

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Keaslian dan Kontribusi Penelitian	3
1.5.1 Keaslian Penelitian (<i>Current State dan Research Gap</i>)	3
1.5.2 Kebaruan Penelitian (<i>Novelty</i>)	3
1.5.3 Kontribusi Penelitian	4
1.5.4 Validasi dan Dampak Hasil	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 <i>High-Performance Computing (HPC)</i>	7
2.2.2 <i>Infrastruktur On-premises</i>	9
2.2.3 <i>Ubuntu Server</i>	9
2.2.4 <i>Python</i>	9
2.2.5 <i>Flask sebagai Framework Web</i>	10
2.2.6 <i>YAML</i>	10
2.2.7 <i>Infrastructure as Code</i>	10
2.2.8 <i>Secure Shell (SSH)</i>	10



2.2.9	Ansible	11
2.2.10	Teknologi Kontainerisasi Docker	11
2.2.11	Linux <i>Command Line Interface</i> (Linux CLI)	11
2.2.12	<i>Login Node</i>	12
2.2.13	<i>Head Node</i>	12
2.2.14	<i>Compute Node</i>	12
2.3	Pertanyaan Penelitian	12
BAB III	.....	14
METODE PENELITIAN	.....	14
3.1	Landasan Kebutuhan dan Asumsi Desain HPC	14
3.1.1	Dasar Penyediaan Akun SSH di HPC.....	14
3.1.2	Dasar Penyediaan Workload berbasis <i>Container</i> di HPC	14
3.2	Kriteria dan Dasar Pemilihan Teknologi	15
3.2.1	Framework Web: Flask untuk Portal Otomatisasi	15
3.2.2	Alat Provisioning	17
3.2.3	Kontainerisasi dan <i>Deployment</i>	20
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	21
3.3.1	Alat Penelitian.....	21
3.3.2	Bahan Penelitian	22
3.4	Diagram	22
3.4.1	Diagram UML Deployment Sistem Provisioning Akun.....	22
3.4.2	Diagram Alir Proses <i>Provisioning</i> Akun Manual.....	23
3.4.3	Diagram Alir Proses <i>Provisioning</i> Akun Otomatis	24
3.4.4	Penjabaran Proses di Balik Layar pada Diagram Alir Proses Otomatis .	25
3.5	Arsitektur Sistem Kluster HPC	31
3.5.1	Spesifikasi Sistem	33
3.6	Tahapan Penelitian	34
3.6.1	Persiapan Infrastruktur.....	34
3.6.2	Pengembangan Portal Pendaftaran HPC Berbasis Web	34
3.6.3	Integrasi Ansible untuk <i>Provisioning</i> Akun	35
3.6.4	Kontainerisasi	36
3.6.5	Otomatisasi Deploy Workload.....	36
3.6.6	Pengujian	36
3.7	Proses <i>Deployment</i> Sistem	37
3.7.1	<i>Deployment</i> Eksperimental (Lokal)	38
A.	Prasyarat Lingkungan	38
B.	Persiapan Sistem Operasi.....	40
D.	Struktur Proyek.....	43
C.	Instalasi Komponen dan Dependensi.....	44
E.	Kode Program	45
F.	Menjalankan Aplikasi	45
G.	Uji Coba Fungsional	45
3.8	Metrik Evaluasi Sistem	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	48



4.1	Hasil.....	48
4.1.1	Fitur.....	48
4.1.2	Tampilan Antarmuka dan Hasil Pengujian Fungsional	48
4.1.3	Data Evaluasi Sistem	57
4.1.4	Rangkuman Data Evaluasi Sistem	58
4.1.5	Statistik Evaluasi Sistem	65
4.2	Pembahasan.....	65
4.2.1	Perbandingan Sistem (Cakupan, Auditability, Kompleksitas, SLA)...	65
4.2.1.1	Tujuan dan Aspek Perbandingan	65
4.2.1.2	Perbandingan Sistem.....	66
4.2.1.3	Perbandingan Level Otomatisasi	68
4.2.1.4	<i>User Experience Metrics</i>	68
4.2.2	Cara Melakukan Perbandingan Sistem Manual dan Otomatis	69
4.2.3	Aspek Skalabilitas.....	83
A.	Manajemen Kapasitas Secara Logis	83
B.	Pengujian Beban dan Skalabilitas Eksperimental	84
C.	Analisis Skalabilitas Sistem	97
D.	Analisis Dampak pada Resource HPC.....	98
E.	Analisis Kemampuan Menangani <i>Concurrency</i>	99
F.	Kesimpulan Pengujian Skalabilitas	99
4.2.4	Aspek Keamanan	100
4.2.5	Analisis Keunggulan Sistem.....	101
4.2.6	Analisis Keunikan dari Sistem Otomatisasi	102
4.2.7	Analisis Keterbatasan Sistem	104
4.2.8	Analisis Risiko dan <i>Maintenance</i>	104
4.2.9	Diskusi Generalisasi.....	106
4.2.9.1	Peluang Replikasi di Institusi Lain	107
4.2.9.2	Keterbatasan Saat Ini	107
4.2.9.3	Prospek Integrasi dengan Job Scheduler (Skala Besar).....	108
BAB V	.....	110
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	110
5.1	Kesimpulan.....	110
5.1.1	Kesimpulan Utama (Jawaban Rumusan Masalah)	110
5.1.2	Pencapaian Tujuan	110
5.1.3	Jawaban atas Pertanyaan Penelitian.....	110
5.1.4	Implikasi Utama.....	111
5.1.5	Batasan Studi	111
5.2	Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	.....	112
LAMPIRAN	.....	1



