



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS EFISIENSI SUMBERDAYA PADA PENERAPAN
KONSEP *GREEN NETWORKS* MENGGUNAKAN JARINGAN
KOMPUTER BERSKALA KECIL BERBASIS VIRTUALISASI**

SKRIPSI

Oleh

ARCHIE VALENZSA

NPM. 0706275914

**PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2010/2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS EFISIENSI SUMBERDAYA PADA PENERAPAN
KONSEP *GREEN NETWORKS* MENGGUNAKAN JARINGAN
KOMPUTER BERSKALA KECIL BERBASIS VIRTUALISASI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Oleh

ARCHIE VALENZSA

NPM. 0706275914

PROGRAM SARJANA

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

DEPOK

2010/2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**ANALISIS EFISIENSI SUMBERDAYA PADA PENERAPAN
KONSEP *GREEN NETWORKS* MENGGUNAKAN JARINGAN
KOMPUTER BERSKALA KECIL BERBASIS VIRTUALISASI**

yang dibuat sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Komputer Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari seminar yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjana di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Nama : Archie Valenza

NPM : 0706275914

Tanda Tangan : 

Tanggal : 4 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Archie Valenza
NPM : 0706275914
Program Studi : Teknik Komputer
Judul Skripsi : Analisis Efisiensi Sumberdaya Pada Penerapan
Konsep *Green Networks* Menggunakan Jaringan
Komputer Berskala Kecil Berbasis Virtualisasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Komputer, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Muhammad Salman, S.T. M.IT.

Penguji : Ir. A. Endang Sriningsih M.T. Si

Penguji : Dr. Ir. Anak Agung Putri Ratna M.Eng.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas ridho dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat wajib Mahasiswa S1 jurusan Teknik Komputer Universitas Indonesia untuk menyelesaikan program studinya.

Di dalam penulisan skripsi ini penyusun telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun hendak menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Salman selaku pembimbing atas berbagai masukan dan bimbingan selama proses penulisan skripsi ini.
2. Bapak Amien Rahardjo yang telah membantu dalam pengukuran unjuk kerja sistem yang penulis buat.
3. Ibu Riri Fitri Sari dan Bapak Bagio Budiardjo yang telah memberikan masukan dan saran tentang banyak hal dalam penulisan skripsi ini.
4. Sahabat yang telah banyak membantu dalam pembuatan dan pengukuran unjuk kerja infrastruktur antara lain Fia Retnawati, Daniel Yoshua, Wandu Barasa, Wilman Agustinan, Zunaedi Ma'ruf, Ardithiothrisno, Bestion Alzhari, dan Benny Syahputra.
5. Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen serta para staff Departemen Teknik Elektro FTUI yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis secara moril selama pembuatan skripsi ini.
6. Ibu Evita Dachlancy, Abang Vino, dan Riri yang selalu memberikan support dan senantiasa memonitor setiap progress dalam penulisan skripsi saya.
7. Para mahasiswa Departemen Teknik Elektro atas berbagai bantuan dan supportnya.
8. Serta pihak-pihak lain yang mungkin tidak tercantum di sini, tetapi telah berkontribusi besar dalam pembuatan laporan ini.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akdemika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Archie Valenzsa
NPM : 0706275914
Program Studi : Teknik Komputer
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS EFISIENSI SUMBERDAYA PADA PENERAPAN
KONSEP *GREEN NETWORKS* MENGGUNAKAN JARINGAN
KOMPUTER BERSKALA KECIL BERBASIS VIRTUALISASI**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta sebagai pemegang Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok
Pada tanggal: 11 Juli 2011
Yang menyatakan



Archie Valenzsa

ABSTRAK

Nama	:	Archie Valenzsa
Program Studi	:	Teknik Komputer
Judul	:	Analisis Efisiensi Sumberdaya Pada Penerapan Konsep <i>Green Networks</i> Menggunakan Jaringan Komputer Berskala Kecil Berbasis Virtualisasi

Pembimbing : Muhammad Salman, S.T. M.IT.

Green Networks adalah konsep tentang perancangan jaringan komputer yang hemat energi, hemat *resources*, dan hemat biaya. Tujuan utama dari penelitian ini adalah penerapan konsep *Green Networks* ke dalam infrastruktur nyata. Infrastruktur ini nanti akan diimplementasikan di area laboratorium Mercator FTUI. Pertama, pada penelitian ini akan dibahas mengenai rancangan suatu infrastruktur jaringan komputer dimana infrastruktur tersebut sebisa mungkin dirancang agar memenuhi tiga aspek utama dalam konsep *Green Networks*. Infrastruktur tersebut nantinya akan banyak berhubungan dengan konsep virtualisasi. Virtualisasi yang akan diterapkan adalah virtualisasi *desktop* dan virtualisasi *hardware*. Infrastruktur tersebut juga dirancang menggunakan sistem operasi *Linux Ubuntu*. Dari pengukuran tersebut didapatkan nilai total penghematan konsumsi daya pada infrastruktur dibanding pada infrastruktur konvensional selama 5 tahun adalah sebesar 5819.95 kWh dan persentasenya adalah sebesar 81.1% (termasuk persentase penghematan biaya), total persentase penghematan biaya pembuatan dan perawatan infrastruktur dibanding infrastruktur konvensional selama 5 tahun adalah sebesar 59.90%, total persentase penghematan biaya pembuatan infrastruktur dan biaya konsumsi daya listrik infrastruktur berbasis dibanding infrastruktur konvensional selama 5 tahun adalah sebesar 61.17 %.

Kata kunci: *Green Networks*, *Virtualisasi*, *Divais thin-Client*, *Infrastruktur*, *Unjuk Kerja*, *Ekonomis*

ABSTRACT

Name	:	Archie Valenzsa
Study Program	:	Teknik Komputer
Title	:	Analysis of Resources Efficiency on Green Networks Concept Implementation Using Small-Scale Computer Network Based on Virtualization

Student Advisor : Muhammad Salman,S.T. M.IT.

Green Networks is a concept about computer network design which is energy efficient, resources efficient, and cost efficient. The main purpose of this research is implementating the Green Networks concept into a real infrastructure. This infrastructure will be implemented in Mercator FTUI laboratorium area. First, this research discuss about the design of computer network infrastructure where the infrastructure designed to meet three main aspects in the Green Networks concept. The infrastructure will be focused with the virtualization concept. Virtualizations which will be implemented is desktop virtualization and hardware virtualization. The infrastructure is also desgined using Ubuntu Linux operating system. After the building processes, the infrastructure will be tested. From the testing process the total value of power consumption saving on the infrastructure compared to conventional infrastructure during five years is 5819.95 kWh and the percentage is 81.1% (including the percentage of cost savings). From the testing process the total value of power consumption savings on the infrastructure compared to conventional infrastructure during five years is 5819.95 kWh and the percentage is 81.1% (including the percentage of cost savings), the total percentage of cost savings of development and maintenance of infrastructure compared to conventional infrastructure during five years is 59.90%, and the total percentage of cost savings of development, maintenance, power consumption savings of infrastructure compared to conventional infrastructure during five years is 61.17%.

Keywords : *Green Networks, Virtualization, Divais thin-Client, Infrastructure, Performance, Economical*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas	ii
Halaman Pengesahan	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	viii
Daftar Singkatan	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penulisan	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Penerapan Konsep <i>Green Networks</i>	5
2.2. Definisi Virtualisasi	9
2.3. Virtualisasi Desktop	12
2.4. Virtualisasi <i>Hardware Full Virtualization</i>	14
2.5. Fitur Shared Memory Pada Sistem Operasi <i>Linux</i>	15
2.6. Kualitas Daya Listrik	17
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI	19
3.1. Penentuan Sistem operasi Yang Digunakan	19
3.2. Rancangan Infrastruktur	20
3.3. Komponen <i>Software</i> Yang Digunakan	22
3.4. Komponen <i>Hardware</i> Yang Digunakan	27
3.5. Parameter Pengukuran Unjuk kerja	29

3.6 Komponen Pengukur Unjuk kerja Infrastruktur	29
3.7 Metode Pengukuran Unjuk kerja Infrastruktur	32

BAB IV ANALISIS DARI SEGI UNJUK KERJA DAN EKONOMIS DAN DAMPAK LINGKUNGAN 37

4.1 Analisis Penggunaan <i>Resources Memory</i>	37
4.2 Analisis Konsumsi Daya Listrik	40
4.4 Analisis Ekonomis	47
4.5 Analisis Dampak Lingkungan	50

BAB V KESIMPULAN 54

DAFTAR ACUAN 55

DAFTAR PUSTAKA..... 58



DAFTAR GAMBAR

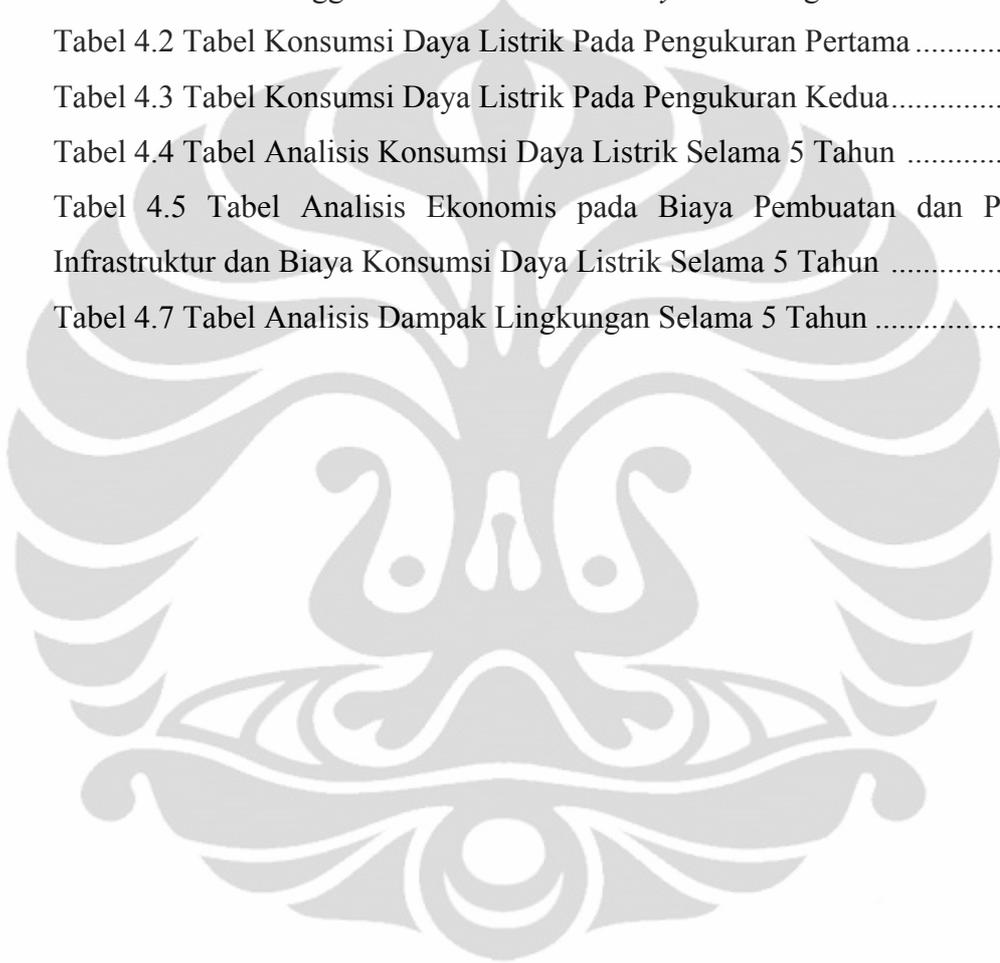
Gambar 1.1 Faktor Pendorong dan Manfaat <i>Green Network</i>	2
Gambar 2.1 Diagram skema <i>Virtual Memory</i>	11
Gambar 2.2 Diagram Skema Virtualisasi <i>Desktop</i>	13
Gambar 2.3 Implementasi Virtualisasi <i>Desktop</i>	14
Gambar 2.4 Ilustrasi Sistem Virtualisasi <i>Hardware</i> pada <i>Full Virtualization</i>	15
Gambar 2.5 Ilustrasi Penggunaan <i>Memory</i> pada <i>Server</i> dengan Sistem Operasi <i>Microsoft Windows</i>	16
Gambar 2.6 Ilustrasi Penggunaan <i>Memory</i> pada <i>Server</i> dengan Sistem Operasi <i>Linux</i>	17
Gambar 2.7 Diagram Hubungan Segitiga Daya	18
Gambar 3.1 Rancangan Topologi Jaringan Komputer	21
Gambar 3.2 Tampilan Mode Untuk Memonitor Setiap <i>Session</i> Pada Divais <i>thin Client</i>	25
Gambar 3.3 Tampilan Informasi <i>Session</i> yang Dibuka oleh salah satu Divais <i>thin Client</i>	25
Gambar 3.4 Tampilan Informasi Terminal yang Memberikan Info Nama Divais, Sertial Number, <i>User Name</i> , dan Status Aktivasi	25
Gambar 3.5 Tampak Depan dari Divais <i>NComputing L300</i>	28
Gambar 3.6 Tampilan Menu Setting pada Aplikasi <i>Cacti</i>	30
Gambar 3.7 Tampilan Edit Grafik di Menu Divaiss pada Aplikasi <i>Cacti</i>	31
Gambar 3.8 Tampilan Alat <i>Hioki Power Analyzer</i> secara lengkap	32
Gambar 4.1 Grafik Penggunaan <i>Resources Memory</i> Pada Pengukuran Kedua ...	37
Gambar 4.2 Grafik Konsumsi Daya Listrik Pada Pengukuran Pertama	41
Gambar 4.3 Grafik Konsumsi Daya Listrik Pada Pengukuran Kedua	43
Gambar 4.4 Grafik Analisis Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun	46
Gambar 4.5 Grafik Analisis Penghematan Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun	47
Gambar 4.6 Grafik Analisis Ekonomis pada Biaya Pembuatan Infrastruktur dan Biaya Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun	50

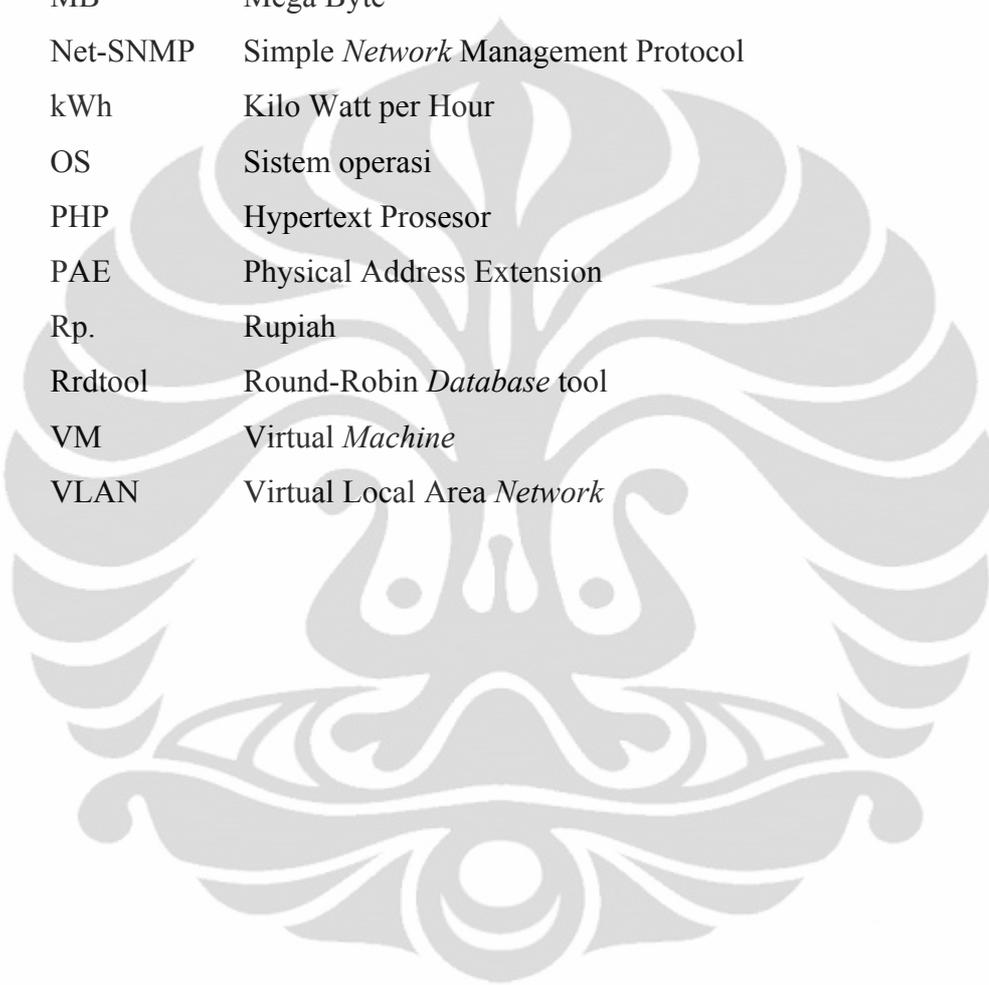
Gambar 4.7 Grafik Analisis Dampak Lingkungan Selama 5 Tahun53



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Daftar <i>IP Address</i> Komputer Server dan Setiap Divais <i>Thin Client</i>	22
Tabel 4.1 Tabel Penggunaan <i>Resources Memory</i> Pada Pengukuran Kedua.....	38
Tabel 4.2 Tabel Konsumsi Daya Listrik Pada Pengukuran Pertama	41
Tabel 4.3 Tabel Konsumsi Daya Listrik Pada Pengukuran Kedua.....	42
Tabel 4.4 Tabel Analisis Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun	44
Tabel 4.5 Tabel Analisis Ekonomis pada Biaya Pembuatan dan Perawatan Infrastruktur dan Biaya Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun	49
Tabel 4.7 Tabel Analisis Dampak Lingkungan Selama 5 Tahun	52



DAFTAR SINGKATAN

EB	Exa Byte
GB	Giga Byte
MB	Mega Byte
Net-SNMP	Simple <i>Network</i> Management Protocol
kWh	Kilo Watt per Hour
OS	Sistem operasi
PHP	Hypertext Prosesor
PAE	Physical Address Extension
Rp.	Rupiah
Rrdtool	Round-Robin <i>Database</i> tool
VM	Virtual <i>Machine</i>
VLAN	Virtual Local Area <i>Network</i>

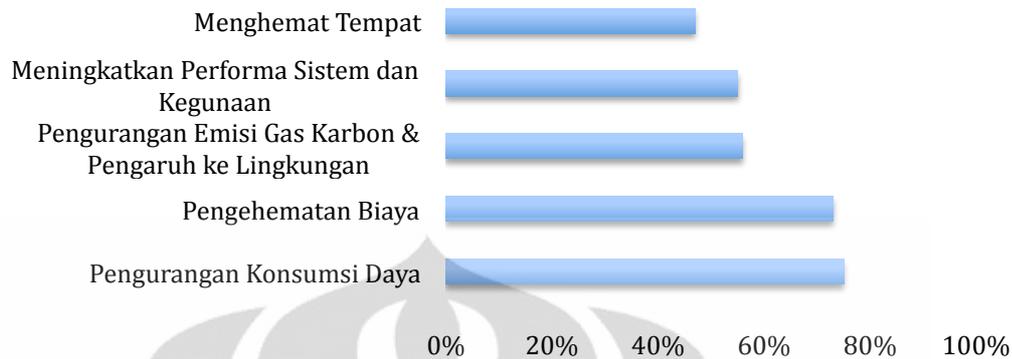
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman sekarang ini dimana perkembangan teknologi sangatlah pesat, bukan hanya aspek unjuk kerja saja yang perlu diperhatikan ketika mengembangkan suatu teknologi, tetapi juga harus memperhatikan aspek efisiensinya. Dalam hal ini aspek efisiensi yang dimaksud adalah penggunaan seminimal mungkin sumber daya energi, fasilitas atau peralatan, dan biaya. Hal yang perlu diperhatikan juga adalah aspek polusi. Hampir kebanyakan dari berbagai teknologi yang dikembangkan manusia kurang memperhatikan aspek pembuangan polusi yang diakibatkan kerja teknologi tersebut, misalnya pada polusi gas karbon. Atas dasar pelestarian lingkungan, maka digagaslah konsep *Green Technology* yang mempunyai makna suatu teknologi yang ramah lingkungan dimana sumber daya energi, fasilitas atau peralatan, serta biaya telah diminimalisir sekecil mungkin [10]. Diantara jenis-jenis implementasi konsep *Green Technology* terdapat konsep yaitu *Green Networks*. *Green Networks* adalah suatu implementasi dari konsep *Green Technology* yang mana spesifikasi pengembangannya adalah di sektor jaringan komputer.

