



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA DAN IMPLEMENTASI *GREEN COMPUTING* PADA
SISTEM OPERASI *WINDOWS* DAN *LINUX UBUNTU*
MENGUNAKAN METODE *UNDERVOLT***

SKRIPSI

**ASEP SUNANDAR
0806319614**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA DAN IMPLEMENTASI *GREEN COMPUTING* PADA
SISTEM OPERASI *WINDOWS* DAN *LINUX UBUNTU*
MENGUNAKAN METODE *UNDERVOLT***

SKRIPSI

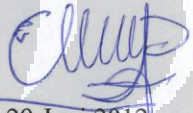
Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**ASEP SUNANDAR
0806319614**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Asep Sunandar
NPM : 0806319614
Tanda Tangan : 
Tanggal : 29 Juni 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Asep Sunandar
NPM : 0806319614
Program studi : Teknik komputer
Judul Skripsi : ANALISA DAN IMPLEMENTASI GREEN
COMPUTING PADA SISTEM OPERASI
WINDOWS DAN LINUX UBUNTU
MENGUNAKAN METODE
UNDERVOLT

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

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

Penguji : Ir. Endang Sriningsih MT, Si

Penguji : Prima Dewi Purnamasari S.T., M.T., M.Sc.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2012

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT sebab atas segala rahmat dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Saya menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Anak Agung Putri Ratna M.Eng. selaku pembimbing skripsi saya. Terima kasih atas pengarahan, koreksi, dukungan, dan waktu yang telah diberikan selama saya mengerjakan skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan moral, do'a serta materil.
3. SUGAR GROUP COMPANIES yang telah turut serta menjadi media sponsor selama perkuliahan.
4. Henry Artajaya, Alifandi Yudistira, Ahmad Shaugi, Dyani Mustikarini, Noni Elysa dan Syamsudin Daniel, selaku teman bimbingan saya atas kerja samanya selama masa bimbingan.
5. Bapak Ir. Amien Rahardjo MT. yang telah berbaik hati meminjamkan alat pengukuran kepada saya.
6. Rekan-rekan dari Laboratorium Jaringan Komputer dan Rekan-rekan dari Laboratorium Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik.
7. Teman-teman diprogram studi Teknik Komputer dan Teknik Elektro atas segala dukungan dan kerja samanya.
8. Pipin Apriani yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan buku skripsi ini.

Akhir kata, semoga Tuhan berkenan membalas kebaikan dari semua pihak yang telah berbaik hati membantu saya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan.

Depok, 29 Juni 2012

Penulis,

Asep Sunandar
NPM. 0806319614

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

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Asep Sunandar

NPM : 0806319614

Program Studi : Teknik Komputer

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**ANALISA DAN IMPLEMENTASI *GREEN COMPUTING* PADA SISTEM
OPERASI *WINDOWS* DAN *LINUX UBUNTU* MENGGUNAKAN METODE
*UNDERVOLT***


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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Juni 2012

Yang menyatakan,


(Asep Sunandar)

ABSTRAK

Nama : Asep Sunandar
Program Studi : Teknik Komputer
Judul : ANALISA DAN IMPLEMENTASI *GREEN COMPUTING*
PADA SISTEM OPERASI *WINDOWS* DAN *LINUX*
UBUNTU MENGGUNAKAN METODE *UNDERVOLT*

Green computing adalah perilaku menggunakan sumber daya komputasi secara efisien yang dilakukan dengan cara memaksimalkan efisiensi energi, memperpanjang masa pakai perangkat keras, meminimalkan penggunaan kertas, dan beberapa hal teknis lainnya. Skripsi ini mengimplementasikan konsep *green computing* dengan cara menghemat konsumsi sumber daya pada prosesor pada perangkat keras dengan menggunakan metode *Undervolt* demi menghemat penggunaan baterai, umur kipas, dan memperkecil kerusakan *Laptop* akibat *overheat*.

Undervolt merupakan proses mengurangi voltase berlebih yang masuk ke CPU dengan menggunakan software ataupun melalui BIOS pada komputer. *Undervolt* tidak mempengaruhi performa secara signifikan, karena yang mempengaruhi performa adalah *overclocking* dan *underclocking*. Berdasarkan hasil penelitian yang mengimplementasikan metode *undervolt* ini, sistem operasi *Windows* memiliki efisiensi energi sebesar 6.37% sedangkan sistem operasi *Ubuntu* sebesar 3.29%.

Kata kunci: *Green computing*, *Undervolt*, dan Sistem Operasi

ABSTRACT

Name : Asep Sunandar
Study Program : Computer Engineering
Title : ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF GREEN COMPUTING ON THE WINDOWS OPERATING SYSTEM AND LINUX UBUNTU USING UNDERVOLT METHOD

Green computing is behavior to use resources computation in which conducted by ways of maximizing efficient energy efficiency, hardware, extending the use minimize the use of paper, and some other technical issues. This thesis implement the concept of green computing by means of save consumption resources at processor on hardware by using the method undervolt for save the use of batteries, a fan, age and minimize damage laptop due to overheat.

Undervolt is process of reducing voltages excess that empties into the cpu by the use of software or via bios on a computer. Undervolt significantly, not affecting the performances because that affects its performance is overclocking and underclocking. Based on the results of research implement methods undervolt this. An operating system, windows having effisiensi energy 6.37 % while operating system ubuntu of 3.29 %.

Keywords: Green computing, Undervolt, and Operating Systems

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiii
DAFTAR ISTILAH.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Metodologi Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II GREEN COMPUTING DAN SISTEM OPERASI.....	4
2.1 <i>Green Computing</i>	4
2.1.1 Dasar dari efisien Energi pada Komputer.....	7
2.2 Pengertian Sistem Operasi.....	10
2.2.1 Jenis-jenis Sistem Operasi.....	10
2.2.2 Perkembangan Microsoft <i>Windows</i>	10
2.2.3 Perkembangan <i>Linux Ubuntu</i>	12
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI.....	19
3.1 Alur Penelitian.....	19
3.1.1 Optimasi Pada Sistem Operasi <i>Windows 7 dan Linux (Ubuntu)</i>	19
3.1.2 Pengujian Efisiensi Energi Dan Emisi Karbon.....	21
3.1.3 Analisa dan evaluasi hasil.....	21
3.2 Spesifikasi Sistem.....	21
3.2.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	21