Lampiran A: Rencana Anggaran Biaya (RAB)	1
Lampiran B: Potongan Kode Python Flask app.py versi memanggil Linux CLI	2
Lampiran C: Potongan Kode Python Flask app.py versi memanggil Ansible	3
Lampiran D: Potongan File Ansible Playbook provision_user.yml.....	5
Lampiran E: Potongan Kode Dockerfile	8

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perbandingan Framework Web	15
Tabel 3. 2 Kecocokan Flask untuk Portal HPC.....	16
Tabel 3. 3 Tabel Perbandingan Alat Provisioning.....	18
Tabel 3. 4 Tabel Perbandingan Teknologi <i>Container</i>	20
Tabel 3. 5 Spesifikasi Perangkat Keras.....	33
Tabel 3. 6 Prasyarat Lingkungan	38
Tabel 3. 7 Metrik Evaluasi Sistem	46
Tabel 4. 1 Tabel Pengujian Linux CLI (Linux CLI)	58
Tabel 4. 2 Tabel Pengujian Ansible.....	62
Tabel 4. 3 Perbandingan Ringkas Linux CLI dan Ansible	65
Tabel 4. 4 Perbandingan Sistem.....	67
Tabel 4. 5 Tabel Perbandingan Level Otomatisasi.....	68
Tabel 4. 6 Penghitungan Durasi pada Efison	79
Tabel 4. 7 Perbandingan dari Sistem <i>Provisioning</i> Manual dan Otomatis	80
Tabel 4. 8 Tabel Perbandingan Linux CLI, Ansible, Efison, dan AI Center - HPC DTETI dalam Provisioning Akun dan Container	82
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian <i>Load test</i>	84
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian <i>Stress test</i>	88
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian <i>Spike test</i>	92
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian <i>Soak test</i>	95
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Hasil Uji Skalabilitas Sistem	98
Tabel 4. 14 Tabel Analisis Risiko.....	105
Tabel 4. 15 Jadwal Perawatan	106
Tabel 4. 16 Pemetaan Fungsi dan Integrasi <i>Scheduler</i>	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur Umum HPC.....	8
Gambar 3. 1 Diagram UML Deployment Sistem Provisioning Akun	23
Gambar 3. 2 Proses Provisioning Akun Manual	24
Gambar 3. 3 Proses <i>Provisioning</i> Akun Otomatis	24
Gambar 3. 4 Arsitektur sistem menggunakan Linux CLI.....	32
Gambar 3. 5 Arsitektur Sistem menggunakan Ansible	32
Gambar 3. 6 Halaman Pendaftaran Akun Portal HPC	35
Gambar 3. 7 Laptop Lenovo Thinkpad.....	39
Gambar 3. 8 Konfigurasi Motherboard di VirtualBox.....	39
Gambar 3. 9 Konfigurasi Processor di VirtualBox	40
Gambar 3. 10 Halaman Linux VM Images.....	40
Gambar 3. 11 File Image yang Diunduh.....	41
Gambar 3. 12 Menambahkan Mesin Virtual.....	41
Gambar 3. 13 Pemilihan File Image	41
Gambar 3. 14 Konfigurasi Jaringan Adapter 1	42
Gambar 3. 15 Konfigurasi Jaringan Adapter 2	42
Gambar 3. 16 Konfigurasi Jaringan di Ubuntu Server	43
Gambar 3. 17 Perintah Mengatur Waktu	43
Gambar 3. 18 Menjalankan Aplikasi app.py.....	45
Gambar 4. 1 Halaman Login.....	49
Gambar 4. 2 Halaman Pendaftaran	49
Gambar 4. 3 Sidebar	50
Gambar 4. 4 Halaman Home Ketika Belum Melakukan Provisioning.....	50
Gambar 4. 5 Halaman Provision Ketika Pengguna Belum Provisioning	51
Gambar 4. 6 Halaman Provisioning Ketika Pengguna Klik Provision New Workload..	52
Gambar 4. 7 Halaman Hardware System.....	53
Gambar 4. 8 Halaman Metrics	53
Gambar 4. 9 Halaman SSH Access.....	54
Gambar 4. 10 Halaman Home Ketika Sudah Melakukan <i>Provisioning</i>	55
Gambar 4. 11 Akses Workload Melalui Jupyter Notebook Aktif	56
Gambar 4. 12 Tampilan SSH Login Berhasil	57
Gambar 4. 13 Grafik Tren (<i>Linux CLI Time & Time to First Access per Uji</i>).....	59
Gambar 4. 14 Scatter Plot <i>Time to First Access</i> Linux CLI.....	60
Gambar 4. 15 Scatter TTFA dan Linux CLI Time	61
Gambar 4. 16 Scatter Plot TTFA dan Docker Time.....	61
Gambar 4. 17 Tren <i>Time to First Access</i> , Ansible Time, dan Docker Time.....	63
Gambar 4. 18 Sebaran TTFA Terhadap Waktu Ansible	64
Gambar 4. 19 Sebaran TTFA Terhadap Waktu Docker	64
Gambar 4. 20 Sebaran TTFA Terhadap Total Waktu Eksekusi (Ansible + Docker).....	65
Gambar 4. 21 Metrik Provisioning dari Sisi Pengguna	68
Gambar 4. 22 Diagram Alir Proses Manual.....	69
Gambar 4. 23 Diagram Alir Proses Otomatis	70
Gambar 4. 24 Advisor Verification	70