Sebelumnya tentu telah diketahui bahwa jaringan komputer telah masuk ke dalam segala bidang, telah dipergunakan oleh berbagai macam jenis perusahaan, namun ternyata sebenarnya jaringan komputer juga memberikan dampak yang cukup besar bagi lingkungan. Semua infrastruktur jaringan komputer telah mengambil daya listrik yang cukup signifikan, dan juga telah menyebabkan pembuangan gas karbon yang cukup signifikan. Atas pertimbangan tersebut perlu adanya infrastruktur jaringan komputer yang ramah lingkungan. Pertimbangan tersebut juga dipengaruhi oleh statistik manfaat dari implementasi *Green Networks* yang tersaji di gambar 1. 1.



Gambar 1. 1 Faktor Pendorong dan Manfaat *Green Networks*

Sebenarnya penerapan konsep *Green Networks* sendiri ada berbagai macam dan mungkin tidak semua point dari konsep *Green Networks* itu sendiri dapat diimplementasikan dalam jaringan komputer berskala kecil. Namun pada penelitian ini akan diusahakan untuk memaksimalkan konsep *Green networks*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan penelitian ini adalah menganalisis nilai efisiensi dari implementasi konsep *Green Networks* ke dalam infrastruktur jaringan komputer berskala kecil. Langkah-langkah yang akan dilakukan antara lain mengimplementasikan virtualisasi *hardware* dan virtualisasi *desktop* (sistem divais *thin-client*). Implementasi tersebut dilakukan di area laboratorium Mercator FTUI. Setelah kedua virtualisasi tersebut sudah diimplementasikan pada infrastruktur maka akan dilakukan pengukuran unjuk kerja. Hasil dari pengukuran unjuk kerja ini dapat dikembangkan menjadi analisis penggunaan *resources memory*, analisis konsumsi daya listrik, analisis ekonomis, dan analisis dampak lingkungan. Hasil dari analisis-analisis tersebut dapat menjadi tolak ukur nilai efisiensi dari implementasi konsep *Green Networks* ke dalam infrastruktur jaringan komputer berskala kecil.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini dibatasi pada analisis efisiensi dari penerapan konsep *Green Networks* dengan melakukan pembangunan infrastruktur jaringan komputer berskala kecil di area laboratorium Mercator FTUI. Penerapan konsep *Green Network* itu sendiri dibatasi pada penerapan virtualisasi pada komputer, baik dari segi *hardware* maupun *software*. Virtualisasi yang akan diterapkan dalam infrastruktur ada dua yaitu virtualisasi *desktop* dan virtualisasi *hardware full-virtualization*. Virtualisasi *desktop* sebagai dasar interaksi antara *client* dengan *server* dimana *server* akan memvirtualisasikan *session-session* yang diprosesnya untuk kemudian ditampilkan di *client*. Virtualisasi *desktop* ini akan berdasar pada sistem operasi *Linux Ubuntu*.

Virtualisasi *hardware full virtualization* sebagai acuan dalam operasi dari virtualisasi *desktop* itu sendiri. Dalam virtualisasi *hardware full virtualization* nanti akan dilakukan instalasi sebuah virtual *machine* yang berisi sistem operasi *Microsoft Windows XP*. Virtual *machine* ini akan menjadi fokus pengukuran unjuk kerja infrastruktur.

Pengukuran unjuk kerja infrastruktur nanti akan terkait dengan dua parameter yaitu penggunaan *resources memory* dan konsumsi daya listrik. Data-data dari pengukuran unjuk kerja tersebut akan digunakan untuk beberapa analisis. Analisis-analisis tersebut yaitu analisis penggunaan *resources memory*, analisis konsumsi daya listrik, analisis ekonomis, dan analisis dampak lingkungan.

1.4 Sistematika Penulisan

Pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi lima bab, yaitu:

Bab 1 Pendahuluan

Bagian ini terdiri dari Latar Belakang, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan.

Bab 2 Dasar Teori

Bagian ini berisi Penerapan Konsep *Green Networks*, Virtualisasi, Virtualisasi *Desktop*, Virtualisasi *Hardware Full Virtualization*, Fitur *Shared Memory* Pada Sistem Operasi *Linux* dan Kualitas Daya Listrik.

Bab 3 Perancangan dan Implementasi

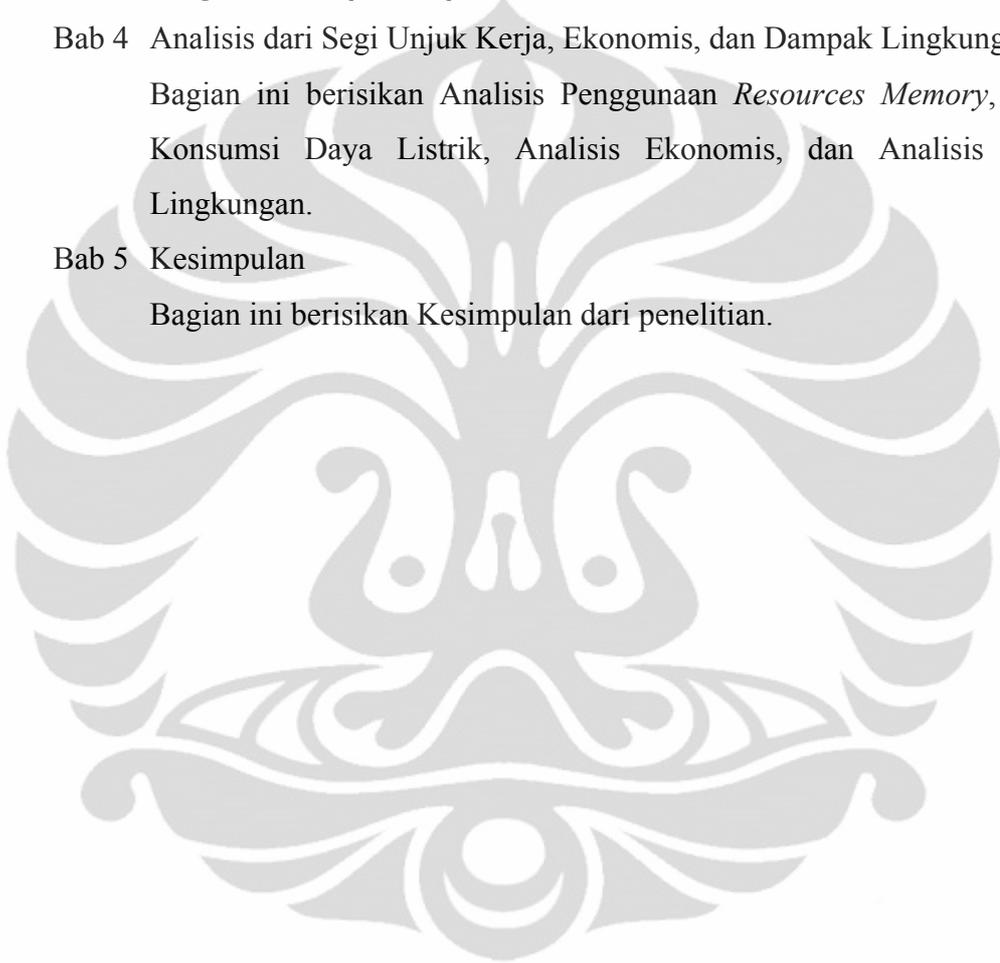
Bagian ini berisi Penentuan Sistem operasi Yang Digunakan, Rancangan Infrastruktur, Komponen Software Yang Digunakan, Komponen *Hardware* Yang Digunakan, Parameter Pengukuran Unjuk Kerja, Komponen Pengukuran Unjuk Kerja Infrastruktur, dan Metode Pengukuran Unjuk Kerja Infrastruktur.

Bab 4 Analisis dari Segi Unjuk Kerja, Ekonomis, dan Dampak Lingkungan

Bagian ini berisikan Analisis Penggunaan *Resources Memory*, Analisis Konsumsi Daya Listrik, Analisis Ekonomis, dan Analisis Dampak Lingkungan.

Bab 5 Kesimpulan

Bagian ini berisikan Kesimpulan dari penelitian.



BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Penerapan Konsep *Green Networks*

Ada beberapa bagian penting yang menjadi area utama dalam penerapan konsep *Green Networks* yaitu [14]:

- a. Perancangan infrastruktur jaringan dengan tujuan pemeliharaan lingkungan.
- b. Komputer yang beroperasi secara efisien.
- c. Manajemen sumber daya energi.
- d. Perancangan *data center*.
- e. Virtualisasi.
- f. Pembuangan material yang bertanggung jawab dan daur ulang.
- g. Penggunaan sumber daya energi daur ulang

Berikut akan dibahas satu persatu setiap area utama diatas:

- a. Perancangan infrastruktur jaringan dengan tujuan pemeliharaan lingkungan:

Area ini sebenarnya adalah area yang sangat fundamental dalam konsep *Green Networks*. Bagaimanapun perancangan infrastruktur jaringan walaupun sudah memenuhi salah satu syarat utama dari *Green Technology* (*low power consumption, low resources, dan low cost*) namun jika tidak dilandasi dengan tujuan pemeliharaan lingkungan maka tentunya sangatlah sia-sia. Sebagai contoh jika sebuah *vendor* membuat suatu divais yang murah dan hemat daya listrik namun divais tersebut banyak menghasilkan emisi gas karbon dengan tujuan hanya untuk menarik pangsa pasar, maka konsep dari *Green Networks* tidak terlaksana dengan baik.

- b. Komputer yang beroperasi secara efisien:

Pada dasarnya setelah diteliti, banyak penggunaan komputer yang penggunaannya sangatlah minim padahal komputer tersebut mempunyai spesifikasi *resources* yang sangat memadai. Kebanyakan para konsumen hanya berpikir untuk mencari komputer dengan spesifikasi yang terbaru,

tanpa mempertimbangkan spesifikasi apakah yang cocok baginya sendiri dalam penggunaannya nanti. Salah satu cara untuk membuat komputer beroperasi secara efisien adalah *system* divais *thin-client*. Divais *thin-client* adalah suatu komputer atau program komputer yang sangat bergantung pada peran komputer lain (*server*-nya) untuk melakukan fungsi komputasi. Hal ini berbeda dengan konsep *fat-client* dimana komputer dimana suatu komputer dirancang hanya berperan untuk melakukan fungsi-fungsi komputasi bagi dirinya sendiri. Peran dari *server* tersebut dapat bermacam-macam, dari penyediaan data yang tetap sampai pemrosesan informasi secara actual pada bagian *client*. Divais *thin-client* beroperasi sebagai komponen dari suatu infrastruktur komputer yang berskala luas, yang mana banyak *client* melakukan komputasi secara bersamaan dalam *server* yang sama. Konsep ini sangatlah menarik dibandingkan konsep individual *fat-client* yang membutuhkan fasilitas atau sumber daya energi yang lebih dibandingkan pemakaian infrastruktur tersebut sebenarnya.

c. Manajemen sumber daya energi:

Manajemen sumber daya energi adalah salah satu bagian penting dalam penerapan *Green Networks*. Manajemen sumber daya energi harus mengurangi konsumsi sumber daya energi dengan mengoptimalkan unjuk kerja, mengoptimalkan *resources* yang sedang tidak dipakai (*idle*), dan berbagai macam metode lainnya. Sebagai contoh ketika suatu komputer yang mengambil daya 12 Watts ketika sistem dalam kondisi *idle*, maka ketika dilakukan aktivitas lain dalam komputer tersebut akan menambah jumlah konsumsi daya listrik lebih dari nilai 12 Watts tersebut. Hal ini mengakibatkan bisa saja ketika dilakukan suatu aktivitas setelah komputer dalam kondisi *idle*, mengakibatkan konsumsi daya listrik energi paling tidak 25 Watts atau bahkan lebih. Atas contoh tersebut terlihat sangat penting sekali *point* manajemen sumber daya energi dalam penerapan konsep *Green Networks*.

d. Perancangan *data center* :

Data center dalam jaringan komputer adalah suatu lokasi yang sangat menghabiskan konsumsi daya listrik. Hal ini dikarenakan *data center* harus berfungsi terus menerus selama 24 jam. Dapat dibayangkan jika suatu *data center* mempunyai berpuluh-puluh *server* maka pasti energi yang digunakan sangatlah banyak. Dalam merancang *data center* selain harus dipertimbangkan faktor keamanan bagi *data center* itu sendiri, juga harus diperhatikan dampak lingkungan yang diberikan oleh *data center* itu sendiri. Salah satu pionir hal ini adalah *Google.inc* yang mana mereka telah merancang *data center* mereka berdekatan dengan lokasi suatu air terjun sehingga daya untuk menghidupi *data center* tersebut cukup didapat dari konversi tenaga air terjun tersebut saja.

e. Virtualisasi :

Virtualisasi terdiri dari berbagai jenis. Salah satunya adalah virtual *machine*. Berikut akan diberikan contoh virtual *machine* pada *server*. Diakibatkan semakin banyak sistem operasi yang harus ditangani oleh suatu *server*, beberapa perusahaan terpaksa mengucurkan dana lebih agar dapat bekerja dalam beberapa sistem operasi tersebut [19]. Padahal harga satu buah mesin *server* sangatlah mahal. Bayangkan jika suatu perusahaan harus melayani *client* yang menggunakan bermacam-macam sistem operasi misalnya *Microsoft Windows*, *Linux Ubuntu*, *Mac OS X*, dan lain-lain. Tentu hal ini adalah pemborosan. Karena itulah untuk memecahkan masalah tersebut dilakukan suatu metode yang bernama virtual *machine*. Sistem virtual *machine* pada *server* adalah teknologi yang diimplementasikan pada suatu *server* yang melakukan pengalokasian *resources* yang bersifat dinamis (tidak sebenarnya ada dalam bentuk fisik). Dengan adanya *system* virtual *machine* ini pengguna tidak perlu membeli *server* baru jika hanya ingin melayani suatu *client*. Pengguna cukup melakukan virtualisasi *machine server* dengan sistem operasi yang diinginkan sehingga dalam satu *server* dapat menjalankan fungsi *server* dalam beberapa sistem operasi. Virtualisasi *server* hanya salah satu bagian dari virtualisasi dan masih banyak virtualisasi yang lain. Sistem divais

thin-client juga termasuk dalam salah satu pengembangan dari virtualisasi yaitu virtualisasi *desktop*.

- f. Pembuangan material yang bertanggung jawab dan pendaur ulangan: Bukan hanya divais yang dapat berfungsi yang diperhatikan, namun juga divais yang tidak dapat berfungsi juga patut diperhatikan. Ketika membuang divais yang sudah tidak dapat berfungsi harus dipilah-pilah dalam membuangnya. Untuk bagian tertentu salah satunya batere harus dipisahkan. Ada beberapa batere yang masih mengandung bahan material yang cukup berbahaya jika dibuang secara sembarangan. Salah satu material yang berbahaya adalah material mercury. Ada baiknya ketika ditemukan bagian divais yang rusak yang mengandung material yang cukup berbahaya lebih baik dikirimkan ke vendor tersebut agar dimusnahkan secara aman karena sudah pasti mereka mengerti prosedur yang baik dalam memusnahkan divais yang mengandung material berbahaya. Atau mungkin saja material tersebut dapat didaur ulang oleh mereka. Hal ini tentu lebih bermanfaat ketimbang hanya dibuang ke tempat sampah biasa.
- g. Penggunaan sumber daya energi daur ulang: Banyak material-material yang terbuang jika didaur ulang dapat menjadi sebuah energi baru. Dengan adanya sistem tersebut maka suatu material yang sudah tidak dipakai masih dapat dimanfaatkan lagi.

Dari 7 konsep diatas tidak semuanya dapat diimplementasikan ke dalam jaringan komputer skala kecil. Konsep perancangan *data center* sudah pasti tidak mungkin diterapkan karena pada penelitian ini seperti sudah dikemukakan dibagian batasan masalah pada bab 1 bahwa penelitian ini bertujuan membangun infrastruktur jaringan komputer berskala kecil. Konsep lainnya juga ada yang tidak mungkin diterapkan seperti konsep pembuangan material yang bertanggung jawab dan pendaur ulangan serta konsep penggunaan sumber daya energi daur ulang. Konsep pembuangan material yang bertanggung jawab dan pendaur ulangan agak melenceng dari bidang ilmu yang dipelajari karena untuk menerapkan konsep tersebut diperlukan pemahaman di bidang teknik material.