3.2.2	Spesifikasi Perangkat Lunak	24
3.3	Perancangan Sistem	26
3.3.1	Perancangan metode <i>Undervolt</i> pada Sistem Operasi <i>Windows 7</i> (64 bit)	26
3.3.2	Perancangan metode <i>Undervolt</i> pada Sistem operasi <i>Ubuntu 11.04</i> ...	33
3.3.3	Konfigurasi Power Quality Analyzer Hioki 3169-20	40
3.4	Skenario pengujian.....	42
3.4.1	Pengujian <i>Normal voltage</i> dan Metode <i>Undervolt</i> pada Sistem Operasi <i>Windows 7</i>	42
3.4.2	Pengujian <i>Normal voltage</i> dan Metode <i>Undervolt</i> pada Sistem Operasi <i>Ubuntu 11.04</i>	43
BAB IV	PENGUKURAN DAN ANALISA.....	44
4.1	Pengujian <i>Normal voltage</i> dan Metode <i>Undervolt</i> pada Sistem Operasi <i>Windows 7</i>	44
4.2	Perbandingan Performa antara <i>Normal voltage</i> dengan <i>Undervolt</i> pada Sistem Operasi <i>Windows 7</i>	52
4.3	Pengujian <i>Normal voltage</i> dan Metode <i>Undervolt</i> pada <i>Linux Ubuntu 11.04</i>	57
4.4	Perbandingan Performa antara <i>Normal voltage</i> dengan <i>Undervolt</i> pada Sistem Operasi <i>Linux Ubuntu 11.04</i>	65
4.5	Kalkulasi Emisi Karbon (CO ₂) dan Kalkulasi efisiensi energi.....	69
4.5.1	Kalkulasi Emisi Karbon (CO ₂) dan Efisiensi Energi pada Sistem Operasi <i>Windows 7</i>	69
4.5.2	Kalkulasi Emisi Karbon (CO ₂) dan Efisiensi Energi pada Sistem Operasi <i>Linux Ubuntu 11.04</i>	70
BAB V	KESIMPULAN	71
	DAFTAR REFERENSI	72
	LAMPIRAN 1.....	74
	LAMPIRAN 2.....	77
	LAMPIRAN 3.....	87

DAFTAR GAMBAR

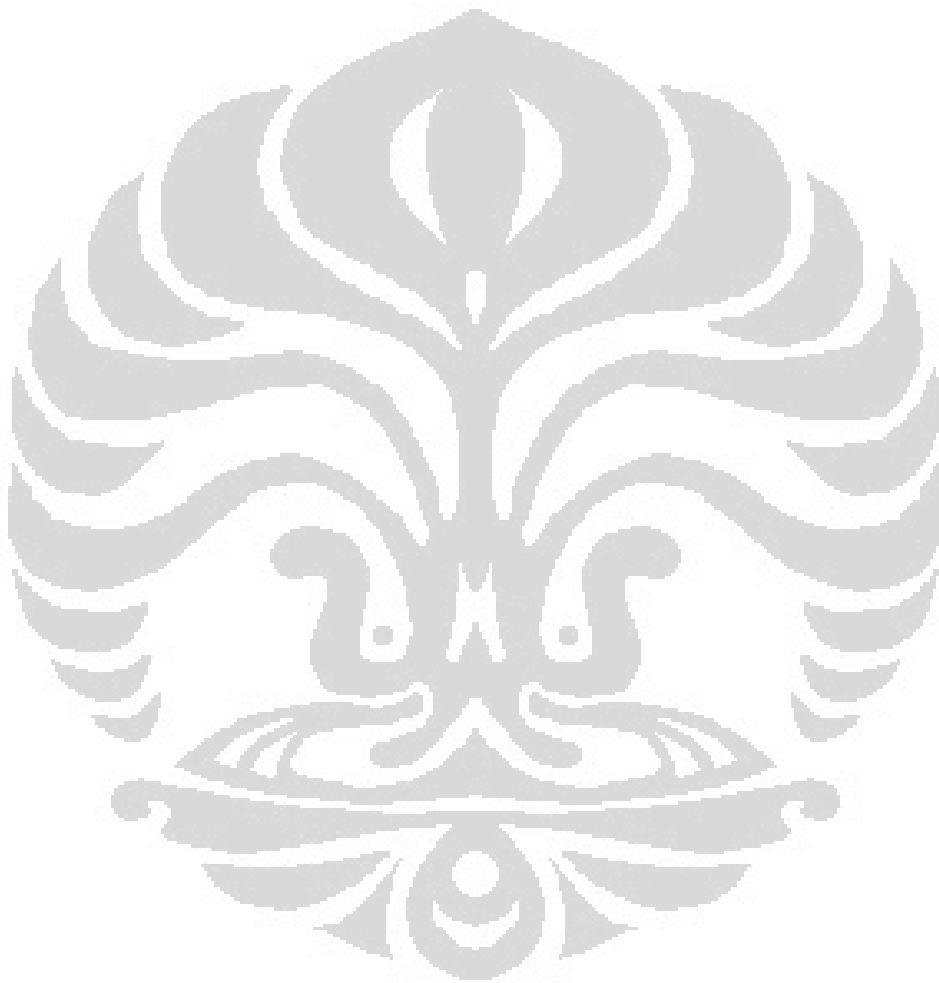
Gambar 3.1 Alur dari tahap-tahap penelitian.....	19
Gambar 3.2 Power Quality Analyzer Hioki 3169 - 20.....	22
Gambar 3.3 <i>Power Measurement Support Software</i>	23
Gambar 3.4 Blok Diagram mengimplementasi <i>undervolt</i> pada <i>Windows 7</i>	27
Gambar 3.5 Program <i>Core Temp</i> pada <i>temperature maximum</i>	28
Gambar 3.6 Program <i>Orthos</i> pada saat <i>stress testing</i> berjalan.....	28
Gambar 3.7 <i>Tabs Advanced CPU setting</i> pada <i>RMClock</i>	29
Gambar 3.8 <i>Setting profile RMClock</i>	29
Gambar 3.9 <i>Setting RMClock</i> untuk berjalan pada <i>Startup Windows</i>	32
Gambar 3.10 Block diagram step-step mengimplementasi <i>undervolt</i> pada <i>Linux Ubuntu 11.04</i>	33
Gambar 3.11 <i>GUI phctool</i> untuk pada <i>Ubuntu 11.04</i>	36
Gambar 3.12 Menu <i>Voltages</i> pada Program <i>phctool</i>	38
Gambar 3.13 Konfigurasi <i>VIDs</i> pada <i>phctool</i> setelah <i>undervolt</i>	39
Gambar 3.14 <i>Block diagram</i> konfigurasi alat <i>power quality analyzer hioki 3169-20</i> dengan <i>Laptop</i>	40
Gambar 4.1 Grafik perbedaan <i>temperature</i> antara <i>normal voltage</i> dan <i>undervolt</i> pada <i>Windows 7</i>	46
Gambar 4.2 Grafik perbandingan kebutuhan konsumsi daya aktif antara <i>Normal voltage</i> dan <i>Undervolt</i>	48
Gambar 4.3 Grafik perbandingan konsumsi daya total antara <i>Normal voltage</i> dan <i>Undervolt</i>	50
Gambar 4.4 Perbandingan penggunaan daya aktif setiap menit pada <i>Normal voltage</i> dan <i>Undervolt</i>	52
Gambar 4.5 Grafik perbandingan waktu pada CPU [<i>normal voltage</i>].....	53
Gambar 4.6 Grafik perbandingan waktu pada CPU [<i>Undervolt</i>].....	54
Gambar 4.7 Grafik Perbedaan <i>temperature</i> antara <i>normal voltage</i> dan <i>undervolt</i> pada <i>Ubuntu 11.04</i>	59
Gambar 4.8 Grafik perbandingan kebutuhan konsumsi daya aktif antara <i>Normal voltage</i> dan <i>Undervolt</i>	61
Gambar 4.9 Grafik perbandingan konsumsi energi total antara <i>Normal voltage</i> dan <i>Undervolt</i>	63
Gambar 4.10 Grafik perbandingan penggunaan daya aktif setiap menit pada <i>Normal voltage</i> dan <i>Undervolt</i>	65
Gambar 4.11 Grafik perbandingan waktu pada CPU.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dampak Lingkungan dari Berbagai Elektronik [6].....	5
Tabel 2.2 Perbedaan sistem operasi <i>Ubuntu 11.04</i> dengan <i>Windows 7</i>	17
Tabel 3.1 Spesifikasi perangkat keras <i>Laptop</i>	21
Tabel 3.2 Spesifikasi dari Hioki <i>Power Quality Analyzer</i> seri 3169-20 [19]	23
Tabel 3.3 Konfigurasi <i>normal voltage</i> pada prosesor <i>T5750</i>	30
Tabel 3.4 Voltase yang digunakan pada skenario pengujian	31
Tabel 4.1 Hasil pengujian <i>Normal voltage</i> pada sistem operasi <i>Windows</i>	45
Tabel 4.2 Hasil pengujian <i>undervolt</i> pada sistem operasi <i>Windows</i>	46
Tabel 4.3 Perbandingan penggunaan daya aktif pada pengujian menggunakan <i>normal voltage</i> dan metode <i>undervolt</i>	47
Tabel 4.4 Perbandingan konsumsi daya total pada pengujian menggunakan	49
Tabel 4.5 Perbandingan penggunaan daya aktif per menit pada <i>Normal voltage</i> dan <i>Undervolt</i> pada <i>Windows 7</i>	51
Tabel 4.6 <i>Benchmarking</i> menggunakan metode <i>normal voltage</i> pada 10x pengujian.....	53
Tabel 4.7 <i>Benchmarking</i> menggunakan metode <i>undervolt</i> pada 10x pengujian ..	54
Tabel 4.8 Informasi CPU pada Program <i>Core Temp</i> keadaan <i>idle (Normal voltage)</i> dan (<i>Undervolt</i>).....	55
Tabel 4.9 Kondisi <i>temperature</i> CPU pada Program <i>Core Temp</i> keadaan <i>idle (Normal voltage)</i> dan (<i>Undervolt</i>)	55
Tabel 4.10 Informasi CPU pada Program <i>Core Temp</i> keadaan <i>stress testing (Normal voltage)</i> dan (<i>Undervolt</i>)	56
Tabel 4.11 Informasi dan <i>temperature</i> CPU pada Program <i>Core Temp</i> keadaan <i>stress testing (Normal voltage)</i>	56
Tabel 4.12 Hasil pengujian <i>Normal voltage</i> pada sistem operasi <i>Linux</i>	58
Tabel 4.13 Hasil pengujian <i>undervolt</i> pada sistem operasi <i>Linux</i>	59
Tabel 4.14 Perbandingan penggunaan daya aktif pada pengujian menggunakan metode <i>normal voltage</i> dan metode <i>undervolt</i>	60
Tabel 4.15 Perbandingan konsumsi daya total pada pengujian menggunakan <i>normal voltage</i> dan metode <i>undervolt</i>	62
Tabel 4.16 Perbandingan penggunaan daya aktif per menit pada <i>Normal voltage</i> dan <i>Undervolt</i>	64
Tabel 4.17 Hasil <i>benchmarking</i> pada <i>normal voltage</i> dan menggunakan metode <i>undervolt</i> pada 10x perhitungan.....	66
Tabel 4.18 Informasi dan kondisi CPU keadaan <i>idle (Normal voltage)</i> dan (<i>Undervolt</i>).....	68
Tabel 4.19 Informasi dan <i>temperature</i> CPU pada Program <i>Core Temp</i> keadaan <i>stress testing (Normal voltage)</i>	68

