengujian Pengaruh Cacah Proses (numprocs.sh)	12
Lampiran 8	Skrip <i>shell</i> Pengujian Pengaruh Cacah Node (nodes.sh)	13
Lampiran 9	Hasil Pengujian Pengaruh Cacah Sampel	14
Lampiran 10	Hasil Pengujian Pengaruh Cacah Proses	22
Lampiran 11	Hasil Pengujian Pengaruh Cacah Node	26