Konsep penggunaan sumber daya energi daur ulang pun tidak masuk dalam konsentrasi yang didalami karena konsep ini banyak berkuat pada konsentrasi konversi energi listrik pada program studi teknik elektro.

2.2 Definisi Virtualisasi

Virtualisasi [7] adalah tindakan mengkonversi versi bayangan dari sesuatu, misalnya sebuah sistem operasi, suatu *server*, suatu divais penyimpan data atau alat jaringan komputer. Tujuan utama dari virtualisasi adalah untuk mensentralisasi tugas operasi dengan mengembangkan skalabilitas dan jumlah pekerjaan yang dapat dilaksanakan. Jadi intinya virtualisasi dijalankan dengan mengurangi *resources* seminim mungkin untuk dapat melakukan proses komputasi semaksimal mungkin.

Virtualisasi yang utama terbagi menjadi lima, yaitu :

- a. Virtualisasi *hardware* : virtualisasi yang melakukan eksekusi dari *software* dalam suatu area yang terpisah dari *resources hardware*. Jadi eksekusi dari suatu *software* dijalankan tidak berbasis pada keberadaan *resources hardware* secara fisik.
- b. Virtualisasi *memory* : virtualisasi dari perangkat *memory* dengan mengambil sebagian *resources harddisk* untuk menggantikan peran *memory* jika *memory* tidak mampu untuk menampung lagi.
- c. Virtualisasi *storage* : virtualisasi yang menyediakan *resources storage* yang secara *logical* ada namun secara fisikal tidak ada.
- d. Virtualisasi data : virtualisasi dari data yang terbebas dari sistem *database* secara fisikal, struktur dan *storage*-nya.
- e. Virtualisasi *network* : virtualisasi yang melakukan penggabungan *resources network* baik *hardware* dan *software*, dimana *network* berfungsi menjadi satu kesatuan yang secara administrative berbasis *software*, yaitu suatu virtual *network*

Selanjutnya akan dijelaskan dua virtualisasi utama yang telah disebutkan diatas secara detail.

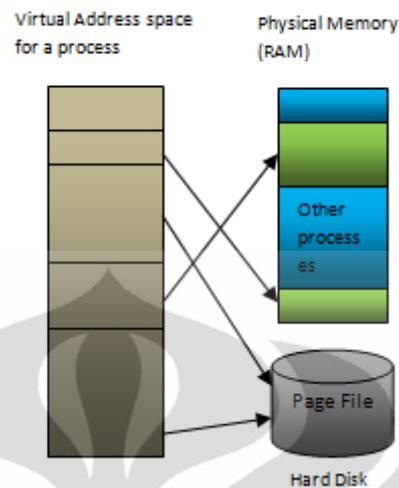
a. Virtualisasi *Hardware*:

Virtualisasi *hardware* adalah virtualisasi yang melakukan eksekusi dari *software* dalam suatu area yang terpisah dari *resources hardware*. Virtualisasi *hardware* menghilangkan karakteristik fisik sistem operasi. *Software* yang digunakan untuk mengendalikan virtualisasi hardware biasa disebut dengan virtual *machine* monitor.

Dalam virtualisasi *hardware*-pun terdapat dua jenis. Yang pertama adalah *full virtualization*. Mengenai bagian *full virtualization* dalam virtualisasi *hardware* akan dijelaskan lebih lengkap di subbab selanjutnya. Namun pada dasarnya *full virtualization* adalah jenis dari virtualisasi *hardware* yang memvirtualkan semua bagian dari operating sistem. Yang kedua adalah *partial virtualization*. Dalam *partial virtualization*, semua bagian dalam sistem operasi tidak dijalankan dalam virtual *machine*, namun hanya bagian-bagian tertentu yang berkaitan dengan suatu aplikasi. Atas dasar inilah maka jenis ini disebut *partial virtualization* dikarenakan hanya bagian yang terkait dengan suatu aplikasi saja yang divirtualisasi, tidak termasuk sistem operasinya. *Partial virtualization* dalam penggunaan *resources* lebih efisien dibandingkan dengan *full virtualization*.

b. Virtualisasi *Memory*:

Virtualisasi *memory* adalah suatu teknik manajemen *memory* yang dikembangkan untuk mengerjakan *multitasking kernels*. Teknik ini memvirtualisasikan divais *memory* (RAM dan harddisk) dalam suatu arsitektur komputer dimana desain arsitektur tersebut dirancang seakan-akan hanya terdapat satu divais *memory*. Hal ini menjadikan antara RAM dan *harddisk* terjadi penggabungan fungsi. Sebagian alokasi dari harddisk dapat digunakan sebagai pengganti *memory* selama sesaat. Biasanya pengalihan tugas ini terjadi apabila alokasi *memory* sudah digunakan semua.



Gambar 2. 1 Diagram skema Virtual Memory [8]

Gambar 2. 1 memperlihatkan diagram skema dari virtual *memory*. Dari gambar diatas mengilustrasikan bahwa virtual *memory* dapat melakukan pemrosesan dengan menggunakan *resources* di *memory* asli dan *hardware diskdrive* secara simultan.

Proses virtualisasi *memory* terjadi ketika *memory* asli tidak mampu menyimpan data yang akan diproses lagi sehingga membutuhkan alokasi *storage* lagi.

c. Virtualisasi *Storage*:

Virtualisasi *storage* [18] adalah suatu konsep dimana sistem *storage* memanfaatkan *hardware* dan *software* yang dispesialisasikan bersama dengan *diskdrive* dengan tujuan untuk menyediakan *storage* yang handal dan efisien untuk proses komputasi dan pemrosesan data.

d. Virtualisasi Data:

Virtualisasi data dibagi dalam 2 jenis yaitu virtualisasi data dan virtualisasi *database*. Virtualisasi data [9] adalah metode virtualisasi dari data yang diisi didalam suatu varietas dari *database*. Data tersebut dapat diakses tanpa mempertimbangkan keberadaan *physical storage*. Konsep ini biasanya digunakan didalam *grid computing* dan *cloud computing*.

Virtualisasi *database* [1] adalah virtualisasi *layer database*, yang mana berada antara *layer storage* dan *layer aplikasi*. Virtualisasi pada *layer*

database mendukung *resources hardware* untuk dapat dipergunakan secara bersamaan oleh pengguna.

c. *Virtualisasi Network:*

Virtualisasi network [5] adalah proses penggabungan *resources network* baik *hardware* dan *software*, dimana *network* berfungsi menjadi satu kesatuan yaitu *virtual network*. Jenis dari *virtualisasi network* ada dua yaitu *external* dan *internal*.

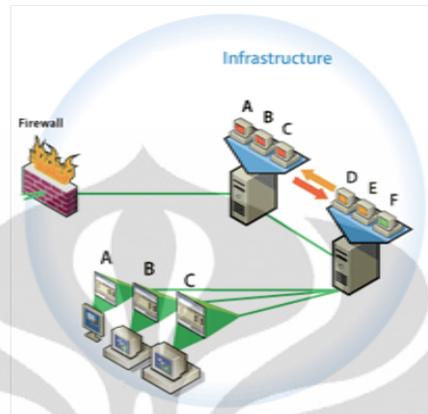
2.3 *Virtualisasi Desktop*

Virtualisasi desktop [22] atau biasa disebut *virtualisasi client*, pada dasarnya adalah *virtualisasi* dari suatu komputer yang menggunakan model *client-server* untuk melakukan proses komputasi. Karena itu, saat *client* bekerja dari *remote desktop client* miliknya, semua program, aplikasi, pemrosesan, dan data yang digunakan disimpan dan dijalankan secara *remote* di komputer *server*. Pada dasarnya *client* hanyalah membuka *session-session* tertentu yang dimiliki dan diproses oleh *server*. Infrastruktur *virtual desktop* disebut sebagai *Virtual Desktop Interface (VDI)*.

Salah satu implementasi dari konsep *virtualisasi desktop* adalah infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client*. Sebenarnya implementasi dari *virtual desktop* tidak harus menggunakan divais khusus seperti divais *thin client*. Pengembangannya bisa menggunakan komputer konvensional yang melakukan proses *booting* melalui *network card* yang mendukung fitur *PXE boot*. Karena itu implementasi dari *virtualisasi desktop* tidak terbatas pada divais-divais tertentu saja.

Divais yang melakukan *virtualisasi desktop* (baik komputer konvensional maupun divais *thin client*) dapat direferensikan menjadi [12] suatu komputer yang sangat bergantung pada komputer lain untuk melakukan operasinya. Pada dasarnya divais tersebut hanya berfungsi sebagai interface, sementara komputer *server* pada jaringan komputer tersebut mengerjakan semua proses komputasi. Jika ditilik dari segi pemrosesan proses komputasi, divais tersebut tidak dapat diklasifikasikan sebagai sebuah komputer. Hal ini berlaku baik divais itu adalah divais *thin client* ataupun komputer konvensional. Gambar 2. 2 mengilustrasikan

struktur virtualisasi desktop. Pada gambar tersebut digambarkan bahwa proses yang ditampilkan di semua divais dilakukan secara paralel.



Gambar 2. 2 Diagram Skema Virtualisasi Desktop [16]

Virtualisasi *desktop* dirancang untuk menunjang berbagai kegiatan. Dari penggunaan aplikasi yang ringan seperti pengoperasian *office stuff* sampai penggunaan aplikasi yang berat seperti simulasi komputasi numerik (*MATLAB*, *Scilab*) maupun virtualisasi *hardware* (*virtualBox*, *Vmware*, dan lain-lain). Dari penggunaan jaringan komputer skala kecil seperti laboratorium sekolah atau universitas sampai penggunaan jaringan komputer skala besar seperti perkantoran. Semua hal tersebut bergantung pada alokasi *memory* pada komputer server. Hal ini dikarenakan sebenarnya secara proses komputer server mengerjakan semua proses yang diminta oleh *client*, dan semua proses tersebut diproses oleh server. *Client* dalam hal ini hanya menggunakan *session-session* tertentu yang disediakan oleh komputer *server*.

Tujuan utama digunakannya virtualisasi desktop adalah penghematan biaya pembelian komponen, penghematan biaya konsumsi daya listrik, kemudahan dalam melakukan maintenance, dan keamanan.



Gambar 2. 3 Implementasi Virtualisasi Desktop

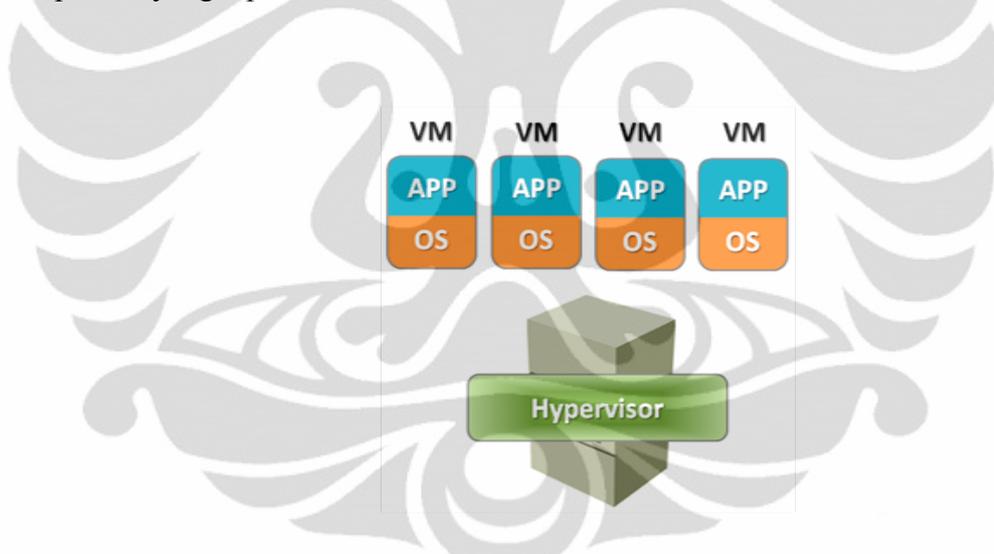
Pengguna yang tidak ahli dalam dunia komputer akan menjadi dimudahkan karena semua proses tersentralisasi pada server. Jadi jika suatu saat ada masalah yang terjadi *client* tidak perlu direpotkan menghadapi masalah tersebut. Selain itu dari segi keamanan lebih terjamin karena komputer server dapat memantau aktivitas setiap *client*. Penggunaan session-session untuk setiap *client* juga membuat *client* hanya mempunyai akses terbatas pada program-program atau data-data tertentu. Membatasi semua proses komputasi pada satu *server* jaringan komputer menjadikan wilayah yang harus diproteksi dapat fokus di satu wilayah. Hal ini tentu memudahkan kerja administrator.

2.4 Virtualisasi *Hardware Full Virtualization*

Dalam *full virtualization*, *virtual machine* mensimulasikan *hardware* untuk menjalankan “*guest OS*” untuk dijalankan dalam isolasi. *Guest OS* ini biasa disebut juga dengan *virtual machine*. Pada intinya dalam suatu komputer dapat menjalankan suatu sistem operasi tambahan cukup dengan melakukan virtualisasi. Berbeda dengan *partial virtualization*, *full virtualization* melakukan virtualisasi semua bagian dari sistem operasi. Hal ini mengakibatkan dalam pengoperasiannya *full virtualization* menghabiskan *resources* yang lebih banyak dibanding *partial virtualization*.

Sebagai contoh satu virtual *machine* minimal mengambil alokasi virtual *CPU* sebanyak 1. Begitu juga dengan penggunaan *resources memory*. Virtual *machine* menggunakan *resources memory* secara terus menerus selama masa aktifnya. Selain itu banyaknya *resources memory* yang digunakan oleh virtual *machine* untuk menjalankan suatu sistem operasi sama dengan banyaknya *resources memory* yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem operasi tersebut pada komputer konvensional. Jadi pada dasarnya virtualisasi hardware jenis *full virtualization* ini menghabiskan resources yang cukup banyak jika dibandingkan dengan virtualisasi hardware jenis *partial virtualization*.

Walaupun menghabiskan *resources* yang banyak namun pada dasarnya jenis virtualisasi *hardware* ini sangatlah berguna. Jika memang banyak aplikasi yang ingin digunakan pada sistem operasi tertentu maka *full virtualization* adalah pilihan yang tepat.



Gambar 2. 3 Ilustrasi Sistem Virtualisasi *Hardware* pada *Full Virtualization* [11]

2.5 Fitur Shared Memory Pada Sistem Operasi *Linux*

Shared memory adalah fitur dimana ketika *server* mendeteksi bahwa suatu program telah dijalankan oleh salah satu divais *thin-client* dimana sudah pasti menggunakan *resources memory* pada *server*, maka ketika ada divais *thin-client* lain yang ingin menggunakan aplikasi yang sama maka tidak perlu lagi menggunakan *resources memory* pada *server*. Hal ini akan terus berulang tidak peduli berapa banyak divais *thin-client* yang membuka aplikasi selama aplikasi tersebut adalah aplikasi yang sama (yang telah dibuka oleh divais *thin-client*

lainnya) maka tidak ada penambahan penggunaan *resources memory* pada *server*. Pengecualian terdapat apabila divais *thin-client* tersebut menjalankan suatu aplikasi yang mana pada saat itu divais *thin-client* lainnya tidak menjalankan aplikasi tersebut. Tentunya pada kondisi ini akan terjadi penambahan penggunaan *resources memory* pada *server*.

Sebagai contoh perbandingan kelebihan fitur *shared memory* akan dibahas secara lebih detail. Misalnya ketika akan meng-install suatu aplikasi bernama “MainanSeru” yang mana dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi (dalam contoh ini diambil model sistem operasi *Linux* dan *Microsoft Windows*). Asumsikan jika akan dikembangkan 10 divais *thin-client*. Asumsikan juga bahwa untuk menjalankan aplikasi MainanSeru tersebut menggunakan *resources memory* sebesar 256MB ditambah 10MB untuk work space setiap divais *thin-client*.

Dalam *Microsoft Windows* tidak terdapat fitur *shared memory*. Jadi ketika suatu *server* tadi dengan sistem operasi *Microsoft Windows* dimana 10 divais *thin-client* yang terhubung dengan *server* tersebut ingin menjalankan aplikasi MainanSeru, maka perhitungan memorinya adalah sebesar 2.66GB ((256MB + 10 MB + 1MB) X 10). Gambar 2. 5 mengilustrasikan penggunaan *memory* pada *server* dengan sistem operasi *Microsoft Windows*.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Penggunaan *Memory* pada *Server* dengan Sistem Operasi *Microsoft Windows* [17]

Mengacu pada contoh yang diberikan diatas, jika suatu infrastruktur divais *thin-client* yang menggunakan sistem operasi *Linux* dengan 10 divais *thin-client*

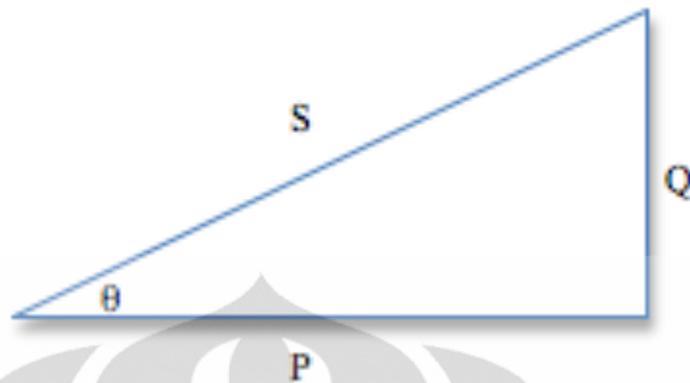
ingin menjalankan aplikasi MainanSeru, maka penggunaan *resources memory* pada *server* hanya sebesar 356MB ($(10\text{MB} * 10\text{MB}) + 256\text{MB}$). Hal ini sesuai dengan kelebihan sistem operasi *Linux* yang mempunyai fitur *shared memory*. Gambar 2. 6 mengilustrasikan penggunaan *memory* pada *server* dengan sistem operasi *Linux*.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Penggunaan *Memory* pada *Server* dengan Sistem Operasi *Linux* [17]

2.6 Kualitas Daya Listrik

Daya terbagi atas 3 jenis, yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). Daya aktif (P) merupakan daya yang benar-benar dikonsumsi atau diserap beban dan hanya ada pada beban resistif. Daya reaktif (Q) merupakan daya yang timbul karena akibat reaktansi beban (induktif atau kapasitif) terhadap sumber yaitu dipantulkan kembali ke sumber tergantung jenis beban, bernilai beban positif untuk beban induktif dan bernilai negatif untuk beban kapasitif. Daya semu (S) merupakan daya yang dibangkitkan oleh sumber (pembangkit), atau daya total dari daya aktif dan reaktif (penjumlahan trigonometri). Ketiga jenis daya tersebut membentuk suatu hubungan segitiga daya. Gambar 2. 7 menjelaskan hubungan antara ketiga daya tersebut.