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1) Konsumsi energi secara umum.....	7
Persamaan (2.2) Manajemen daya yang efisien.....	8
Persamaan (2.3) Persentase penyimpangan.....	8
Persamaan (4.1) Menghitung Emisi Karbon Dioksida.....	69



DAFTAR ISTILAH

B

Benchmarking: merupakan kegiatan menjalankan sebuah program atau perangkat lunak untuk mengukur performa suatu obyek.

BSOD: Blue Screen of Death adalah istilah yang digunakan untuk memberitahukan bahwa ada kesalahan pada sistem Microsoft Windows.

C

CPU: (Central Processing Unit) CPU adalah otak atau sumber dari komputer yang mengatur dan memproses seluruh kerja komputer.

CPU FID: CPU multiplier. Intel® Core™ 2 Duo Prosesor T5750 memiliki nilai multiplier default x12 ($12 \times 166.3 \text{ MHz} = 2000 \text{ MHz}$).

CPU VID: Voltage Identification Digital. CPU VID menentukan nilai CPU Core Voltage (vCore). Nilai maksimum CPU VID pada Intel® Core™ 2 Duo Prosesor T5750 adalah 1.25v.

F

FSB: (Front Side Bus) FSB yang sering juga disebut sebagai system bus adalah jalur (bus) yang secara fisik menghubungkan prosesor dengan chipset north bridge pada motherboard.

G

GUI: Graphical User Interface adalah sebuah program aplikasi berorientasi visual yang dibangun dengan objek grafis sebagai pengganti perintah text.

GPU: Graphics Processing Unit (GPU) adalah sebuah device yang secara khusus ditugaskan hanya untuk mengolah tampilan graphics.

M

MHz: Megahertz. MHz dalam dunia komputer umumnya digunakan untuk menggambarkan pengukuran kecepatan CPU atau unit pengolah pusat dalam komputer.

P

Pi: angka yang diperoleh dari pembagian keliling sebuah lingkaran dengan diameternya.

U

USB: Universal Serial Bus (USB) adalah standar bus serial untuk perangkat penghubung, biasanya kepada komputer namun juga digunakan di peralatan lainnya seperti konsol permainan, ponsel dan PDA.

ULV: Ultra Low Voltage (ULV), Tipe prosesor yang diperuntukkan untuk sebuah perangkat mobile yang memiliki ukuran yang tipis dan sedang.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagaimana yang dirasakan saat ini, kemajuan teknologi informasi (TI) berkembang sangat pesat. Segala kegiatan manusia banyak menggunakan teknologi informasi. Teknologi informasi ini pun menjadi sangat disanjung karena kemudahan yang ditawarkan untuk membantu kegiatan manusia. Namun, tidak lepas dari itu, ternyata teknologi informasi yang semakin krisis energi bisa merusak lingkungan bahkan generasi penerus dimasa yang akan datang. Oleh karena itu, produk teknologi informasi harus dimanfaatkan dan dipilih dengan baik dan bijak.

Saat ini bahkan sejak tahun 1992 istilah *Green computing* sudah sangat familiar di dunia TI. *Green computing* adalah perilaku menggunakan sumber daya komputasi secara efisien yang dilakukan dengan cara memaksimalkan efisiensi energi, memperpanjang masa pakai perangkat keras, meminimalkan penggunaan kertas, dan beberapa hal teknis lainnya.

Fenomena *Green computing* ini mulai muncul tahun 1992. Asal mulanya dengan munculnya teknologi *sleep mode*, yang berfungsi untuk meminimalkan energi komputer ketika komputer sedang tidak digunakan.

Pada tahun 1992, telah berdiri suatu organisasi yang berada di Swedia yakni *Tjänstermännens Central Organization* (TCO). Sebuah organisasi yang berhak mengeluarkan sertifikasi atasi emisi, ergonomi, ekologi, dan energi pada komputer, *monitor*, *printer*, *cellphone*, hingga *furniture* [1].