Gambar 4. 25 Wait for Approval.....	71
Gambar 4. 26 Daftar Sumber Daya yang Tersedia Untuk Di-Booking.....	71
Gambar 4. 27 Halaman Home AI Center - HPC DTETI.....	72
Gambar 4. 28 Memasukkan Token Jupyter	72
Gambar 4. 29 Tab Running pada Jupyter.....	73
Gambar 4. 30 Container Jupyter Sudah Berhenti	73
Gambar 4. 31 Jupyter Tidak Bisa Diakses	74
Gambar 4. 32 Laman Web Efison.....	74
Gambar 4. 33 Email Permohonan Akses HPC Efison	75
Gambar 4. 34 Email Balasan Efison	75
Gambar 4. 35 Penghitungan Biaya	76
Gambar 4. 36 Pengiriman Bukti Pembayaran	77
Gambar 4. 37 Metadata Email Permohonan Akses HPC.....	77
Gambar 4. 38 Informasi Kredensial.....	78
Gambar 4. 39 Meta Data Email	78
Gambar 4. 40 Perbandingan TTFA Skala Normal dan Skala Logaritmik	81
Gambar 4. 41 Grafik Penggunaan CPU Selama Pengujian <i>Load test</i>	85
Gambar 4. 42 Grafik Penggunaan Memori Selama Pengujian <i>Load test</i>	85
Gambar 4. 43 Grafik Aktivitas Jaringan Selama Pengujian <i>Load test</i>	86
Gambar 4. 44 Kurva Kinerja Sistem Selama Pengujian <i>Load test</i>	87
Gambar 4. 45 Grafik Penggunaan CPU Selama Pengujian <i>Stress test</i>	89
Gambar 4. 46 Grafik Penggunaan Memori Selama Pengujian <i>Stress test</i>	90
Gambar 4. 47 Grafik Aktivitas Jaringan Selama Pengujian <i>Stress test</i>	90
Gambar 4. 48 Kurva Kinerja Sistem Selama Pengujian <i>Stress test</i>	91
Gambar 4. 49 Grafik Penggunaan CPU Selama Pengujian <i>Spike test</i>	92
Gambar 4. 50 Grafik Penggunaan Memori Selama Pengujian <i>Spike test</i>	93
Gambar 4. 51 Grafik Aktivitas Jaringan Selama Pengujian <i>Spike test</i>	93
Gambar 4. 52 Kurva Kinerja Sistem Selama Pengujian <i>Spike test</i>	94
Gambar 4. 53 Grafik Penggunaan CPU Selama Pengujian <i>Soak test</i>	95
Gambar 4. 54 Grafik Penggunaan Memori Selama Pengujian <i>Soak test</i>	96
Gambar 4. 55 Grafik Aktivitas Jaringan Selama Pengujian <i>Soak test</i>	96
Gambar 4. 56 Kurva Kinerja Sistem Selama Pengujian <i>Soak test</i>	97