Gambar 2. 7 Diagram Hubungan Segitiga Daya

Pada gambar 2. 7, antara daya semu (S) dan daya aktif (P) terdapat sudut. Sudut ini menjadi pembanding antara daya semu (S), daya aktif (P), dan daya reaktif (Q). Sudut ini adalah nilai perbandingan antara daya aktif (P) dengan daya semu (S). Hasil perkalian antara nilai daya semu (S) dengan cosines sudut tersebut menghasil nilai daya aktif (P). Sedangkan hasil perkalian antara nilai daya semu (S) dengan sines sudut tersebut menghasil nilai daya reaktif (Q). Rangkuman persamaan tersebut dijelaskan persamaan-persamaan dibawah.

1. $S = V * I [VA]$
2. $P = V * I * \cos \Theta [W]$
3. $Q = V * I * \sin \Theta [VAR]$
4. $|S| = \sqrt{P^2 + Q^2}$
5. $PF = \cos \Theta$

BAB 3

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Penentuan Sistem Operasi Yang Digunakan

Pada infrastruktur yang dibangun nanti salah satu aspek yang harus dipertimbangkan adalah sistem operasi yang digunakan. Hal ini dikarenakan dalam setiap sistem operasi prosedur untuk melakukan virtualisasi sangatlah berbeda-beda. Selain itu faktor biaya juga cukup menjadi faktor yang sangat diperhatikan, mengingat dalam implementasi konsep *Green Networks* bukan saja *resources* dan energi saja yang dipertimbangkan, namun juga biaya infrastruktur dari hal yang akan diimplementasikan nanti. Atas dasar tersebut diputuskan untuk menggunakan sistem operasi yang berbasis *open source*. Hal ini dikarenakan dari segi biaya sistem operasi yang berbasis *open source* lebih murah dari sistem operasi yang berbayar. Belum lisensi dari sistem operasi yang berbayar biasanya terbatas. Contohnya pada, sistem operasi *Microsoft Windows*, lisensi untuk sistem operasi terpisah dengan lisensi aplikasi-aplikasi, walaupun aplikasi itu adalah aplikasi yang sama-sama dikembangkan juga oleh *Microsoft*. Dari segi biaya terlihat jauh perbedaan biaya yang harus dikeluarkan antara menggunakan sistem operasi berbasis *open source* dengan sistem operasi berbayar.

Sistem operasi berbasis *open source* pun harus diseleksi kembali dari berbagai jenis yang ada. Sebagai pilihan utama akhirnya dipilih Linux sebagai sistem operasi yang akan digunakan sebagai sistem operasi utama pada *server* nanti. Alasan utama dipilihnya Linux adalah [13] fitur *shared memory* dalam Linux.

Mengenai pemilihan apakah menggunakan seri *Ubuntu server* atau *Ubuntu desktop* diputuskan untuk menggunakan *Ubuntu* edisi *desktop*. Terdapat tiga alasan mengapa diputuskan menggunakan seri *Ubuntu desktop*. Alasan pertama karena pada *Ubuntu desktop* secara default sudah terinstall *gnome* yang akan berfungsi sebagai *GUI* [4]. Alasan kedua adalah karena pada *Ubuntu desktop* sudah terinstall aplikasi-aplikasi yang dibutuhkan untuk penggunaan komputer secara normal (*web browser*, *OpenOffice*, dan lain-lain). Sebenarnya pada *Ubuntu server* tetap dapat menggunakan aplikasi-aplikasi tersebut namun terlebih dahulu

harus meng-install-nya secara manual. Alasan ketiga adalah karena *server* yang digunakan oleh pada dasarnya akan membagi *session-session* ke setiap divais *thin-clients*. Semua *session* tersebut sangat bergantung pada isi dari sistem operasi. Atas pertimbangan tersebut diputuskan untuk menggunakan seri *Ubuntu desktop*.

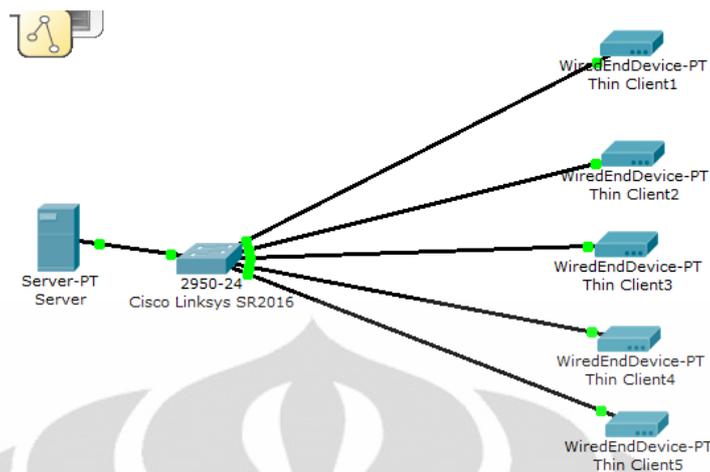
Mengenai edisi sistem operasi *Ubuntu* dipilih edisi *Ubuntu 10.04.2 LTS*. Edisi *Ubuntu 10.04.2 LTS* adalah seri sistem operasi *Ubuntu LTS* terbaru. Pertimbangan lain adalah edisi *Ubuntu 10.04.2 LTS* adalah salah satu sistem operasi yang kompatibel dengan *software vSpace* edisi L 3.1.3 [9].

3.2 Rancangan Infrastruktur

Dalam infrastruktur yang dibuat dirancang agar mengimplementasikan konsep *Green Networks* khususnya virtualisasi. Terdapat dua virtualisasi yang diimplementasikan yaitu virtualisas desktop dan virtualisasi hardware full virtualization.

Infrastruktur yang dibuat pada dasarnya adalah suatu jaringan komputer. Karena itu penting dalam perancangannya terlebih dahulu dibuat topologi jaringan dari jaringan komputer tersebut.

Pada rancangan yang dibuat, tujuannya adalah membuat suatu jaringan komputer yang terdiri dari 1 buah komputer *server* dan 5 buah terminal *client*. Kelima buah terminal *client* tersebut akan disambungkan ke sebuah *switch* yang berfungsi untuk menangani jaringan komputer tersebut dimana *switch* tersebut juga tersambung ke *server*. Komputer server akan terhubung ke jaringan laboratorium Mercator FTUI. Ilustrasi dari rancangan yang dibuat ditampilkan di gambar 3. 1.



Gambar 3. 1 Rancangan Topologi Jaringan Komputer

Tabel 3. 1 Daftar *IP Address* Komputer Server dan Setiap Divais *Thin Client*

No	Nama Perangkat	Alamat IP/Netmask
1	Server	152.118.106.45/24
2	<i>Switch</i>	192.168.1.1/24
3	<i>Thin Client 1</i>	192.168.1.2/24
4	<i>Thin Client 2</i>	192.168.1.3/24
5	<i>Thin Client 3</i>	192.168.1.4/24
6	<i>Thin Client 4</i>	192.168.1.5/24
7	<i>Thin Client 5</i>	192.168.1.6/24

Tabel 3. 1 memberikan informasi tentang *IP address* dari *interface* setiap divais. Berdasarkan Tabel 3. 1 ditentukan *IP address* dari *gateway* jaringan tersebut adalah 192.168.1.1/24. *IP address gateway* tersebut adalah *IP* bagi komputer *server* yang terhubung ke jaringan *LAN* laboratorium Mercator FTUI. Sedangkan *IP address* dari setiap divais thin client dari divais thin client 1 sampai divais thin client 5 berturut-turut adalah 192.168.1.2/24, 192.168.1.3/24, 192.168.1.4/24, 192.168.1.5/24, dan 192.168.1.6/24.

Dalam infrastruktur nanti akan terdiri dari berbagai komponen baik *hardware* dan *software*. Detail dari komponen-komponen tersebut akan dibahas di subbab selanjutnya. Namun komponen utama dari infrastruktur jaringan komputer nanti akan terdiri dari divais *thin client NComputing* seri L300.

Ada satu hal yang penting dalam topologi jaringan yang dirancang. Pada bagian kabel koneksi antara komputer *server* dan *switch*, digunakan kabel *gigabits ethernet*. Hal ini penting supaya tidak terjadi kondisi *bottleneck* di jaringan karena

traffic koneksi antara *server* dan *switch* sangatlah padat. Sebenarnya langkah diatas tidak perlu dilakukan apabila divais *thin client* yang digunakan hanya 1 buah. Cukup dengan menghubungkan komputer *server* dengan divais *thin client* menggunakan kabel *cross fast ethernet*. Namun, karena ingin digunakan lebih dari satu divais *thin client*, maka koneksi kabel antara komputer *server* ke *switch* menggunakan kabel *gigabits ethernet*. Mengenai kabel koneksi dari komputer server ke jaringan laboratorium Mercator FTUI cukup menggunakan kabel *fast ethernet*.

Pada rancangan koneksi kabel antara *switch* ke setiap divais *thin clients* minimal menggunakan kabel *ethernet* berkecepatan 100megabits/s. Jika menggunakan kabel yang mempunyai kecepatan dibawah kecepatan tersebut maka segala aktivitas dalam penggunaan divais *thin clients* akan berlangsung lambat [15]. Proses boot ketika menyalakan divais *thin client* akan berlangsung lambat karena terjadi kondisi *bottleneck*.

Dalam infrastruktur jaringan komputer nanti akan diinstalasi sebuah aplikasi virtual *hardware full virtualization* yaitu *virtualBox*. Dalam *virtualBox* nanti akan diinstalasi *virtualmachine* dengan sistem operasi *Microsoft Windows XP SP3* dengan *resources memory* sebesar 512 MB. Tujuan dari instalasi aplikasi tersebut selain sebagai pengukur unjuk kerja juga untuk menambahkan nilai kompatibilitas maupun nilai fleksibilitas. Jika pengguna ingin menggunakan aplikasi yang hanya ada di *Micosoft Windows* maka pengguna tinggal mengaktifkan virtual *machine* tersebut.

3.3 Komponen *Software* Yang Digunakan

Komponen *software* yang digunakan dalam pembuatan sistem adalah sebagai berikut :

- a. Sistem Operasi Linux *Ubuntu* 10.04.2 LTS (Lucid Lynx) 32-bits :

Edisi *Ubuntu* 10.04.2 LTS dipilih karena edisi tersebut adalah karena edisi *Ubuntu* ini adalah edisi yang kompatibel dengan *software vSpace* virtual *desktop* L 3.1.3. Edisi *Ubuntu* 10.04.2 LTS ini beroperasi pada level 32-bits. Pertimbangan ini karena jumlah *memory* yang digunakan untuk spesifikasi komputer *server* hanya sebesar 4 GB dan prosesor pada

komputer *server* tidak mempunyai kapabilitas untuk bekerja pada level 32-bits. Pada dasarnya jika menggunakan sistem operasi yang beroperasi pada level 32-bits, maka pada komputer tersebut yang terdeteksi akan kurang dari atau maksimal sebesar 4GB. Hal ini juga terjadi pada komputer *server*, yang terdeteksi dalam jumlah *memory* hanyalah sebesar 3.3 GB. Selisih *resources memory* tersebut sangatlah berpengaruh besar pada kelangsungan infrastruktur jaringan komputer yang dirancang. Atas pertimbangan itulah maka diputuskan melakukan sedikit modifikasi pada sistem operasi yang berjalan pada komputer *server*. Sistem operasi tersebut diintegrasikan dengan teknologi *Physical Address Extension (PAE)*. Teknologi *PAE* ini adalah teknologi yang membuat sistem operasi yang beroperasi pada level 32-bits dapat merubah limit *resources memory*-nya dari 4 GB menjadi kurang lebih 64 GB [2]. Satu-satunya hal yang menjadi hambatan implementasi teknologi *PAE* adalah kompatibilitasnya pada prosesor. Untuk memeriksa apakah teknologi *PAE* dapat diimplementasikan ke dalam komputer pengguna, pengguna cukup mengetik di terminal perintah yang tertulis dibawah :

```
grep --color=always -i PAE /proc/CPUinfo
```

Jika tertulis *PAE (Physical Address Extension)* dalam salah satu flags yang tampil di terminal, maka teknologi *PAE* dapat diimplementasikan ke dalam komputer pengguna. Untuk mengimplementasikan teknologi *Physical Address Extension* cukup mengetikkan perintah yang tertulis dibawah pada terminal :

```
sudo aptitude install linux-generic-pae
linux-headers-generic-pae
```

Setelah terminal selesai mengeksekusi perintah diatas, maka sistem operasi diharuskan untuk direstart. Ada hal yang harus diingat bahwa pada sebenarnya dalam pengoperasiannya sistem operasi 32-bits yang

terintegrasi dengan teknologi *Physical Address Extension* tidak akan bekerja secepat dengan sistem operasi 64-bits.

b. *Software vSpace virtual desktop* L 3.1.3 :

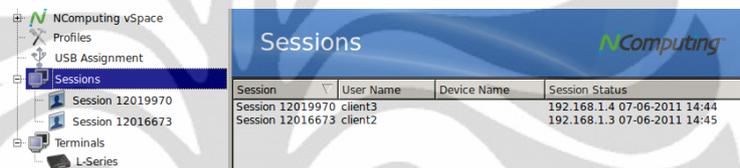
Software vSpace virtual desktop L 3.1.3 adalah sebuah *software* yang dapat menjalankan virtualisasi *desktop* di divais *thin client* [13]. *Software vSpace* dikeluarkan oleh *NComputing Inc.*. *Software vSpace* berfungsi membagi *resources* dari komputer *server* ke masing-masing divais *thin client*. *Software vSpace* menangani aktivitas *display* dari *desktop* dan *remote activities* dari *keyboard* dan *mouse* divais *thin client* (melalui virtualisasi *desktop*) yang menyediakan beberapa pengguna secara bersamaan mengakses suatu sistem operasi.

Kembali ke *software vSpace*, *software* ini mempunyai beberapa fitur diantaranya :

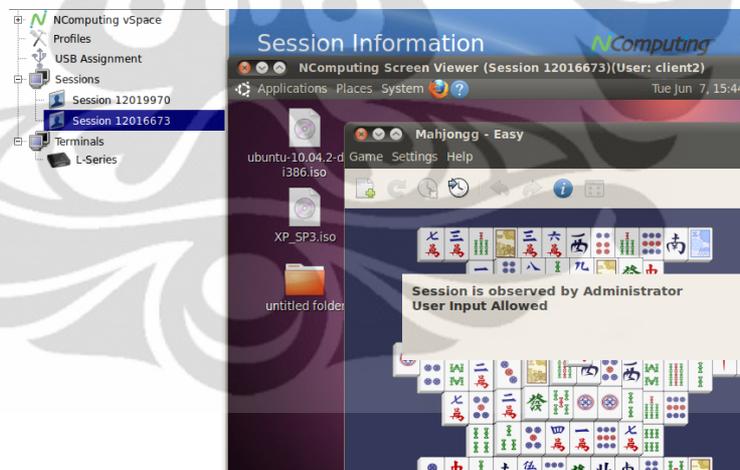
1. Mempunyai unjuk kerja yang optimal untuk harga yang relatif tidak mahal
2. Mampu mengimplementasikan virtualisasi *desktop* untuk banyak *user* dalam satu sistem operasi
3. Secara dinamis mendeteksi, mengkompresi, mengakselerasi konten multimedia
4. Meningkatkan utilisasi komputer *server* dengan menseleksi komponen yang di virtualisasi dalam virtualisasi *desktop*
5. Kompatibel dengan berbagai aplikasi terbaru, sistem operasi konvensional terbaru dan sistem operasi virtualisasi *server* terbaru.
6. Mendukung banyak edisi dari sistem operasi *Microsoft Windows*, sistem operasi *Linux Ubuntu*, dan sistem operasi lainnya
7. Melakukan komunikasi dalam virtualisasi *desktop* melalui protokol khusus yang bernama *User eXtension Protocol (UXP)*
8. Pengaturan dan manajemen tiap divais *thin client* dapat dilakukan secara terpusat menggunakan *NComputing Console*

Aplikasi *NComputing Console* ini mudah untuk diinstalasi, dikonfigurasi dan digunakan. Salah satu kemampuannya adalah memonitor penggunaan yang dilakukan oleh divais *thin client* manapun yang terhubung ke

komputer *server*. Bahkan dengan aplikasi ini *session* dari divais *thin client* manapun yang terhubung ke komputer *server* dapat dikontrol. Namun kekurangannya adalah ketika komputer *server* memonitor salah satu divais *thin client*, terdapat notifikasi di layar divais *thin client* tersebut bahwa ia sedang dimonitor. Selain itu akses terhadap port USB juga dapat dikontrol. Dengan aplikasi *NComputing Console* tadi setiap divais yang tersambung ke port USB pada setiap divais *thin client* dapat dikontrol hak aksesnya (hanya dapat diakses oleh divais *thin client* tersebut, dapat diakses oleh semua divais *thin client* dan komputer *server*, hanya dapat diakses oleh komputer *server*, atau tidak dapat diakses sama sekali).