Pada tahun 1992, *US Environmental Protection Agency* mengeluarkan Program *Energy Star*, yaitu Program promosi dan penghargaan bagi penerap efisiensi energi pada teknologi *monitor*, pengontrol iklim, dan teknologi lain. Istilah *Green computing* muncul dengan besarnya *Energy Star* ini, khususnya merujuk kepada hal yang lebih efisien dalam konsumsi energi pada penggunaan produk *computing*. Landasan pergerakannya adalah kebutuhan akan keberlangsungan hidup (*economic viability*), tanggung jawab sosial (*social responsibility*) dan

pengaruh lingkungan (*environmental impact*) [2]. Sebagai generasi penerus yang sadar akan tanggung jawab, sudah menjadi kewajiban untuk peduli lingkungan, terutama pada masalah krisis energi.

Pada penelitian ini akan dicoba diterapkan konsep *undervolt* untuk meningkatkan efisiensi energi pada suatu komputer. Telah dijelaskan pada sebuah artikel [3] karya Jun Wang, Ling Feng, Wenwei Xue, dan Zhanjiang Song mengenai “Sebuah Survei Efisien Energi Data Management” di dalamnya membahas isu penting dan mendesak dalam *Green computing*. Didukung pada [4] tentang “*Underclock and undervolt: making your PC more Green*”. Dapat dikutip pula dalam sebuah kalimat yang berisi “menggabungkan *underclock* dan *undervolt*, mungkin mengurangi konsumsi prosesor sebesar 50% atau lebih”, dengan kata lain dapat dihemat penggunaan energi dalam sebuah komputer dan dapat mengurangi *temperature* serta listrik yang digunakan.

Dari latar belakang yang telah disebutkan, akan coba diterapkan teknologi sebuah komputer yang memiliki performa yang baik di mana menerapkan konsep *green computing* menggunakan metode *undervolt*. Penerapan metode ini akan diterapkan pada sistem operasi *Windows* dan *Ubuntu*. Di samping itu diharapkan dapat mengoptimalkan efisiensi energi dan ramah lingkungan juga dapat memberikan dampak positif lain bagi aspek lainnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang bertajuk tentang “Analisa dan Implementasi *Green computing* pada Sistem Operasi *Windows* dan *Linux Ubuntu* Menggunakan Metode *Undervolt*” adalah

- 1) Mengimplementasikan konsep *green computing* pada perangkat keras dengan menggunakan metode *Undervolt*.
- 2) Menganalisa suatu sistem komputer yang mengacu pada pendekatan optimasi teknologi *green computing* dengan menggunakan metode *undervolt*.
- 3) Mengukur dan Membandingkan efisiensi energi pada sistem operasi *Windows* dan *Ubuntu* menggunakan metode *Undervolt*.
- 4) Mengukur dan membandingkan performa sistem operasi *Windows* menggunakan Program *hyper pi* dan *Ubuntu* dengan *script* untuk menghitung *pi*.

1.3 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan untuk Skripsi ini adalah:

1. Studi literatur, dengan membaca forum dan menggunakan buku sebagai referensi untuk Skripsi ini.
2. Perancangan sistem, mengoptimasi komputer dengan metode *undervolt*, untuk melakukan pendekatan berbasis *Green computing* pada kedua sistem operasi.
3. Uji Coba penelitian dan Analisa data, bertujuan merangkai kesimpulan dari hasil yang didapat pada *performance benchmarking* dan pengujian yang dilakukan terhadap sistem hasil eksperimen.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari Skripsi ini adalah menganalisa hubungan efisiensi energi dan performa komputer berdasarkan pendekatan *Green computing* menggunakan sistem operasi *Windows* dan *Linux*, untuk nantinya dapat melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Mengimplementasi metode *undervolt* pada *Laptop* dan melakukan *benchmarking* dengan perhitungan *digits pi*.
2. Mengukur dan menganalisa konsumsi energi dan performa komputer berdasarkan pendekatan secara *Green computing*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada Skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan, terdiri dari Latar Belakang, Tujuan, Metodologi Penelitian, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

BAB 2 Landasan Teori berupa *Green computing* dan sistem operasi, berisikan pembahasan akan landasan teori tentang *Green computing* dan sistem operasi *Windows* dan *Ubuntu* yang akan dibahas dalam Skripsi ini.

BAB 3 Perancangan dan Implementasi *undervolt* berbasiskan pada *Green computing*.

BAB 4 Pengukuran dan Analisa Konsumsi Energi berdasarkan Parameter *Green computing*.

BAB 5 Kesimpulan, berisikan kesimpulan dari Skripsi ini.

BAB II

GREEN COMPUTING DAN SISTEM OPERASI

2.1 *Green Computing*

Green computing merupakan suatu pergerakan untuk mengaplikasikan standar lingkungan pada proses produksi, penggunaan dan pembuangan barang-barang teknologi komputer [5]. Contoh dari *green computing* diantaranya adalah komputer dengan sistem *advanced power management*, komputer yang dibuat untuk berjalan pada sumber energi alternatif, dan komputer yang dibuat dengan bahan-bahan yang tidak membahayakan lingkungan.

Pada beberapa kondisi, *green computing* dapat diaplikasikan secara ketat pada proses produksi yang digunakan untuk membuat komputer. Beberapa produsen menggunakan langkah-langkah khusus untuk memastikan bahwa proses produksi mereka tidak mengotori lingkungan.

Produsen atau perusahaan menemukan cara untuk mengurangi penggunaan energi untuk komponen-komponen komputer yang mereka produksi. Terdapat perusahaan-perusahaan khusus yang memungkinkan individu dan perusahaan lainnya yang membayar biaya kelebihan karbon, dan kemudian mereka pada umumnya mengalokasikan uang tersebut untuk aktivitas yang ramah lingkungan untuk dapat mengurangi emisi karbon (CO₂) yang dihasilkan.

Salah satu cara utama di mana perusahaan mengaplikasikan konsep *green computing* adalah pada area efisiensi energi (*power efficiency*). Banyak sistem komputer didesain sehingga komponen-komponennya akan mati secara otomatis untuk mengurangi konsumsi energi ketika mereka sedang tidak digunakan. Pendekatan lainnya adalah untuk mendesain komponen yang sama, sementara menggunakan energi yang lebih rendah (*less energy*) sebagaimana mestinya yang akan diaplikasikan pada penelitian ini. Pada intinya, *green computing*, ditujukan untuk membuat lingkungan yang lebih sehat dan bersih, tanpa meninggalkan fungsi dari teknologi itu sendiri.

Berdasarkan *Journal of Industrial Ecology* yang ditulis oleh sejumlah peneliti dari *Sweden's Royal Institute of Technology*, menempatkan jumlah dari emisi CO₂ yang didapatkan dari sektor *Information and communication Technology* (ICT)

yang berkontribusi dari total emisi karbon di dunia. ICT pun turut bertanggung jawab dalam 3.9 % dari pemakaian energi di dunia. Tabel 2.1 menunjukkan jumlah yang berbeda dari setiap area di dalam ICT.

Tabel 2.1 Dampak Lingkungan dari Berbagai Elektronik [6]

ICT	Operational electricity [TWh]	Total CO ₂ -eq emissions [Mt]
Mobile telecom	60	80
Mobile networks, operation	50	46
Mobile networks, manufacturing (incl. also sites, etc.)	n.a.	9
Mobile phones, operation	9	5
Mobile phones, manufacturing	n.a.	21
Fixed telecom	160	120
Fixed networks, operation	72	54
Fixed networks, manufacturing (incl. also sites, etc.)	n.a.	10
Cordless phones, operation	22	13
BB modems and routers, operation	35	21
PBXs, faxes and various business systems, operation	35	20
End-user telecom equipment, manufacturing	n.a.	6
PCs	260	250
PCs, operation	258	155
PCs, manufacturing	n.a.	97
Data centers, enterprise networks and transport networks	226	170
Data centers, operation	180	108
Enterprise networks, operation	29	17
Transport networks, operation	17	10
Data hardware, manufacturing	n.a.	30
Total	710	620

Note: n.a. = not applicable. Operational electricity for manufacturing not assessed. BB = broadband; PBX = private branch exchange.

Sektor ICT mencakup dua aspek yakni teknologi informasi yang meliputi segala hal yang berkaitan dengan pengelolaan informasi dan teknologi komunikasi yang berkaitan dengan transmisi data dari satu perangkat ke perangkat lain. Dapat dilihat pada Tabel, bahwa untuk teknologi informasi memakan porsi yang lebih besar dibandingkan dengan teknologi komunikasi berdasarkan data bahwa operasional PC dan *data center* mengambil porsi yang terbesar dibandingkan penggunaan lainnya begitu pula dengan penggunaan – penggunaan lain di dalam teknologi informasi yang apabila diakumulasikan akan lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi komunikasi. Terlihat pada kolom paling kanan yakni total emisi karbon yang dihasilkan, tentunya perantara teknologi informasi akan jauh lebih mengungguli dibandingkan dengan teknologi komunikasi. Sebab semakin banyak energi yang digunakan tentunya akan berbanding lurus dengan emisi karbon yang dihasilkan.

Dengan kondisi di mana dunia semakin terjadi krisis energi, diperlukan sebuah perilaku yang dapat mengurangi terjadinya krisis energi. Pada tahun 1992, telah hadir di beberapa negara maju seperti Amerika sebuah Program yang bernama *Energy Star*. Program *Energy Star* mendorong produsen untuk menciptakan perangkat yang hemat energi dan hanya membutuhkan energi yang minim untuk dapat dioperasikan[7]. Program *Energy Star* merupakan salah satu regulasi metode dari *green computing*. *Green computing* didefinisi sebagai studi dan praktek dari perancangan, manufaktur, penggunaan, dan pembuangan dari komputer, *server*, dan *subsystems* yang terkait seperti *monitor*, *printer*, *storage devices*, dan *networking and communications systems* dengan penggunaan konsumsi sumber daya yang dapat berkurang dan pembuangan yang tepat dari sampah elektronik. Dalam bidang komputasi, *green computing* adalah sebuah konsep global yang memerlukan *system architecture*, *system software*, *parallel and distributed computing*, dan *computer network*. Hal ini bertujuan untuk mengurangi konsumsi daya dari sistem komputer, menyediakan layanan yang efisien, dapat diandalkan, dan mencapai tujuan dari sistem IT dengan daya rendah. Konsumsi daya dari sebuah sistem komputer ditentukan dari konsumsi daya dari *hardware*, efisiensi *runtime* dari *task*, dan kebijakan konfigurasi dari sumber daya[8]. *Green computing* memiliki beberapa elemen, yakni ramah lingkungan, penggunaan energi secara efisien, penggunaan sumber daya secara efisien, pengurangan pekerjaan yang tidak berguna, dan daur ulang.

Berikut adalah beberapa metode pendekatan *green computing* [9]:

1. Pemanfaatan energi alternatif
2. Penggunaan sistem teknologi virtualisasi
3. Pengaturan penggunaan sumber daya
4. Penggunaan *hardware* yang *low power*
5. Pemanfaatan sistem daur ulang
6. Penggunaan sistem mobilitas

Dari keenam metode di atas, penggunaan *hardware* yang *low power* yang akan dibahas di dalam penelitian ini, di mana akan dicoba mengimplementasikan metode *undervolt*. Seperti yang telah diketahui bersama bahwa bidang teknologi

informasi dan komunikasi diakui tidak sedikit mengambil konsumsi energi seperti contoh untuk menghidupkan layar monitor CRT berukuran 17” diperlukan daya 200 *Watt*, untuk mengaktifkan *cooler fan*, *removable disk*, dan *CD ROM* diperlukan daya sebesar 100 *Watt*, dan daya untuk *hard disk* sebesar 250 GB memerlukan daya 25 *Watt* dalam pemakaiannya.

Dengan penggunaan *hardware* yang *low power*, dimungkinkan untuk menurunkan konsumsi energi dan menambah umur suatu komputer. Tentu saja dengan metode ini, dapat menghemat penggunaan konsumsi energi dan mengurangi resiko kerusakan yang terjadi pada suatu perangkat keras secara fisik dan memaksimalkan penggunaan perangkat keras itu sendiri.

Menyadari bahwa perkembangan teknologi saat ini yang sudah menjadi kebutuhan utama serta penggunaan komputer yang akan selalu bertambah dari waktu ke waktu harus disertai dengan pertimbangan untuk tetap menjaga aspek lingkungan tetap bersih, sehat, dan tidak tercemar oleh bahan – bahan berbahaya.

Sebaiknya *user* memiliki sikap peduli terhadap segala aspek yang berhubungan dengan *green computing* dengan harapan agar terhindar dari pemborosan energi yang dapat berdampak kepada pencemaran lingkungan. Contoh implementasi suatu *green computing* pada edukasi *paperless*:

- Hindari kertas, gunakan file elektronik atau blog untuk pengumpulan laporan dan tugas.
- Lupakan cara konvensional, gunakan *e-learning System* untuk penyebaran modul ajar, forum diskusi dan *assignment*.
- Gunakan *Chatting* dan *Social Networking* untuk mendukung pembelajaran.

2.1.1 Dasar dari efisien Energi pada Komputer

2.1.1.1 Masalah efisiensi energi.

Konsumsi energi secara umum dapat didefinisikan sebagai penggunaan energi dapat didefinisikan dalam rumus (2.1) [3].

$$Energy = AvgPower \times Time \quad (2.1)$$

Di mana *Energy* dan *AvgPower* dihitung dalam *Joule* dan *Watt*, maka 1 *Joule* = 1 *Watt* x 1 *Second*.

Efisiensi energi ekuivalen dengan rasio performansi, yang dihitung pada rasio kerja, daya (*power*) yang digunakan dan performansi dapat direpresentasikan dengan *respon time* atau *throughput* dari sistem komputasi [3].

$$\text{Energy Efficiency} = \frac{\text{Workdone}}{\text{Energy}} = \frac{\text{Workdone}}{\text{Power} \times \text{Time}} \quad (2.2)$$

Pendekatan utama terhadap efisiensi energi adalah manajemen daya yang efisien. Menurut persamaan (2.2), ada dua cara untuk meningkatkan komputasi hemat energi baik meningkatkan kinerja dengan kekuatan yang sama atau mengurangi konsumsi daya tanpa mengorbankan kinerja terlalu banyak. Untuk hemat energi sistem, sebaiknya sebuah sistem komputasi mengkonsumsi energi minimal untuk melakukan tugas pada tingkat kinerja maksimal.