Gambar 3. 2 Tampilan Mode Untuk Memonitor Setiap *Session* Pada Divais *thin Client*



Gambar 3. 3 Tampilan Informasi *Session* yang Dibuka oleh salah satu Divais *thin Client*



Gambar 3. 4 Tampilan Informasi Terminal yang Memberikan Info Nama Divais, Serial Number, *User Name*, dan Status Aktivasi

c. *VirtualBox* versi 3.1.8 r61349 :

VirtualBox adalah aplikasi virtualisasi yang dapat dijalankan dalam berbagai platform [20]. Sebagai contoh, apapun jenis prosesor dari komputer pengguna, pengguna dapat menjalankan berbagai sistem operasi (*Microsoft Windows*, *Mac OS X*, *Linux*, dan lain-lain). *VirtualBox* juga dapat menjalankan berbagai virtual machine secara bersamaan. Satu-satunya hal yang dapat membatasi berjalannya banyak virtual machine adalah *resources memory* dan *harddisk* karena seperti normalnya virtualisasi *hardware* dimana dalam operasinya menitikberatkan pada penggunaan *resources memory*, *harddisk*, dan lain-lain. Aplikasi *VirtualBox* sangatlah sederhana namun juga powerful. Aplikasi *VirtualBox* dapat dijalankan dari *embedded system* bahkan untuk *server*. Aplikasi *VirtualBox* juga dapat dijalankan dari jaringan komputer skala kecil bahkan jaringan komputer skala kecil *cloud computing*.

d. *Microsoft Windows XP SP3* :

Windows XP adalah sistem operasi berbasis grafis yang dibuat oleh *Microsoft* untuk digunakan pada komputer pribadi yang mencakup komputer rumah dan *desktop* bisnis, laptop, dan pusat media (*Media Center*) [11]. Sistem operasi *Windows XP* ini berfungsi sebagai sistem operasi pada virtual machine yang terdapat pada aplikasi *virtualBox*.

3.4 Komponen *Hardware* Yang Digunakan

Komponen *hardware* yang digunakan dalam pembuatan sistem adalah sebagai berikut :

- a. *Case Enchance Iron Bolt.*
- b. *Optical Drive Samsung DVDRW SATA 57.*
- c. *Motherboard Gigabyte S-series H55ms2v.*
- d. *Prosesor Intel 1156 Core i3 540 (3.06GHz,Cache 4Mb L3,Lga 1156).*
- e. *HDD Seagate 500GB sata 315.*
- f. *PSU Supersonic FSP 550W.*
- g. *Linksys SG 100-16 unmanaged switch.*
- h. *TP-link TG-3269 lancard gigabits.*
- i. *Team elite 4 GB 10600 ram DDR3.*
- j. *NComputing L300.*
- k. *Thermaltake CPU cooler contact 29.*

Dari komponen tersebut komponen utama dalam infrastruktur adalah divais NComputing L300. Komponen bisa dibilang salah satu komponen penting dalam implementasi infrastruktur jaringan komputer yang dibuat. Berikut spesifikasi divais NComputing L300 ini :

1. *Power Supply 12V DC (dapat melakukan autoswitching 110V / 220V)*
2. *Hanya mengkonsumsi daya listrik sebesar 5W (tidak dihitung dengan daya yang dikonsumsi oleh USB divais)*
3. *Dapat beroperasi pada resolusi layar normal (640 X 480 sampai 1600 X 1200) dan pada resolusi layar lebar (1280 X 720 sampai 1920 X 1080)*
4. *Mendukung koneksi kabel 10 / 100 Mbps Ethernet*
5. *12 bit stereo audio input / output via 3.5mm stereo jacks*
6. *Mendukung virtualisasi desktop melalui berbagai sistem operasi dari Microsoft Windows, Linux Ubuntu, dan bahkan sistem operasi virtualisasi server contohnya VMware, Citrix*
7. *Melakukan proses virtualisasi desktop melalui protokol khusus yang bernama User eXtension Protocol (UXP)*
8. *Mendukung hardware-accelerated grafik 2D, hardware-accelerated video*

Divais *NComputing* L300 ini adalah divais *thin client* yang cukup *powerful*. Divais ini adalah divais *thin client* pertama yang menggabungkan fungsi antara divais *thin client* dan *media player*. Divais *NComputing* L300 ini terintegrasi dengan *software vSpace* yang terbaru yang memungkinkan terhubungnya 30 divais *thin client* ke satu komputer *server*. Walaupun divais *NComputing* ini mempunyai kemampuan yang *powerful*, namun untuk pengaturannya relatif mudah. Salah satu kelebihan dari divais *NComputing* L300 ini juga dapat beroperasi pada sistem operasi virtualisasi *server* seperti *VMware* dan *Citrix*.



Gambar 3. 5 Tampak Depan dari Divais *NComputing* L300

3.5 Parameter Pengukuran Unjuk Kerja

Setelah infrastruktur yang dibangun sudah rampung, akan dilakukan pengukuran unjuk kerja dari infrastruktur tersebut. Dalam pengukuran unjuk kerja nanti terdapat beberapa parameter yang akan dikumpulkan datanya dan dianalisis diantaranya :

- a. Penggunaan *resources memory* yang dipakai dalam beberapa operasi.
- b. Konsumsi daya listrik yang digunakan komputer *server* (W).

3.6 Komponen Pengukur Unjuk Kerja Infrastruktur

Parameter unjuk kerja yang diukur untuk melakukan analisis infrastruktur nanti jumlahnya cukup banyak. Karena itu dibutuhkan *tools* yang *powerful* dan mampu mengukur dengan akurat. *Tools* yang digunakan antara lain :

1. Aplikasi *Cacti* :

Cacti adalah *Rrdtool* yang menyimpan semua dari informasi yang penting untuk membuat grafik-grafik, dan mengumpulkan semua informasi penting dan grafik sebagai data dalam *database* MySQL [3].

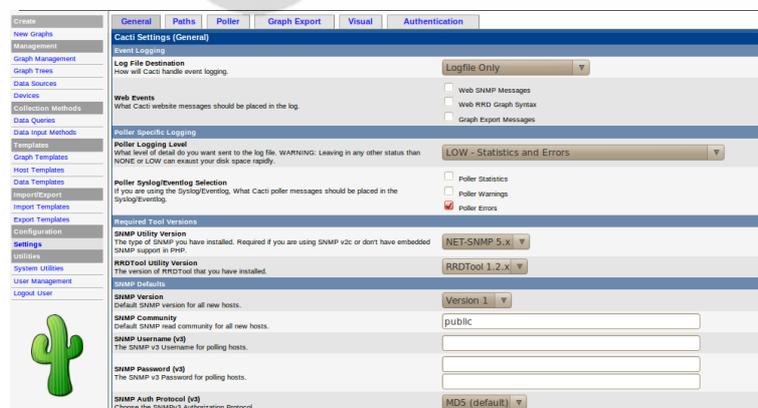
Untuk menangani pengumpulan data, pengguna dapat memberikan kepada *Cacti* sebuah *path* ke *skript* eksternal atau command. Selanjutnya maka *Cacti* akan mengumpulkan data tersebut pada *database* MySQL. Sumber data juga dapat dibuat, yang mana sumber data tersebut berhubungan dengan data yang asli pada grafik. Sebagai contoh jika pengguna ingin mendapatkan grafik lama waktu ping ke suatu host, maka pengguna cukup membuat suatu *script* utilisasi sumber data yang akan melakukan proses ping ke suatu *host* dan menerima kembali serta menghitung waktu yang ditempuh dalam milisekon. Setelah mendefinisikan opsi untuk *Rrdtool* seperti bagaimana cara penyimpanan data, pengguna akan dapat mendefinisikan informasi tambahan apapun yang dibutuhkan sebagai sumber input data (dalam contoh ini *ping*). Setelah sumber data dibuat maka secara otomatis akan mengumpulkan data pada interval 5 menit.

Setelah semua sumber data didefinisikan, *Rrdtool* baru dapat membuat grafik berdasarkan data yang dikumpulkan.

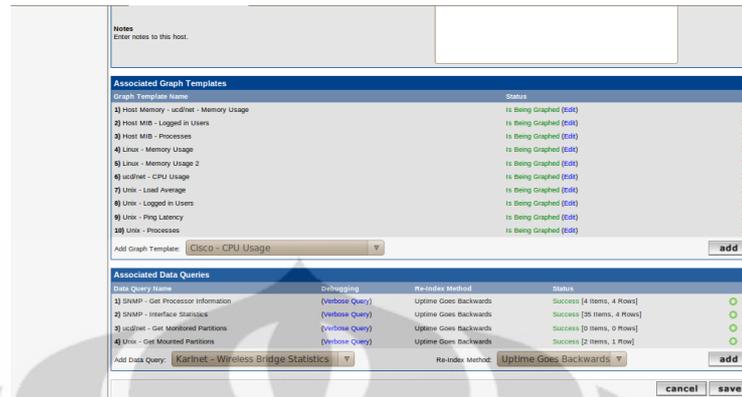
Selain itu pengguna dapat menggunakan berbagai macam metode untuk memperlihatkan grafik tersebut. Disediakan “*List View*” dan sebuah “*Preview Mode*”. Selain itu juga terdapat “*Tree View*” yang mana akan membuat pengguna dapat menaruh grafik ke dalam hierarki pohon yang biasanya digunakan untuk berbagai tujuan.

Sehubungan dengan fungsi *Cacti* yang sangat banyak suatu *user based management tool* juga dibuat supaya pengguna dapat menambahkan pengguna lain dan memberikan mereka hak untuk area-area tertentu dari *Cacti*. Hak ini misalnya adalah kemampuan untuk melihat grafik. Pengguna lain tersebut dapat membuat konfigurasi masing-masing ketika mereka ingin menampilkan suatu grafik. Namun pengguna lain tersebut tidak dapat mengubah parameter dari grafik tersebut. Hanya pengguna sebagai pengguna utama yang bisa melakukannya. Namun jika pengguna memberikan akses yang tak terbatas pada pengguna lain tersebut tentu saja ia dapat mengatur apapun dalam prosedur pengolahan grafik. *Cacti* juga dapat untuk diperluas untuk penggunaan data source dan grafik yang banyak melalui fitur templates. Fitur ini mendukung kreasi dari suatu grafik tunggal atau template data source yang mendefinisikan grafik apapun atau data *source* yang berhubungan dengan hal ini.

Untuk melakukan instalasi *Cacti* perlu untuk meng-install beberapa aplikasi lainnya seperti MySQL, PHP, *RRDtool*, net-snmp, dan suatu *webserver* yang men-support PHP.



Gambar 3. 6 Tampilan Menu Setting pada Aplikasi *Cacti*



Gambar 3. 7 Tampilan Edit Grafik di Menu Divais pada Aplikasi *Cacti*

2. *Hioki 3169-20 Clamp on Power HiTESTER* :

Hioki 3169-20 Clamp on Power HiTESTER adalah alat yang dikeluarkan oleh *Hioki E.E Corporation*. Alat ini berfungsi untuk mengatur penggunaan energi, menghemat aktivitas energi, dan pengukuran konsumsi daya listrik dari divais-divais tertentu [25]. Berikut spesifikasi dari alat ini :

1. 5 tipe *clamp* pada sensor untuk berbagai jenis pengukuran (mempunyai limit sampai 5000 A)
2. Mempunyai input tegangan 3 dan input arus 4
3. Mempunyai *memory* internal sebesar 1MB dan *PC card* sebesar 256 MB
4. Dapat melakukan analisis harmonik
5. Interval pengukuran dapat diatur sebarang lamanya. Dari 10ms sampai 60 menit
6. Mempunyai fungsi untuk memeriksa apakah kabel berfungsi secara benar



Gambar 3. 8 Tampilan Penyusunan *Hioki Power Analyzer*

3.7 Metode Pengukuran Unjuk Kerja Infrastruktur

Dalam pengukuran unjuk kerja nanti pada dasarnya akan dibagi menjadi 4 bagian sesuai dengan banyaknya parameter pengukuran unjuk kerja infrastruktur. Semua parameter tersebut akan diukur pada setiap divais *thin client*. Pengukuran ini terbagi menjadi dua. Yang pertama pengukuran saat kondisi komputer *server* dan semua divais *thin client* dinyalakan. Yang kedua pengukuran saat setiap divais *thin client* menjalankan aplikasi *virtualBox*. Namun dalam pengujian ini dilakukan secara bertahap. Mengenai detail tahapan-tahapan tersebut akan dijelaskan secara detail.

Pengukuran pertama saat kondisi komputer *server* dan semua divais *thin client* baru dinyalakan (proses *startup*). Pengukuran ini berlangsung selama 30 menit dimana terdapat jangka waktu lima menit dalam pengaktifan setiap divais (komputer *server* maupun *thin client*). Dalam pengukuran ini hanya melibatkan alat *Hioki Power Analyzer*. Hal ini mengakibatkan data yang tersaji hanyalah data power.

Pengukuran kedua saat kondisi setiap divais *thin client* menjalankan aplikasi *virtualBox* yang diisi dengan virtual *machine Microsoft Windows XP SP3*. Dalam pengukuran kedua ini dilakukan pengukuran sebanyak 20 proses dimana dalam setiap proses tersebut mempunyai durasi selama 25 menit. Pada dasarnya proses tersebut terdiri dari 4 fase. Keempat fase proses tersebut dilakukan pada setiap *thin client*. Berikut detail dari 4 fase proses tersebut :

1. Fase pertama :
Pengaktifan aplikasi yang bersifat *low resources consumption* yaitu aplikasi *Microsoft Office PowerPoint* dijalankan dengan melakukan presentasi.
2. Fase kedua : Pengaktifan aplikasi yang bersifat *medium resources consumption* yaitu *streaming* video melalui situs *youtube.com* dengan menggunakan *web browser*
3. Fase ketiga : Pengaktifan aplikasi yang bersifat *high resources consumption* yaitu merender film dengan durasi 4 jam menggunakan aplikasi *Microsoft Windows MovieMaker*
4. Fase keempat : Penggabungan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan

Empat fase proses yang telah disebutkan akan dijalankan pada setiap divais *thin client* namun tidak secara simultan. Empat fase proses tersebut akan dilakukan secara berurutan namun tidak akan ada proses yang berhenti. Jadi divais yang sudah memproses fase keempat akan melakukan proses tersebut sampai batas waktu pengukuran kedua.

Berikut detail dari kedua puluh proses tersebut :

- a. Divais *thin client* 1 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *low resources consumption* yaitu aplikasi *Microsoft Office PowerPoint* dijalankan dengan melakukan presentasi.
- b. Divais *thin client* 1 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *medium resources consumption* yaitu *streaming* video melalui situs *youtube.com* dengan menggunakan *web browser*.
- c. Divais *thin client* 1 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *high resources consumption* yaitu merender film dengan durasi 4 jam menggunakan aplikasi *Microsoft Windows MovieMaker*.
- d. Divais *thin client* 1 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
- e. Divais *thin client* 2 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *low resources consumption* yaitu aplikasi *Microsoft Office PowerPoint* dijalankan dengan melakukan presentasi. Divais *thin client* 1

- menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
- f. Divais *thin client* 2 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *medium resources consumption* yaitu *streaming* video melalui situs *youtube.com* dengan menggunakan *web browser*. Divais *thin client* 1 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
 - g. Divais *thin client* 2 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *high resources consumption* yaitu merender film dengan durasi 4 jam menggunakan aplikasi *Microsoft Windows MovieMaker*. Divais *thin client* 1 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
 - h. Divais *thin client* 1 dan 2 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
 - i. Divais *thin client* 3 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *low resources consumption* yaitu aplikasi *Microsoft Office PowerPoint* dijalankan dengan melakukan presentasi. Divais *thin client* 1 dan 2 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
 - j. Divais *thin client* 3 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *medium resources consumption* yaitu *streaming* video melalui situs *youtube.com* dengan menggunakan *web browser*. Divais *thin client* 1 dan 2 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
 - k. Divais *thin client* 3 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *high resources consumption* yaitu merender film dengan durasi 4 jam menggunakan aplikasi *Microsoft Windows MovieMaker*. Divais *thin client* 1 dan 2 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
 - l. Divais *thin client* 1, 2, dan 3 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.

- m. Divais *thin client* 4 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *low resources consumption* yaitu aplikasi *Microsoft Office PowerPoint* dijalankan dengan melakukan presentasi. Divais *thin client* 1, 2, dan 3 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
- n. Divais *thin client* 4 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *medium resources consumption* yaitu *streaming* video melalui situs *youtube.com* dengan menggunakan *web browser*. Divais *thin client* 1, 2, dan 3 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
- o. Divais *thin client* 4 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *high resources consumption* yaitu merender film dengan durasi 4 jam menggunakan aplikasi *Microsoft Windows MovieMaker*. Divais *thin client* 1, 2, dan 3 menggabungkan fase 1, 2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
- p. Divais *thin client* 1, 2, 3, dan 4 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
- q. Divais *thin client* 5 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *low resources consumption* yaitu aplikasi *Microsoft Office PowerPoint* dijalankan dengan melakukan presentasi. Divais *thin client* 1, 2, 3, dan 4 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
- r. Divais *thin client* 5 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *medium resources consumption* yaitu *streaming* video melalui situs *youtube.com* dengan menggunakan *web browser*. Divais *thin client* 1, 2, 3, dan 4 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.
- s. Divais *thin client* 5 mengaktifkan aplikasi yang bersifat *high resources consumption* yaitu merender film dengan durasi 4 jam menggunakan aplikasi *Microsoft Windows MovieMaker*. Divais *thin client* 1, 2, 3, dan 4 menggabungkan fase 1, 2 ,dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.

- t. Divais *thin client* 1, 2, 3, 4, 5 menggabungkan fase 1,2, dan 3 dimana pemrosesannya dilaksanakan secara simultan.

Pengukuran kedua ini akan melibatkan kedua komponen pengukur unjuk kerja infrastruktur. Semua parameter dapat diambil datanya dari pengukuran ini. Jika dikalkulasikan pengukuran ini akan memakan waktu selama 8 jam 20 menit. Interval dalam pengambilan data adalah 5 menit kecuali pada pengambilan data penggunaan *resources memory* intervalnya adalah 1 menit.