Persentase penyimpangan adalah salah satu metode untuk membandingkan nilai eksperimen dengan nilai yang diterima atau nilai literatur. Definisi dari persentase penyimpangan adalah [10]

$$\text{Persentase penyimpangan} = \left| \frac{\text{nilai literatur} - \text{nilai eksperimen}}{\text{nilai literatur}} \right| \times 100\% \quad (2.3)$$

Perlu diperhatikan bahwa hubungan antara kinerja dan efisiensi energi tidak saling eksklusif. Sebuah kinerja maksimal juga dapat dicapai dengan menonaktifkan beberapa sumber daya atau menurunkan kinerja individu tertentu tanpa mempengaruhi penyelesaian yang beban kerja waktu terbaik atau *throughput* untuk mengoptimalkan penggunaan energi. Brown dkk, (2010) memperlakukan efisiensi energi sebagai masalah optimasi. Untuk memberikan solusi efektif pada masalah energi efisiensi, enam pertimbangan berikut dapat diambil sebagai pedoman solusi desain [3].

1. Pemeriksaan Komprehensif Komponen Sistem. Untuk menghemat konsumsi daya, pertama harus menyelidiki di mana daya yang dihabiskan dan bagaimana mengoptimalkan penggunaan daya. Dalam sistem komputer, biasanya ada lima konsumen energi, yaitu prosesor, *disk*, memori, perangkat I/O, dan *chipset*. Pencapaian efisiensi energi membutuhkan perbaikan dalam profil penggunaan energi dari setiap komponen sistem.

2. Mengadopsi Komponen Daya *Hardware* terkontrol. Mengadopsi daya dikelola komponen perangkat keras dapat membantu meningkatkan efisiensi energi. Misalnya, tegangan komponen perangkat keras dapat ditambah atau dikurangi melalui *dynamic voltage scaling* (dvs) yang merupakan manajemen daya teknik dalam arsitektur komputer, tergantung pada keadaan. *Scaling* tegangan dinamis untuk mengurangi tegangan dikenal sebagai *undervolt*, dan situasi ini dapat menghemat daya. Selain itu, menggunakan *drive* faktor bentuk *disk* kecil, *disk drive solid state*, konfigurasi memori besar, prosesor daya rendah dan kondisi ini dapat menurunkan konsumsi daya.
3. Membangun Model Daya untuk Sistem Komputasi. Orang perlu mengetahui bagaimana sebuah sistem komputasi dibangun dan bagaimana sistem hemat energi beroperasi. Hal ini penting untuk membangun sebuah model daya yang memungkinkan sistem untuk mengetahui bagaimana daya yang dikonsumsi, dan bagaimana sistem dapat memanipulasi dan menyesuaikan daya.
4. Memahami dan Mengukur Kinerja Sistem. Untuk mengatasi kinerja dengan konsumsi daya minimal, sistem komputasi harus memiliki cara untuk memahami cepat waktu dan mengukur kinerja sistem terkait dengan pelaksanaan tugas di bawah beban kerja yang dinamis yang berbeda.
5. Membangun pengoptimalan Energi. Sistem harus mengakomodasi komponen energi *optimizer*, yang bertanggung jawab untuk konfigurasi perangkat keras hemat energi di seluruh sistem operasi di setiap saat. Pendekatan optimasi mungkin didasarkan pada baik heuristik atau teknik analitis.
6. Mengurangi Daya Puncak. Menjelaskan bahwa desktop dan *server* prosesor saat ini dapat mengkonsumsi kurang dari sepertiga dari daya puncak pada mode aktivitas yang sangat rendah, yang demikian dapat menghemat sekitar 70 % dari daya puncak. Tsirogiannis dkk, (2010) menunjukkan bahwa hampir 50 % dari daya puncak sebenarnya dikonsumsi saat *idle* [3].

Green computing yang merupakan suatu konsep penggunaan teknologi agar menjadi lebih praktis, efisien dan hemat dalam penggunaan energi, menjadi suatu konsep yang terus dikembangkan pada saat ini. Metode yang dapat dianalisa dan dikembangkan adalah penggunaan prosesor pada setiap komputer yang dioptimasi dengan *undervolt*, namun memiliki kinerja yang

setara dengan penggunaan prosesor tanpa diberi perlakuan tersebut agar energi menjadi lebih hemat dan efisien. Selain itu, prinsip ramah lingkungan juga menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari pengembangan teknologi ini. Maka optimalisasi kinerja komputer pada prosesor menjadi pilihan agar dapat dioptimalkan dalam penggunaan teknologi disaat ini.

2.2 Pengertian Sistem Operasi

Sistem operasi komputer adalah perangkat lunak komputer yang bertugas melakukan kontrol, manajemen perangkat keras, dan juga operasi-operasi dasar sistem, serta menentukan Program yang mana dijalankan, kapan, dan alat yang mana (seperti memori atau I/O) yang digunakan, sehingga aplikasi-aplikasi yang dijalankan dapat berjalan dengan lancar, dan memudahkan kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh *users*[11].

2.2.1 Jenis-jenis Sistem Operasi

Saat ini sistem operasi komputer memiliki jenis yang beraneka ragam. Masing – masing sistem operasi memiliki kekurangan, dan kelebihanannya sendiri. Berikut adalah jenis-jenis sistem operasi:

- *Microsoft Windows*
- *Unix*
- *Linux*
- *Macintosh*
- *MS-Dos*
- *POSIX*

2.2.2 Perkembangan Microsoft Windows

Microsoft Windows adalah serangkaian perangkat lunak sistem operasi dan antarmuka pengguna grafis yang diproduksi oleh Microsoft [12]. Microsoft pertama memperkenalkan lingkungan operasi bernama *Windows* pada bulan November 1985 sebagai add-on untuk MS-DOS, direspon dengan kepentingan tumbuh di antarmuka pengguna *graphic user interface* (GUI). *Microsoft Windows* datang untuk mendominasi dunia komputer pribadi pasar, menyalip Mac OS, yang telah diperkenalkan sebelumnya. Pada Oktober 2009, *Windows* telah sekitar 91%

dari pangsa pasar dari klien untuk penggunaan sistem operasi di internet. Versi paling terbaru *Windows* adalah *Windows 8*; yang paling baru server versi adalah *Windows Server 2008 R2*, yang paling baru ponsel versi *Windows Mobile 6.5*. *Microsoft* telah mengambil dua rute paralel dalam sistem operasinya. Satu rute telah bagi pengguna rumah dan yang lainnya telah untuk pengguna profesional TI. Rute dual umumnya mengarah ke versi yang lebih besar memiliki rumah *multimedia* dukungan dan fungsionalitas kurang dalam jaringan dan keamanan, dan versi profesional yang memiliki dukungan *multimedia inferior* dan jaringan yang lebih baik dan keamanan.

Microsoft Windows adalah salah satu sistem operasi komputer yang paling populer saat ini. Sistem operasi ini dikembangkan oleh perusahaan *Microsoft* dengan menggunakan antarmuka berbasis grafik (*graphical user interface*). *Windows* pertama kali dikenalkan pada tanggal 10 November 1983, tetapi baru keluar pasar pada bulan November tahun 1985. Saat ini hampir seluruh masyarakat dunia mengetahui sistem operasi *Windows*, dan menggunakannya karena pengoperasian sistem operasi *Windows* tidaklah sulit. Sistem operasi ini sendiri telah berkembang, dan semakin hari semakin memudahkan para penggunanya untuk mengoperasikan komputer. Versi terakhir dari *Windows* adalah *Windows 8*. Kini perusahaan *Microsoft* terus mengembangkannya, dan berencana meluncurkan *Windows 8* pada tahun 2011 – 2012.