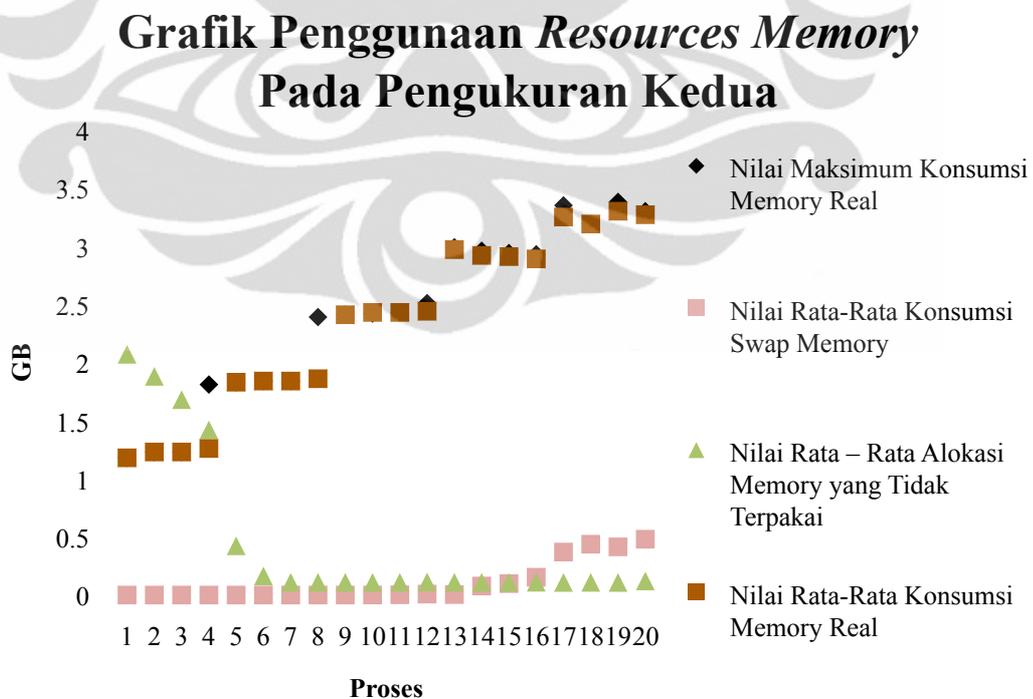


BAB 4

ANALISIS DARI SEGI UNJUK KERJA, EKONOMIS, DAN DAMPAK LINGKUNGAN

4.1 Analisis Penggunaan *Resources Memory*

Memory adalah salah satu komponen *resources* utama yang sangat penting dalam infrastruktur jaringan komputer yang menerapkan virtualisasi *desktop*. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dalam analisis penggunaan *resources memory* dilakukan 20 kali pengukuran yang pada dasarnya terdiri dari 4 fase. Keempat fase tersebut dilakukan pada setiap divais *thin client* dalam proses berkelanjutan. Pada analisis ini ditampilkan grafik dari pengukuran. Grafik tersebut akan memberikan data penggunaan *resources memory* dengan GB sebagai satuannya. Gambar 4. 1 memberikan grafik dari penggunaan *resources memory*.



Gambar 4. 1 Grafik Penggunaan *Resources Memory*

Bagian yang berwarna merah muda dari gambar 4. 1 menggambarkan konsumsi *swap memory* hasil dari virtualisasi *memory*. Bagian yang berwarna kuning dari gambar 4. 1 menggambarkan konsumsi *cache memory*. Bagian yang berwarna coklat dari gambar 4. 1 menggambarkan konsumsi *memory real*. Sedangkan bagian yang berwarna hijau muda dari gambar 4. 1 menggambarkan sisa alokasi *memory* yang tidak terpakai. Dari bagian-bagian tersebut yang perlu diperhatikan adalah bagian berwarna coklat yang menggambarkan konsumsi *memory*, bagian berwarna merah muda yang menggambarkan konsumsi *swap memory*, dan bagian berwarna hijau muda yang menggambarkan sisa alokasi *memory* yang tidak terpakai. Rangkuman datanya dapat dilihat di Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel Penggunaan *Resources Memory* dalam Pengukuran

Proses	Nilai Maksimum Konsumsi <i>Memory Real</i>	Nilai Rata-Rata Konsumsi <i>Swap Memory</i>	Nilai Rata – Rata Alokasi <i>Memory</i> yang Tidak Terpakai	Nilai Rata-Rata Konsumsi <i>Memory Real</i>
1	1.18 GB	0 MB	2.07 GB	1.18 GB
2	1.23 GB	0 MB	1.88 GB	1.23 GB
3	1.23 GB	0 MB	1.68 GB	1.23 GB
4	1.81 GB	0 MB	1.42 GB	1.26 GB
5	1.83 GB	0 MB	423.32 MB	1.83 GB
6	1.84 GB	0 MB	164.25 MB	1.84 GB
7	1.84 GB	0 MB	109.54 MB	1.84 GB
8	2.39 GB	0 MB	109.21 MB	1.86 GB
9	2.41 GB	0 MB	109.54 MB	2.41 GB
10	2.42 GB	342.54 KB	109.11 MB	2.43 GB
11	2.43 GB	2.5 MB	109.64 MB	2.43 GB
12	2.51 GB	8.26 MB	112.3 MB	2.44 GB
13	2.99 GB	39.78 MB	109.43 MB	2.97 GB
14	2.96 GB	77.52 MB	109.65 MB	2.92 GB
15	2.94 GB	98.40 MB	109.34 MB	2.91 GB
16	2.93 GB	153.11 MB	110.04 MB	2.89 GB
17	3.35 GB	369.65 MB	108.29 MB	3.25 GB
18	3.19 GB	437.24 MB	109.08 MB	3.19 GB
19	3.38 GB	414.45 MB	108.12 MB	3.3 GB
20	3.3 GB	480.06 MB	121.31 MB	3.27 GB

Dari Tabel 4.1 terlihat peningkatan setiap perubahan proses. Terlihat untuk satu proses tidak ada perubahan yang signifikan pada konsumsi *memory real*. Namun jika diteliti antara satu proses dengan proses yang lain terjadi perubahan yang sangat signifikan. Peningkatan yang signifikan terlihat ketika ada divais *thin client* baru yang menyalakan virtual *machine*. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata konsumsi *memory real* antara proses 8 dan 9, proses 12 dan proses 13, proses 16

dan proses 17. Seharusnya peningkatan tersebut juga terlihat antara proses 4 dan proses 5. Memang antara proses 4 dan proses 5 terlihat adanya perbedaan pada nilai rata-rata konsumsi *memory real*. Namun dari nilai maksimal dari proses 4 menunjukkan angka yang cukup tinggi. Menurut analisis, hal ini terjadi karena kesalahan pengambilan data. Waktu pada *software Cacti* yang kurang akurat (hanya menunjukkan jam dan dan menit saja) membuat pada pengambilan data proses 4 masuk sebagian data yang harusnya berada di proses lima.

Namun hal yang perlu diperhatikan adalah peningkatan konsumsi *memory* yang signifikan. Menurut teori David Richard [17], jika sistem operasi *Linux Ubuntu* digunakan dalam jaringan virtualisasi *desktop*, pada konsumsi *memory* jika ada aplikasi yang dibuka oleh salah satu divais *thin client* dan setelah itu ada divais *thin client* membuka aplikasi yang sama maka saat divais *thin client* kedua membuka aplikasi tersebut tidak akan ada *resources memory real* yang dikonsumsi. Fitur ini dinamakan *shared-memory*. Tetapi seperti yang terlihat dari data pengukuran yang didapatkan, terjadi perubahan yang signifikan setiap satu divais *thin client* memulai membuka suatu virtual *machine*. Setelah diteliti perubahan tersebut hampir berjumlah sama yaitu kurang lebih 500 Mb. Jumlah ini hampir sama dengan jumlah *resources memory real* yang digunakan untuk virtual *machine* yaitu sebesar 512 MB. Hal ini mengindikasikan teori David Richard tidak berlaku untuk semua aplikasi, salah satunya untuk aplikasi yang berjenis virtualisasi *hardware full virtualization*. Namun tetap dengan adanya data ini tidak menihilkan keberadaan fitur *shared-memory*. Teori David Richards memang benar. Secara general fitur *shared-memory* memang benar-benar beroperasi dengan baik pada hampir semua aplikasi kecuali aplikasi virtualisasi *hardware*.

Dilihat dari tabel 4. 1 maka pemakaian *resources memory real* tertinggi berada pada nilai 3.38 GB. Tentunya jumlah itu tidak termasuk dengan penggunaan *resources memory* oleh buffer, cache, dan lain-lain namun karena pengaruhnya yang tidak cukup signifikan terhadap efisiensi penggunaan *memory* tidak terlalu diperhitungkan disini.

Mengenai efisiensi penggunaan alokasi *memory* dapat diperhitungkan dengan membandingkan nilai rata-rata penggunaan *swap memory* dengan nilai rata-rata alokasi *memory* yang tidak terpakai. Terlihat dari proses 1 sampai proses

9, nilai konsumsi swap memory bernilai 0 (tidak terpakai sama sekali). Baru mulai proses 10 sampai seterusnya nilai konsumsi *swap memory* terjadi peningkatan konsumsi *swap memory*. Begitu juga dengan nilai rata-rata alokasi *memory* yang tidak terpakai, terjadi pengurangan nilai rata-rata alokasi *memory* yang walaupun bersifat fluktuatif namun signifikan. Yang perlu diperhatikan mulai dari proses 16 sampai proses 20 nilai rata-rata konsumsi *swap memory* lebih besar dari nilai rata-rata alokasi *memory* yang tidak terpakai. Bahkan pada proses 20, perbandingannya mencapai 4 kali lipat. Hal ini menandakan bahwa jumlah alokasi *memory* sebesar 3.68 GB tidak mencukupi untuk melakukan semua proses diatas secara simultan. Untuk menanganinya dibutuhkan tambahan alokasi *memory* minimal sebesar 480.06 MB.

4.2 Analisis Konsumsi Daya Listrik

Jumlah daya yang dikonsumsi sangatlah penting untuk dianalisis. Semua divais elektronik akan jauh lebih baik jika divais tersebut bukan hanya optimal dari segi unjuk kerjanya namun juga bersifat ekonomis. Dalam infrastruktur jaringan komputer ini diperlukan adanya penghematan dalam konsumsi daya listrik. Penghematan konsumsi daya listrik sama dengan penghematan *resources hardware* jika ditilik dari segi ekonomis. Keduanya sama-sama mempengaruhi nilai ekonomis dari suatu infrastruktur.

Pada pengukuran konsumsi daya listrik dilakukan 2 kali pengukuran untuk 2 kondisi. Pengukuran pertama saat kondisi komputer *server* dan semua divais *thin client* baru dinyalakan. Pengukuran ini berlangsung selama 30 menit dimana terdapat jangka waktu lima menit dalam pengaktifan setiap divais (komputer *server* maupun *thin client*). Interval dalam pengambilan data adalah 5 menit.

Pengukuran kedua saat kondisi setiap divais *thin client* menjalankan aplikasi *virtualBox* yang diisi dengan virtual *machine Microsoft Windows XP SP3*. Dalam pengukuran kedua ini dilakukan pengukuran sebanyak 20 proses dimana dalam setiap proses tersebut mempunyai durasi selama 5 menit. Pada dasarnya proses tersebut terdiri dari 4 fase.

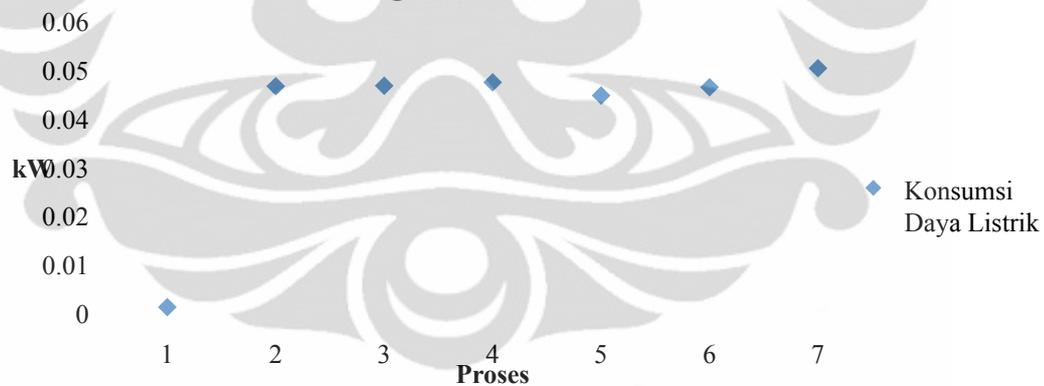
Banyak hal yang mempengaruhi konsumsi daya listrik, salah satunya faktor daya. Faktor daya ini dipengaruhi akibat fluktuasi nilai daya semu yang ada

di lingkungan laboratorium Mercator FTUI.

Tabel 4. 2 Tabel Konsumsi Daya Listrik Untuk Proses *Startup* Komputer *Server*

Date	Time	U1: Voltage CH1 Instantaneous value 69MEAS03.CSV[V]	I1: Current CH1 Instantaneous value Circuit 1, 69MEAS03.CSV[A]	PF: Power factor Instantaneous value Circuit 1, 69MEAS03.CSV	P: Active power Instantaneous value Circuit 1, 69MEAS03.CSV[kW]
Average value		226.44	0.2217	-0.7851	0.0404
Maximum value		227.50	0.2638	-0.0796	0.0502
Time of maximum value		6/5/2011 21:05:00	6/5/2011 21:30:00	6/5/2011 21:00:00	6/5/2011 21:30:00
Minimum value		225.19	0.0634	-0.9095	0.0011
Time of minimum value		6/5/2011 21:20:00	6/5/2011 21:00:00	6/5/2011 21:30:00	6/5/2011 21:00:00
6/5/2011	21:00:00	227.42	0.0634	-0.0796	0.0011
	21:05:00	227.50	0.2451	-0.8990	0.0465
	21:10:00	227.41	0.2460	-0.8991	0.0466
	21:15:00	226.05	0.2504	-0.9063	0.0473
	21:20:00	225.19	0.2378	-0.8996	0.0446
	21:25:00	225.71	0.2453	-0.9026	0.0463
	21:30:00	225.81	0.2638	-0.9095	0.0502

Grafik Konsumsi Daya Listrik Pada Pengukuran Pertama



Gambar 4. 2 Grafik Konsumsi Daya Listrik Pada Pengukuran Pertama

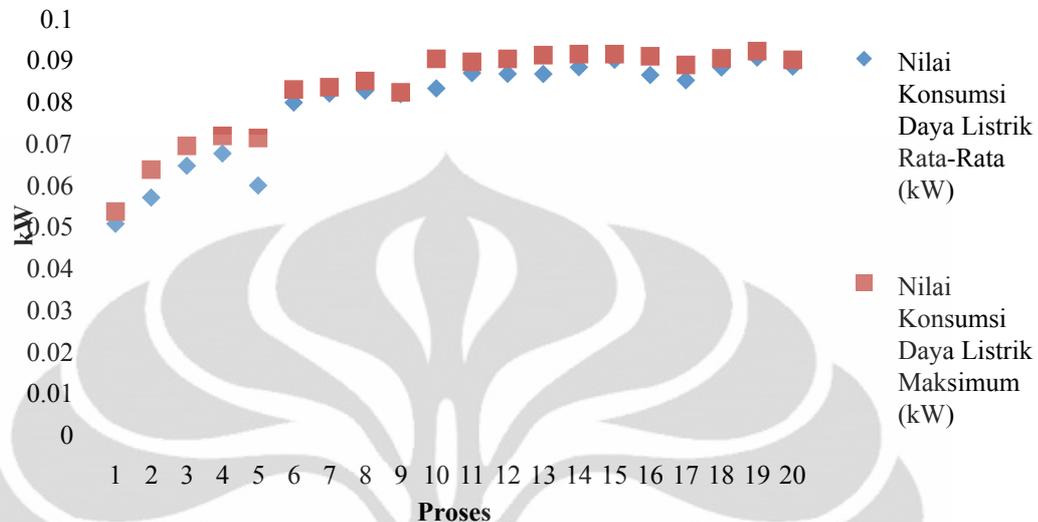
Tabel 4. 2 memperlihatkan konsumsi daya listrik untuk proses *startup* komputer *server*. Terlihat dari Tabel 4. 2 bahwa nilai daya minimum ketika komputer *server* dinyalakan bernilai 0.0011 kW. Hal ini terjadi menjelang komputer *server* akan menyala (21.00). Lalu pada waktu 21.05, komputer *server* terdeteksi mengkonsumsi daya listrik sebesar 0.0465 kW. Nilai ini adalah nilai rata-rata konsumsi daya listrik komputer *server* tanpa aktivitas apapun (termasuk aktivitas virtualisasi *desktop* bagi setiap divais *thin client*). Nilai rata-rata

konsumsi daya listrik komputer *server* akan terus naik seiring dengan dinyalakan divais *thin client* satu persatu. Memang terjadi perubahan yang cukup fluktuatif tetapi jika diperhatikan terjadi peningkatan dari nilai konsumsi daya listrik awal setelah komputer *server* dinyalakan. Dengan ini dapat disimpulkan dengan dinyalakannya divais *thin client* turut meningkatkan total nilai konsumsi daya listrik di komputer *server* sekitar 0.0037 kW dengan syarat setiap divais *thin client* dinyalakan (5 divais *thin client*).

Tabel 4. 3 Tabel Konsumsi Daya Listrik dalam Pengukuran Kedua

Proses	Nilai Konsumsi Daya Listrik Rata-Rata (kW)	Nilai Konsumsi Daya Listrik Maksimum (kW)
1	0.05032	0.05325
2	0.05661	0.06332
3	0.06424	0.06903
4	0.06719	0.07142
5	0.05952	0.07091
6	0.07941	0.08256
7	0.08161	0.0831
8	0.08228	0.08459
9	0.08144	0.08187
10	0.08282	0.08992
11	0.08649	0.08919
12	0.0863	0.0899
13	0.08627	0.0908
14	0.0879	0.09105
15	0.08968	0.09105
16	0.08603	0.09053
17	0.08476	0.08845
18	0.08783	0.09003
19	0.09021	0.09177
20	0.08805	0.08968

Grafik Pengukuran Konsumsi Daya Listrik Pada Pengukuran Kedua



Gambar 4. 3 Grafik Pengukuran Konsumsi Daya Listrik Pada Pengukuran Kedua

Tabel 4.3 memperlihatkan data nilai rata-rata konsumsi daya listrik dari komputer *server* dan nilai maksimum konsumsi daya listrik dari komputer *server*. Gambar 4. 2 menggambarkan fluktuasi nilai konsumsi daya listrik dimana garis berwarna merah menggambarkan nilai maksimum konsumsi daya listrik pada setiap proses dan garis berwarna biru menggambarkan nilai rata-rata konsumsi daya listrik pada setiap proses. Seperti yang terlihat diatas baik nilai rata-rata maupun nilai maksimum keduanya relatif meningkat seiring berubahnya proses. Hal ini hanya tidak berlaku saat proses 5, proses 9, proses 13, dan proses 17. Nilai rata-rata konsumsi daya listrik pada proses-proses tersebut menurun dibanding pada proses sebelumnya. Seperti yang diketahui, proses-proses tersebut adalah proses-proses yang pertama pada setiap *thin client*.

Mengenai nilai maksimum dari konsumsi daya listrik oleh komputer *server* yang berkisar 0.09177 kW.

Berdasarkan data diatas setelah dicari nilai rata-rata konsumsi daya listrik maka didapat nilai 0.07895 kW. Jika dilihat, nilai ini cukup jauh dari nilai maksimum dari konsumsi daya listrik oleh komputer *server* yang berkisar 0.09177kW. Nilai ini didapat dengan menjumlah semua nilai rata-rata konsumsi daya listrik pada tiap proses dan mencari rata-ratanya. Konsumsi daya listrik yang

dilakukan oleh divais *thin client NComputing L300* berdasarkan studi literatur rata-rata adalah 5 W dan konsumsi daya listrik rata-rata pada komputer konvensional sebesar 0.11 kW [13].

Dari kedua analisis diatas dapat diperhitungkan juga analisis konsumsi daya listrik dalam periode 5 tahun setelah pembangunan infrastruktur jaringan komputer.

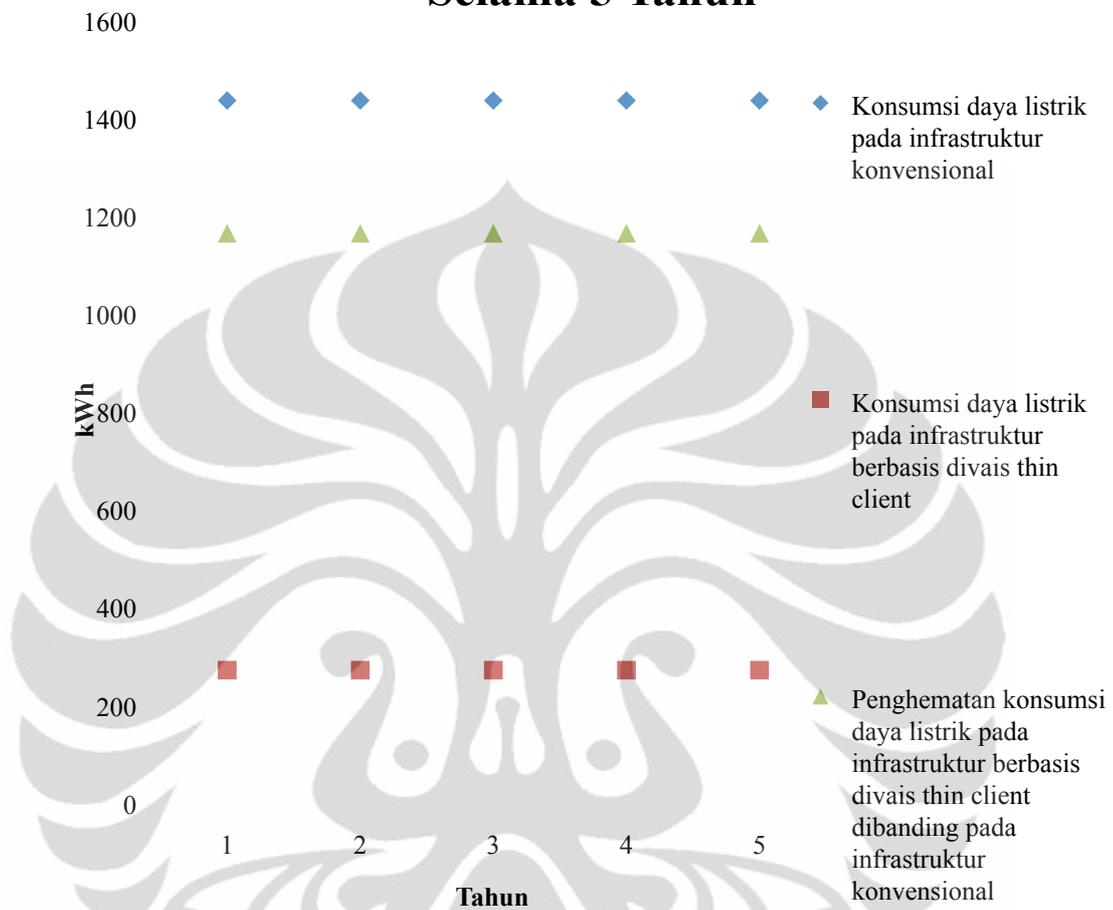
Tabel 4. 4 Tabel Analisis Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun

Keterangan	Tahun					Total
	1	2	3	4	5	
Infrastruktur Konvensional	1435.3	1435.3	1435.3	1435.3	1435.3	71765.5
Infrastruktur Berbasis Divais <i>Thin Client</i>	271.31	271.31	271.31	271.31	271.31	1356.55
Penghematan Pada Infrastruktur Berbasis Divais <i>Thin Client</i> Dibanding Pada Infrastruktur Konvensional	1163.99	1163.99	1163.99	1163.99	1163.99	5819.95
Presentase Penghematan Pada Infrastruktur Berbasis Divais <i>Thin Client</i> Dibanding Pada Infrastruktur Konvensional	81.1 %	81.1 %	81.1 %	81.1 %	81.1 %	81.1 %

Tabel 4. 4 memperlihatkan data analisis konsumsi daya listrik selama 5 tahun. Analisis ini berdasarkan rata-rata konsumsi daya komputer konvensional dan komputer server yang digunakan dalam infrastruktur. Tentunya dalam perhitungan konsumsi daya listrik infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* sudah dikalkulasikan juga nilai konsumsi rata-rata dari divais *thin client* yaitu sebesar 5 W. Berdasarkan analisis tersebut maka didapatkan total nilai konsumsi daya listrik infrastruktur jaringan komputer konvensional selama 5 tahun sebesar 71765.5 kWh. Nilai tersebut didapatkan dari kalkulasi nilai konsumsi daya listrik infrastruktur jaringan komputer konvensional selama setahun sebesar 1435.3 kWh. Total nilai konsumsi daya listrik infrastruktur

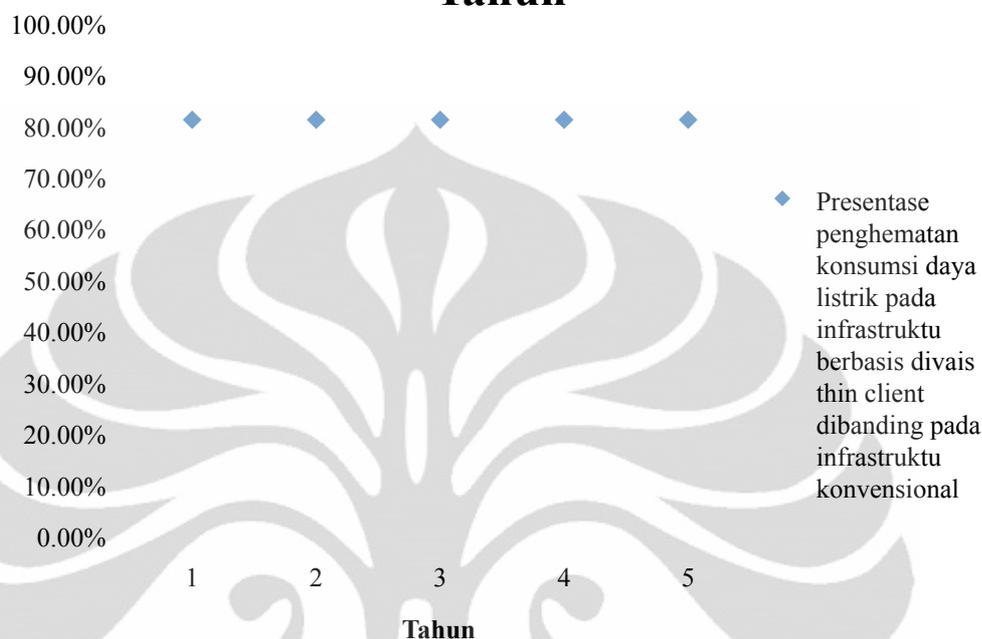
jaringan komputer berbasis divais *thin client* selama 5 tahun sebesar 1356.55 kWh. Nilai tersebut didapatkan dari kalkulasi nilai konsumsi daya listrik infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* selama setahun sebesar 271.31 kWh. Total penghematan konsumsi daya listrik dalam penggunaan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* dibanding pada infrastruktur jaringan komputer konvensional selama 5 tahun sebesar 5819.95 kWh. Nilai tersebut didapatkan dari kalkulasi penghematan konsumsi daya listrik dalam penggunaan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* dibanding pada infrastruktur jaringan komputer konvensional selama setahun sebesar 1163.99 kWh. Presentase penghematan konsumsi daya listrik dalam penggunaan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* dibanding pada infrastruktur jaringan komputer konvensional selama setahun sebesar 81.1 % dimana total Presentase penghematan konsumsi daya listrik dalam penggunaan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* dibanding pada infrastruktur jaringan komputer konvensional selama 5 tahun sebesar 81.1 %. Gambaran mengenai nilai-nilai diatas digambarkan di gambar 4. 4 dan gambar 4. 5.

Grafik Analisis Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun



Gambar 4. 4 Grafik Analisis Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun

Grafik Analisis Penghematan Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun



Gambar 4. 5 Grafik Analisis Penghematan Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun

4.3 Analisis Ekonomis

Setelah dilakukannya analisis konsumsi daya listrik maka akan dilakukan juga analisis ekonomis. Analisis ini akan meliputi banyak hal yaitu biaya pembuatan dan perawatan infrastruktur selama 5 tahun, dan biaya konsumsi daya listrik selama 5 tahun.

Mengenai analisis dari segi ekonomis akan dimulai dari analisis pembuatan dan perawatan infrastruktur. Pada dasarnya komputer *server* yang dibeli jumlah biaya komponennya sebesar Rp. 3.882.000,- dan biaya untuk membeli sebuah divais *thin client NComputing L300* adalah Rp. 1.555.000,-. Sebenarnya terdapat komponen-komponen lain yang dapat dikalkulasikan dalam analisis ekonomis seperti *switch* dan lain-lain. Namun untuk mempermudah kalkulasi karena pada kedua jenis infrastruktur menggunakan komponen-komponen tersebut, maka dalam analisis ekonomis tidak diperhitungkan biaya pembuatan dan perawatan infrastruktur-komponen tersebut. Dari analisis tersebut dapat dikalkulasikan analisis ekonomis dalam periode setahun setelah

pembangunan infrastruktur jaringan komputer. Namun pada analisis ekonomis dalam periode 5 tahun setelah pembangunan infrastruktur jaringan komputer ada yang perlu diperhitungkan lagi yaitu biaya penggantian komputer dengan asumsi suatu komputer mempunyai masa aktif selama 5 tahun. Hal ini dikarenakan nilai *reliability* dari komputer konvensional biasanya bernilai kurang dari 50.000 jam. Sedangkan divais *thin-client* mempunyai nilai *reliability* lebih dari 100.000 jam. Karena itu kecil kemungkinannya divais *thin client* akan diganti dalam jangka waktu 5 tahun [13].

Selain dari segi biaya pembuatan dan perawatan infrastruktur, analisis ekonomis dapat juga dilakukan dari segi biaya konsumsi daya listrik. Biaya konsumsi daya listrik ini akan dikalkulasikan untuk periode 5 tahun untuk melihat penghematannya.

Dalam analisis ekonomis dari segi biaya konsumsi daya listrik akan memakai acuan tarif daya listrik yang diberikan PLN untuk keperluan pelayanan sosial yang diterbitkan tahun 2003 [16]. Diasumsikan bahwa batas daya yang dimiliki oleh Fakultas Teknik UI minimal lebih dari 200 kVA. Selain itu karena pengoperasian infrastruktur jaringan komputer ini diproyeksikan untuk laboratorium Mercator FTUI maka diasumsikan batas waktu pemakaian antara jam 08.00-12.00 dan 13.00-19.00. Dalam satu tahun diperkirakan infrastruktur jaringan komputer ini akan beroperasi selama 261 hari (tanpa asumsi adanya hari libur dalam periode seminggu hari kerja). Atas pertimbangan-pertimbangan diatas maka tarif dasar listrik yang kemungkinan akan dijadikan acuan adalah tarif dasar listrik untuk keperluan pelayanan sosial dengan batas daya bangunan lebih besar dari 200 kVA, dan waktu operasional antara jam 08.00-12.00 dan 13.00-19.00 Blok LWBP (Luar Waktu Beban Puncak). Dengan mengacu pada pertimbangan tersebut maka tarif dasar listrik yang diberlakukan adalah Rp. 325,- per kWh.

Mengenai konsumsi daya listrik rata-rata oleh komputer *server* setelah dilakukan analisis konsumsi daya listrik adalah sebesar 0.07895 kW. Konsumsi daya listrik yang dilakukan oleh divais *thin client NComputing L300* berdasarkan studi literatur rata-rata adalah 5 W dan konsumsi daya listrik rata-rata pada komputer konvensional sebesar 0.11 kW. Tabel 4. 5 akan memperlihatkan data analisis ekonomis pada biaya pembuatan infrastruktur dan biaya konsumsi daya

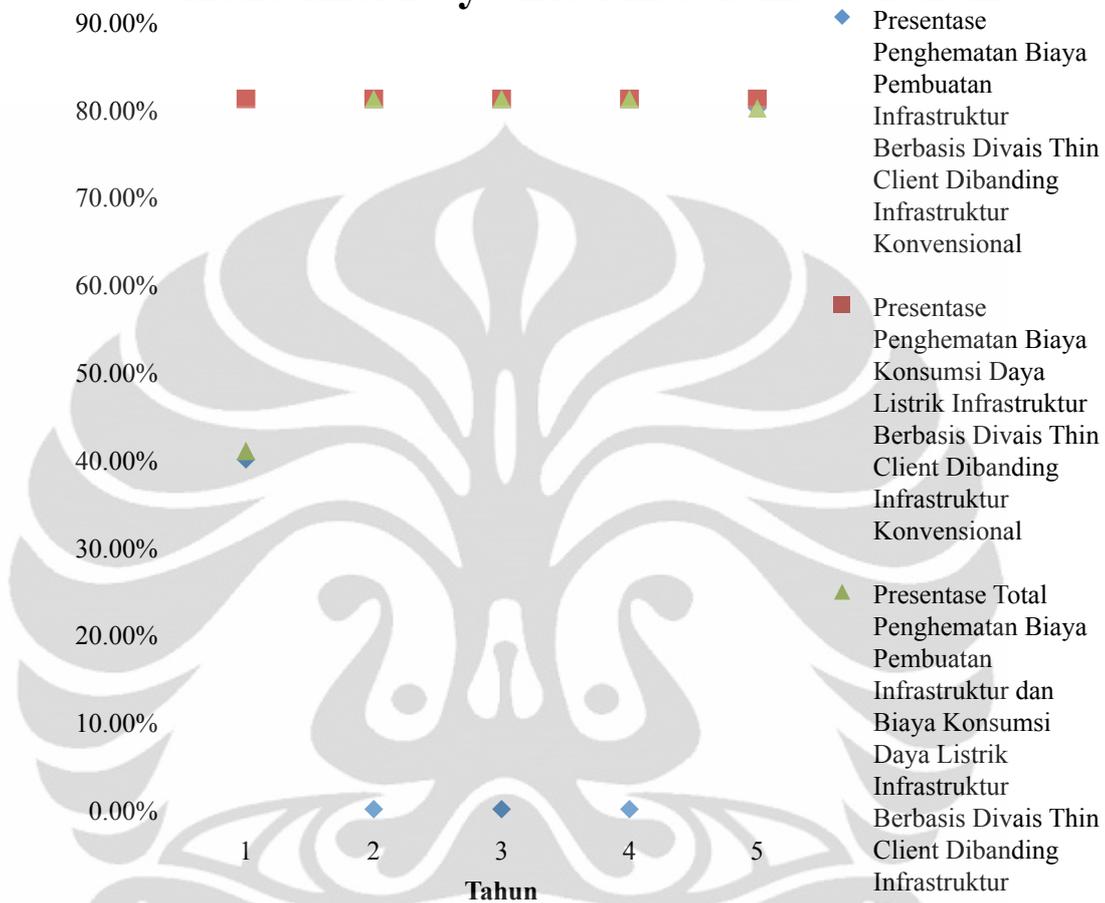
listrik selama 5 tahun.

Tabel 4.5 Tabel Analisis Ekonomis pada Biaya Pembuatan dan Perawatan Infrastruktur dan Biaya Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun

Keterangan	Tahun					Total
	1	2	3	4	5	
Presentase Penghematan Biaya Pembuatan dan Perawatan Infrastruktur Berbasis Divais <i>Thin Client</i> Dibanding Infrastruktur Konvensional	39.94%	0%	0%	0%	80%	59.90%
Presentase Penghematan Biaya Konsumsi Daya Listrik Infrastruktur Berbasis Divais <i>Thin Client</i> Dibanding Infrastruktur Konvensional	81.10%	81.10%	81.10%	81.10%	81.10%	81.10%
Presentase Total Penghematan Biaya Pembuatan Infrastruktur dan Biaya Konsumsi Daya Listrik Infrastruktur Berbasis Divais <i>Thin Client</i> Dibanding Infrastruktur Konvensional	40.91%	81.10%	81.10%	81.10%	80.03%	61.17%

Tabel 4. 5 memperlihatkan data analisis ekonomis selama 5 tahun. Analisis ini berdasarkan biaya pembelian komponen baik komponen komputer maupun divais *thin client* dan biaya rata-rata konsumsi daya listrik komputer konvensional dan komputer server yang digunakan dalam infrastruktur. Setelah itu dikalkulasikan penghematan dari biaya untuk pembuatan infrastruktur berbasis divais *thin client* dibanding infrastruktur konvensional dan penghematan biaya konsumsi daya listrik infrastruktur berbasis divais *thin client* dibanding infrastruktur konvensional. Keduanya lalu dicari nilai presentase penghematannya. Langkah selanjutnya adalah menjumlahkan penghematan kedua parameter tersebut dan mencari presentase totalnya. Gambaran mengenai nilai-nilai diatas digambarkan di gambar 4. 5.