Di samping itu *Microsoft Windows 7* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yang tersedia di dalamnya. Beberapa hal yang menjadikan *Windows 7* memiliki kelebihan yaitu [13]:

1. Proses booting dan shut down lebih cepat, bahkan ada klaim bahwa 7 diambil dari kecepatan booting sampai *Windows* siap hanya 7 detik.
2. Penggunaan Catu Daya CPU, *hard disk* (HD) dan memori yang dibutuhkan sistem service relatif lebih kecil meskipun tampilannya lebih memukau dari OS sebelumnya
3. Mengoptimisasi *prefetching* baik untuk HD maupun SSD
4. Tampilan *Windows* lebih bagus dari segi 3 demensinya yang lebih baik
5. Fitur keamanannya lebih kuat

6. Fitur *show desktop* dapat meminimalkan seluruh Program yang aktif hanya dengan sekali gerakan atau klik

Di samping memiliki kelebihan sistem operasi *Windows* tentunya memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan yang perlu diperhatikan dalam penggunaan sistem operasi *Windows 7* yakni:

1. Beberapa aplikasi pada *XP* dan *Vista* belum *support* dengan *Windows 7*
2. Masih ada *bug* pada *Windows Player 12*
3. Ada *hardware* yang bisa langsung dikenali di sistem operasi sebelumnya tetapi tidak pada *Windows 7*
4. *Software* yang sebelumnya bisa dipasang pada *Vista*, tidak dapat dipasang di *Windows 7*
5. Banyak perbedaan antara versi *starter* dan *ultimate* pada *Windows 7*

2.2.3 Perkembangan *Linux Ubuntu*

Linux pada awalnya dibuat oleh seorang mahasiswa Finlandia yang bernama Linus Torvalds. Sebelumnya, *Linux* merupakan proyek hobi yang diinspirasi dari *Minix*, yaitu sistem *UNIX* kecil yang dikembangkan oleh Andrew Tanenbaum. *Linux* versi 0.01 dikerjakan sekitar bulan Agustus 1991. Kemudian pada tanggal 5 Oktober 1991, Linus mengumumkan versi resmi *Linux*, yaitu versi 0.02 yang hanya dapat menjalankan *GNU Bourne Again Shell (shell bash)* dan *GNU C Compiler (gcc)* [14].

Ubuntu merupakan distro *Linux* turunan *Debian*. *Ubuntu* bisa digunakan di *Laptop*, *Desktop*, *Server*, maupun perangkat *mobile* dengan kehadiran *Unity* pada *Ubuntu* versi terbaru. Melalui *software center* yang ada di *server repository Ubuntu*, dapat ditemukan hampir seluruh aplikasi yang dibutuhkan untuk keperluan sehari-hari mulai dari aplikasi perkantoran (*office*), pengolah Gambar, internet, *Programming*, *games*, dan sebagainya.

Kata '*Ubuntu*' berasal dari bahasa Afrika yang berarti rasa kemanusiaan terhadap sesama manusia, bisa juga diartikan aku adalah "aku karena keberadaan kita semua." Tujuan dari pembuatan distro *Linux Ubuntu* awalnya adalah membawa semangat yang terkandung di dalam *Ubuntu* ke dalam dunia perangkat lunak.

Ubuntu pertama kali diluncurkan ke publik pada tahun 2004 oleh Mark Shuttleworth pemilik perusahaan *Canonical Ltd.* yang membentuk suatu *group open source* dengan tujuan membentuk *distro* baru berbasis *Debian*. Pertama kali *Ubuntu* diluncurkan, sebanyak lebih dari 12.000 orang telah mencobanya dan angka tersebut terus melonjak dari tahun ke tahun hingga akhirnya menjadikan *Ubuntu* sebagai *distro* terpopuler di dunia.

Secara teknis dan singkat dapat dikatakan, *Linux* adalah suatu sistem operasi yang bersifat *multiuser* dan *multitasking*, yang dapat berjalan di berbagai *platform*, termasuk prosesor *INTEL 386* dan yang lebih tinggi [15]. Sistem operasi ini mengimplementasikan *standard POSIX*. *Linux* dapat berinteroperasi secara baik dengan sistem operasi yang lain, termasuk *Apple*, *Microsoft* dan *Novell*. Nama *Linux* sendiri diturunkan dari pencipta awalnya, Linus Torvalds, yang sebetulnya mengacu pada *kernel* dari suatu sistem operasi, suatu penamaan yang biasa digunakan untuk mengacu ke pada suatu kumpulan lengkap *software*, yang bersama-sama dengan *kernel* menyusun suatu sistem operasi yang lengkap.

Ubuntu memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yang tersedia di dalamnya [16]. Beberapa hal yang menjadikan *Ubuntu* memiliki kelebihan yaitu:

1. *Linux* merupakan sistem operasi bebas dan terbuka (*open source*). Sehingga tidak perlu biaya lisensi untuk membeli atau menggunakan *Linux*.
2. Hampir semua aplikasi yang terdapat di *Windows*, telah terdapat alternatifnya di *Linux* karena banyak komunitas-komunitas pengembangnya, misalkan *sourceforge.net.*, atau bila terpaksa kita bisa menjalankan software untuk *Windows* di *Linux* dengan bantuan *emulator* seperti *Wine* sehingga file *.exe* dan *.msi* dapat dijalankan.
3. Keamanan. Hampir semua pengguna *Windows* pasti pernah terkena *virus*, *spyware*, *Trojan*, *adware*, dsb. Hal ini, hampir tidak terjadi pada *Linux*. *Linux* sejak awal didesain *multi-user*, sehingga bila terserang virus *user* tertentu, akan sangat sangat sulit menyerang dan menyebar ke *user* yang lain. Beberapa orang berpendapat bahwa *Linux* lebih aman karena jumlah penggunaanya lebih sedikit dibanding *Windows*, namun anggapan itu tidaklah tepat.

4. *Linux* relatif stabil. Komputer yang dijalankan di atas sistem operasi UNIX sangat dikenal stabil berjalan tanpa henti. *Linux* yang merupakan varian dari UNIX, juga mewarisi kestabilan ini. Jarang terjadi kasus komputer yang tiba-tiba *hang* dan harus menekan tombol *Ctrl-Alt-Del* atau *Restart* untuk mengakhiri kejadian tersebut.
5. *Linux* mempunyai kompatibilitas ke belakang yang lebih baik (*better backward-compatibility*). Perangkat keras yang telah berusia lama, masih sangat berguna dan dapat dijalankan dengan baik di atas *Linux*. Selain itu, tidak pernah ditemui masalah pada dokumen-dokumen yang memiliki versi lebih baru yang tidak dapat dibaca pada *Linux* versi yang lebih lama. Pada *Windows*, *user* seakan dituntut untuk terus mengikuti perkembangan perangkat keras, seperti kasus file *.docx* (*Word 2007-2010*) yang tidak bisa dibuka dengan Microsoft Word 2003 atau versi dibawahnya.
6. Dukungan komunitas yang beragam dan menyebar di seluruh dunia.
7. *Linux* selain gratis untuk digunakan, gratis pula untuk dimodifikasi dan didistribusikan ulang. Bahkan, kita dapat mengembangkan distro kita sendiri.
8. Beragam pilihan. Hal ini bisa menjadi kelebihan maupun kekurangan. Banyak *distro* bermunculan, contoh yang populer seperti *Ubuntu*, *Debian*, *RedHat*, *openSuSe*, *Fedora*, *Mandriva (Mandrake)*, dsb. Keanekaragaman ini memberi kita banyak pilihan sesuai dengan kebutuhan masing-masing, namun di satu sisi hal ini juga akan membingungkan calon pengguna *Linux*. *Users* dapat melihat pada chart distribusi *Linux* di <http://distrowatch.com> untuk mengetahui rangking distro-distro *Linux*.
9. *Linux* membutuhkan *resource* yang lebih kecil dari *Windows*, sehingga cocok untuk komputer dengan spesifikasi minimal. Selain itu hampir semua distro populer menyediakan versi 32 bit maupun 64 bit.
10. *Linux* dapat berjalan dalam dua mode, modus teks dan modus GUI namun pada umumnya modus teks (*terminal*) yang menjadi kekuatan *Linux*. Modus GUI sendiri memiliki banyak pilhan desktop *environment* seperti KDE, *Gnome*, *BlackBox*, dan *XFCE*.