Grafik Analisis Ekonomis pada Biaya Pembuatan Infrastruktur dan Biaya Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun



Gambar 4. 6 Grafik Analisis Ekonomis pada Biaya Pembuatan Infrastruktur dan Biaya Konsumsi Daya Listrik Selama 5 Tahun

4.4 Analisis Dampak Lingkungan

Dalam analisis ini banyak hal yang menjadi pertimbangan terutama dari dampak lingkungan contohnya jumlah bahan bakar yang dihemat jika menggunakan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin-client*, jumlah batu bara yang dihemat jika menggunakan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin-client*, dan jumlah ton sampah elektronik yang dikurangi jika menggunakan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin-client*, dan jumlah emisi gas karbon yang dikurangi jika menggunakan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin-client*.

Perhitungan penghematan bahan bakar yang dihemat jika menggunakan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin-client* dilakukan berdasarkan kalkulasi perbandingan jumlah gallon bahan bakar yang dibutuhkan untuk dapat dikonversi menjadi daya listrik sebesar 1000 kWh dimana koefisien tersebut sebesar 27,3 [6]. Koefisien tersebut lalu dikali dengan penghematan konsumsi daya listrik selama 5 tahun yang telah dirubah ke satuan 1000 kWh.

Perhitungan jumlah ton batu bara yang dihemat jika menggunakan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin-client* dilakukan berdasarkan kalkulasi perbandingan jumlah ton batu bara yang dibutuhkan untuk dapat dikonversi menjadi daya listrik sebesar 1000 kWh dimana koefisien tersebut sebesar 0,123. Koefisien tersebut lalu dikali dengan penghematan konsumsi daya listrik selama 5 tahun yang telah dirubah ke satuan 1000 kWh.

Mengenai perhitungan jumlah ton sampah elektronik yang dikurangi jika menggunakan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin-client* dilakukan berdasarkan kalkulasi perbandingan berat rata-rata komputer yang bernilai 9.6 kg dan berat rata-rata divais *thin client NComputing* yang bernilai 0.154 kg. Kedua koefisien perbandingan tersebut lalu dihitung nilai selisihnya dan dikali dengan jumlah *thin client*. Setelah itu hasil proses tersebut yang masih dalam satuan kg diubah menjadi satuan ton.

Sedangkan perhitungan volume emisi gas karbon yang dikurangi jika menggunakan infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin-client* dilakukan berdasarkan kalkulasi perbandingan jumlah ton volume emisi gas karbon yang dihasilkan dari penggunaan daya listrik sebesar 1000 kWh dimana koefisien tersebut sebesar 0,78 [21]. Koefisien tersebut lalu dikali dengan penghematan konsumsi daya listrik selama 5 tahun yang telah dirubah ke satuan 1000 kWh.

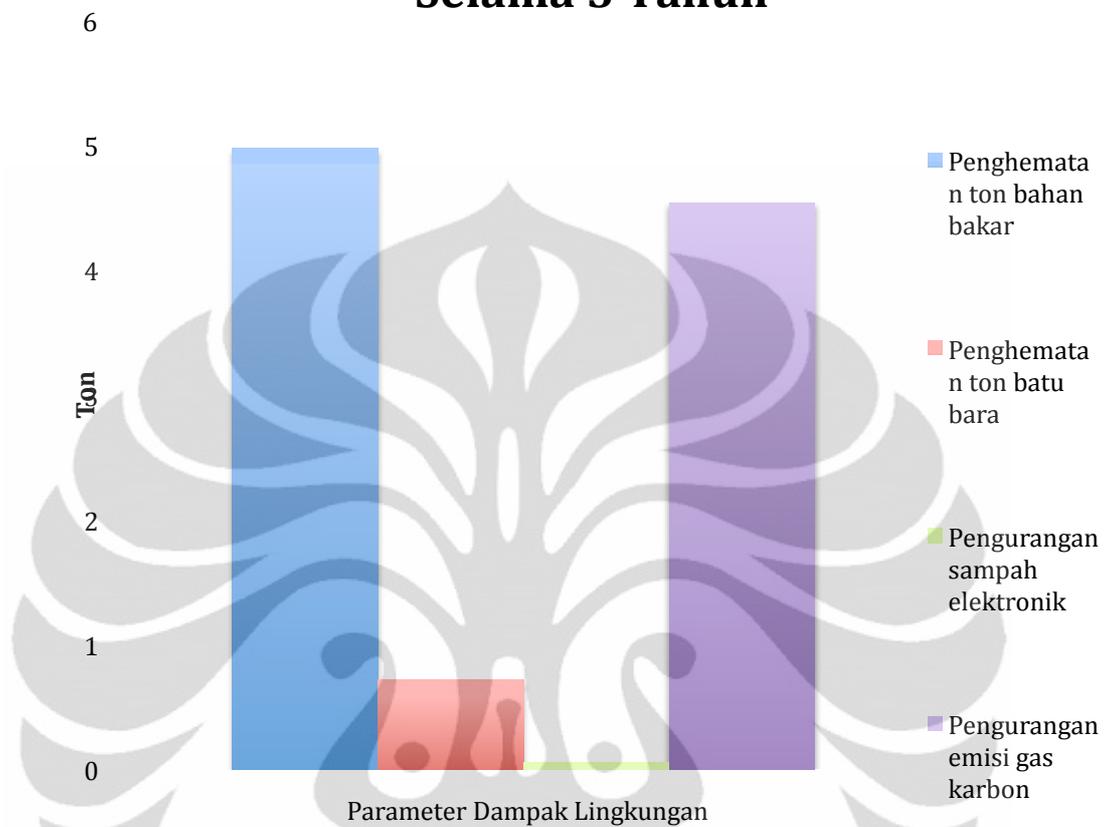
Dari 4 parameter dampak lingkungan diatas terlihat jelas bahwa penghematan konsumsi daya listrik menjadi faktor utama yang dapat memberikan dampak besar bagi lingkungan.

Tabel 4. 6 Tabel Analisis Dampak Lingkungan Selama 5 Tahun

Parameter Yang Dianalisis	Nilai Parameter
Jumlah gallon bahan bakar yang dihemat dengan pembuatan dan pengoperasian infrastruktur jaringan komputer berbasis divais <i>thin client</i> selama 5 tahun	158 gallon
Jumlah batu bara yang dihemat dengan pembuatan dan pengoperasian infrastruktur jaringan komputer berbasis divais <i>thin client</i> selama 5 tahun	0.72 ton
Jumlah sampah elektronik yang dikurangi dengan pembuatan dan pengoperasian infrastruktur jaringan komputer berbasis divais <i>thin client</i> selama 5 tahun	0.05 ton
Volume emisi gas karbon yang dikurangi dengan pembuatan dan pengoperasian infrastruktur jaringan komputer berbasis divais <i>thin client</i> selama 5 tahun	4.54 ton

Tabel 4. 6 menampilkan kalkulasi analisis dampak lingkungan selama 5 tahun. Terlihat bahwa jumlah gallon bahan bakar yang dihemat dengan pembuatan dan pengoperasian infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* selama 5 tahun adalah sebesar 158 gallon atau sebesar 4.9756 ton, jumlah batu bara yang dihemat dengan pembuatan dan pengoperasian infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* selama 5 tahun adalah sebesar 0.72 ton, jumlah sampah elektronik yang dikurangi dengan pembuatan dan pengoperasian infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* selama 5 tahun adalah sebesar 0.05 ton, dan volume emisi gas karbon yang dikurangi dengan pembuatan dan pengoperasian infrastruktur jaringan komputer berbasis divais *thin client* selama 5 tahun adalah sebesar 4.54 ton. Gambar 4. 7 akan menampilkan grafik dari analisis dampak lingkungan selama 5 tahun.

Grafik Analisis Dampak Lingkungan Selama 5 Tahun



Gambar 4. 7 Grafik Analisis Dampak Lingkungan Selama 5 Tahun

BAB 5

KESIMPULAN

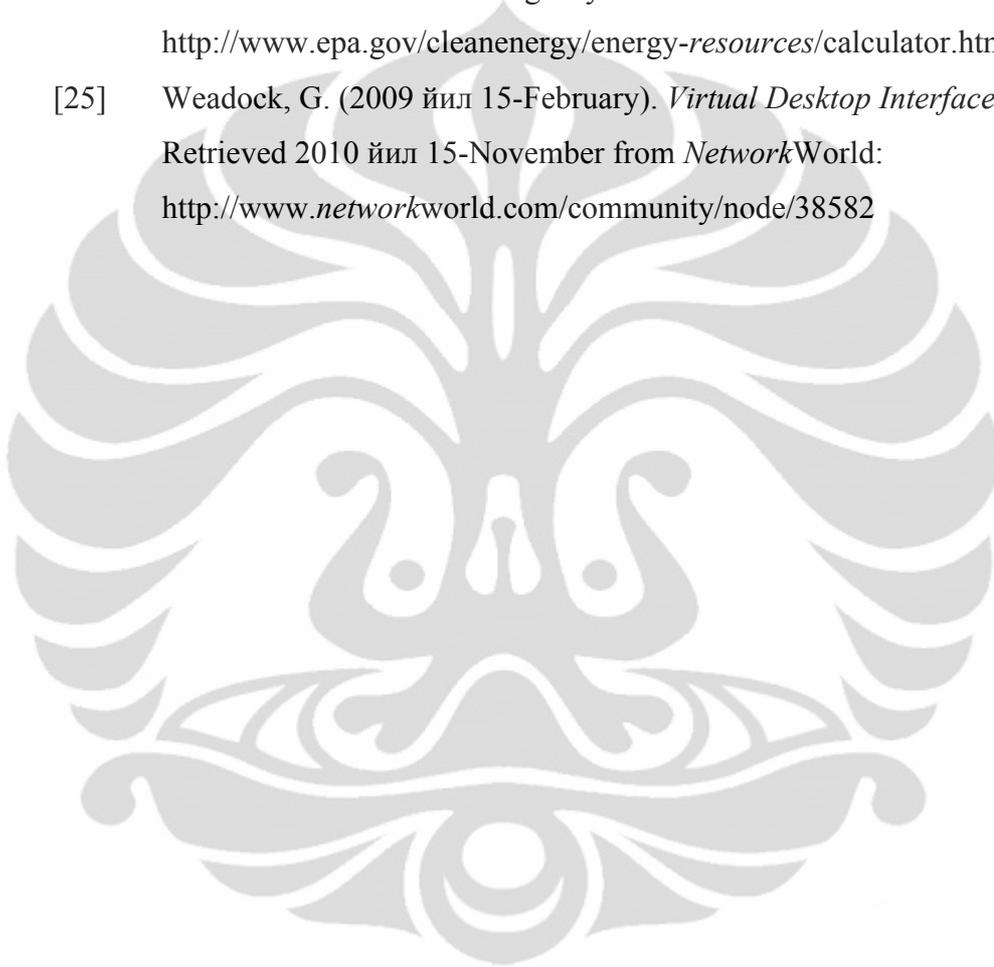
1. Konsep Green Networks berhasil diterapkan pada infrastruktur dengan menitikberatkan virtualisasi pada jaringan komputer berskala kecil dimana virtualisasi yang diterapkan adalah virtualisasi *dektop* dan virtualisasi *hardware*.
2. Fitur *shared-memory* yang terdapat di sistem operasi *Linux Ubuntu* memang beroperasi dengan baik namun tidak ketika menjalankan aplikasi virtualisasi *hardware*.
3. Nilai penggunaan *resources* tertinggi adalah sebesar 3.38 GB (dari total *resources memory* sebesar 3.68 GB).
4. Jumlah alokasi memory sebesar 3.68 GB tidak mencukupi. Untuk menangani berbagai proses dibutuhkan tambahan alokasi memory sebesar 480.06 MB.
5. Nilai rata-rata konsumsi daya listrik komputer *server* saat tidak menjalankan aplikasi apapun sebesar 0.0465 kW, nilai rata-rata konsumsi daya listrik komputer *server* saat beroperasi sebesar 0.07895 kW, dan Nilai tertinggi konsumsi daya listrik komputer *server* saat beroperasi sebesar 0.09177 kW.
6. Total penghematan konsumsi daya pada infrastruktur berbasis divais *thin client* dibanding pada infrastruktur konvensional selama 5 tahun adalah sebesar 5819.95 kWh dan persentasenya adalah sebesar 81.1%.
7. Total persentase penghematan biaya pembuatan dan perawatan infrastruktur berbasis divais *thin client* dibanding infrastruktur konvensional selama 5 tahun adalah sebesar 59.90%.
8. Total persentase penghematan biaya konsumsi daya listrik infrastruktur berbasis divais *thin client* dibanding infrastruktur konvensional selama 5 tahun adalah sebesar 81.1%.
9. Total persentase penghematan biaya pembuatan infrastruktur dan biaya konsumsi daya listrik infrastruktur berbasis divais *thin client* dibanding infrastruktur konvensional selama 5 tahun adalah sebesar 61.17 %.

DAFTAR ACUAN

- [1] Bloor, R. (2008 йил 12-September). *What Is Database Virtualization?* Retrieved 2010 йил 15-November from Have Mac Will Blog: <http://www.havemacwillblog.com/2008/09/what-is-database-virtualization/>
- [2] bodhi.zazen. (2011, January 6). *EnablingPAE - Community Ubuntu Documentation*. Retrieved May 24, 2011, from Community Ubuntu Documentation: <https://help.ubuntu.com/community/EnablingPAE>
- [3] Cacti Group. (2004). *What is Cacti*. Retrieved November 29, 2010, from Cacti: http://www.cacti.net/what_is_cacti.php
- [4] Candra. (2010, January 28). *Perbedaan Ubuntu Server dan Desktop Linux Distro & Opensource*. Retrieved March 16, 2011, from Linux Distro & Opensource: <http://etix.wordpress.com/2010/01/28/perbedaan-Ubuntu-server-dan-desktop/>
- [5] Davis, D. (2009 йил 8-January). *Server Virtualization, Network Virtualization & Storage Virtualization Explained*. Retrieved 2010 йил 15-November from Petri IT Knowledgebase: <http://www.petri.co.il/server-virtualization-network-virtualization-storage-virtualization.htm>
- [6] Fogt, R. (1997). *Online Conversion - Energy Conversion*. Retrieved June 10, 2011, from Online Conversion: <http://www.onlineconversion.com/energy.htm>
- [7] IBM. (2007). *Virtualization In Education*. New York, United States of America: IBM Global Education.
- [8] Kumar, V. (2011, March 30). *Coding, Debugging and more: Out of Memory Exception: A simple string.Split can become fatal if not used properly*. Retrieved June 6, 2011, from <http://vpnchoudhary.blogspot.com/2011/03/out-of-memory-exception-simple.html>
- [9] Laboratorium Tegangan Tinggi Dan Pengukuran Listrik Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. (2010). *Modul Praktikum Pengukuran Besaran Listrik*. Depok.

- [10] Lans, R. V. (2010, December 16). *Clearly Defining Data Virtualization, Data Federation, and Data Integration*. Retrieved January 15, 2011, from BeyeNETWORK: <http://www.b-eye-network.com/view/14815>
- [11] Mike. (2008). *Operating Systems Development Series*. Hämtat från Broke Thorn Entertainment: <http://www.broken Thorn.com/Resources/OSDev18.html> den 10 June 2011
- [12] Murugesan, San. "Harnessing Green IT: Principles and Practices", IEEE Komputer Soicety, 1520-9209, 08, pp. 638-648, Januari/Februari 2008.
- [13] Microsoft Corp. *Microsoft Windows XP Reviewers Guide 2001*. Rapid Response Team.
- [14] NComputing Inc. (2011). *L-Series with vSpace™ for Linux - Ubuntu 10.04, 10.04.1, and 10.04.2 Installation Guide*. NComputing Inc.
- [15] NComputing Inc. *DATASHEET VSPACE-DVS 1A*. Redwood, California, USA: NComputing Inc.
- [16] Onisick, J. (2010, September 6). *Data Center 101: Server Virtualization — Define The Cloud*. Retrieved June 10 2011, from Define The Cloud Cloud Computing and Data Center Technology: <http://www.definethecloud.net/data-center-101-server-virtualization>
- [17] Petersen, J. S. (2003). *What is a thin client*. (N. Foster, Editor) Retrieved November 29, 2010, from wiseGEEK: <http://www.wisegeek.com/what-is-a-thin-client.htm>
- [18] Pogson. (2009, June 5). *Linux Answers - Device thin clients | Linux.com*. Retrieved June 2, 2011, from Linux.com: [http://www.Linux.com/learn/answers/view/101-device thin-clients](http://www.Linux.com/learn/answers/view/101-device%20thin-clients).
- [19] PT. PLN (Persero). (2003). *TARIF DASAR LISTRIK 2003*. Retrieved June 11, 2011, from PLN: <http://www.plnbabel.co.id/t dl.htm>
- [20] Richards, David. "Linux Divais thin Client Networks Design and Deployment: A Quick Guide For System Administrators". Packt Publishing, Birmingham-Mumbai. 2007
- [21] SearchStorage.com. (2004, July 1). *Storage Virtualization*. Retrieved November 15, 2010, from SearchStorage.com: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/storage-virtualization>
- [22] Sufehmi, H. (n.d.). *Pengenalan Virtualisasi*. Retrieved 11 1, 2010, from

- harry.sufehmi.com: <http://harry.sufehmi.com/archives/2006-07-29-1222>.
- [23] Sun Microsystems Inc. (2004). *Sun VirtualBox User Manual*. Sun Microsystems Inc.
- [24] US EPA. (2011, April 29). *Greenhouse Gas Equivalencies Calculator | Clean Energy | US EPA*. Retrieved June 10, 2011, from U.S Environmental Protection Agency:
<http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/calculator.html>
- [25] Weadock, G. (2009 йил 15-February). *Virtual Desktop Interface*. Retrieved 2010 йил 15-November from *NetworkWorld*:
<http://www.networkworld.com/community/node/38582>



DAFTAR PUSTAKA

- Murugesan, San, *"Harnessing Green IT: Principles and Practices"*, IEEE Computer Society, 1520-9209, 08, pp. 638-648, January/Februari 2008
- NComputing Inc. *DATASHEET VSPACE-DVS 1A*. Redwood, California, USA: NComputing Inc.
- NComputing Inc. (2011). *L-Series with vSpace™ for Linux - Ubuntu 10.04, 10.04.1, and 10.04.2 Installation Guide*. NComputing Inc.
- Richards, David. *"Linux Dvairs thin Client Networks Design and Deployment: A Quick Guide For System Administrators"*. Packt Publishing, Birmingham-Mumbai. 2007
- Sun VirtualBox: User Manual*", version 3.1.6, Sun Microsystems, Inc. 2004-2010