Di samping kelebihan yang disediakan oleh *Ubuntu*, terdapat pula beberapa kelemahan yang dimiliki sistem operasi tersebut, di antaranya:

1. Banyak pengguna yang belum terbiasa dengan *Linux* dan masih ‘*Windows minded*’, takut untuk beralih dari *Windows*.
2. Dukungan perangkat keras dari vendor-vendor tertentu yang tidak terlalu baik pada *Linux*. Untuk mencari daftar perangkat keras yang didukung pada *Linux*, *users* dapat mengunduhnya di *Linux-Drivers.org* atau *LinuxHardware.org*.
3. Proses instalasi software / aplikasi yang tidak semudah di *Windows*. Instalasi software di *Linux*, akan menjadi lebih mudah bila terkoneksi ke internet atau bila mempunyai CD/DVD repository-nya. Bila tidak, maka harus mengunduh satu per satu *package* yang dibutuhkan.
4. Bagi administrator sistem yang belum terbiasa dengan seperti *Linux (Unix-like)*, sehingga syarat untuk menjadi administrator adalah manusia yang suka belajar hal-hal baru dan terus-menerus belajar.
5. Aplikasi-aplikasi di *Linux* belum secanggih aplikasi di *Windows*.
6. Struktur direktori dan hak-akses yang membingungkan bagi yang sudah terbiasa dengan *Windows* dan belum mengenal UNIX/*Linux* sama sekali.

Perbedaan mendasar Linux

Satu hal yang membedakan *Linux* terhadap sistem operasi lainnya adalah harga. *Linux* ini gratis. Berarti dapat diperbanyak dan didistribusikan kembali tanpa harus membayar *fee* atau royalti kepada seseorang. Tetapi banyak isu lainnya dengan bersifat *free*, selain dari pertimbangan harga. *Source code Linux* tersedia bagi setiap orang. Perkembangan *Linux* menunjukkan pentingnya peranan kebebasan ini. Hal ini telah menghasilkan suatu tingkat keterlibatan yang menakjubkan dari ribuan atau bahkan ratusan ribu orang di seluruh dunia. Kebebasan ini telah memungkinkan para *vendor* perangkat keras membuat *driver* untuk divais tertentu tanpa harus mendapatkan lisensi *source code* yang mahal, atau menandatangani *nondestructive agreement*, dan itu juga telah menyediakan kemungkinan bagi mahasiswa bidang komputer di seluruh dunia untuk melihat ke dalam suatu sistem operasi yang nyata dan berkualitas komersial. Karena *Linux* itu tersedia secara bebas di internet, berbagai *vendor* telah membuat suatu paket distribusi, yang dapat dianggap sebagai berbagai versi kemasan *Linux*. Paket ini termasuk lengkap pada lingkungan *Linux*, perangkat lunak untuk instalasi, dan mungkin termasuk perangkat lunak khusus, dan dukungan khusus.

Perbandingan Linux terhadap sistem operasi lainnya

Linux disusun berdasarkan *standard* sistem operasi *POSIX*, yang sebenarnya diturunkan berdasarkan fungsi kerja *UNIX* [15]. *UNIX* kompatibel dengan *Linux* pada *level system call*, ini berarti sebagian besar Program yang ditulis untuk *UNIX* atau *Linux* dapat direkompilasi dan dijalankan pada sistem lain dengan perubahan yang *minimal*. Secara umum dapat dikatakan *Linux* berjalan lebih cepat dibanding *Unix* lain pada *hardware* yang sama.

UNIX memiliki kelemahan, yaitu tidak bersifat *free*. *MS-DOS* memiliki kemiripan dengan *Linux*, yaitu *file* sistem yang bersifat hirarkis. Tetapi *MS-DOS* hanya dapat dijalankan pada prosesor *x86*, dan tidak mendukung *multi-user* dan *multi-tasking*, serta tak bersifat *free*. Juga *MS-DOS* tidak memiliki dukungan yang baik agar dapat berinteroperasi dengan sistem operasi lainnya, termasuk tidak tersedianya perangkat lunak *network*, Program pengembang, dan Program utilitas yang ada dalam *Linux*.

Microsoft Windows menawarkan beberapa kemampuan grafis yang ada pada *Linux* termasuk kemampuan *networking*, tetapi tetap memiliki kekurangan yang telah ada pada *MS-DOS*. *Windows NT* yang juga tersedia untuk *Digital Alpha* dan juga prosesor *x86* juga memiliki beberapa kekurangan yang telah ada pada *MS-DOS*. Waktu untuk menemukan suatu kesalahan dalam suatu sistem operasi ini tak sebanding dengan harga yang harus dibayar.

Sistem operasi *Apple* untuk *Macintosh* hanya dapat berjalan di sistem *Mac*. Selain itu, memiliki kekurangan dari sisi ketersediaan perangkat bantu pengembang (*development tool*), dan juga kurang dapat secara mudah untuk berinteroperasi dengan sistem operasi lainnya. *Apple* juga telah memungkinkan *Linux* dapat dijalankan pada *PowerMac*.

Saat ini *Linux* adalah sistem *UNIX* yang sangat lengkap, bisa digunakan untuk jaringan, pengembangan *software* dan bahkan untuk pekerjaan sehari-hari. *Linux* sekarang merupakan alternatif sistem operasi yang jauh lebih murah jika dibandingkan dengan sistem operasi komersial (misalnya *Windows 9.x/NT/2000/ME*). *Linux* mempunyai perkembangan yang sangat cepat. Hal ini dapat dimungkinkan karena *Linux* dikembangkan oleh beragam kelompok

orang. Keragaman ini termasuk tingkat pengetahuan, pengalaman dan geografis. Agar kelompok ini dapat berkomunikasi dengan cepat dan efisien, internet menjadi pilihan yang sangat tepat.

Oleh Karena *Kernel Linux* dikembangkan dengan usaha yang *independent* yang banyak memiliki aplikasi yang tersedia, sebagai contoh, *C Compiler* menggunakan *gcc* dari *Free Software Foundation GNU's Project*. *Compiler* ini banyak digunakan pada lingkungan *Hewlett-Packard* dan *Sun*. Pada saat ini, banyak aplikasi *Linux* yang dapat digunakan untuk keperluan kantor seperti untuk *spreadsheet*, *word* prosesor, *database* dan Program *editor* grafis yang memiliki fungsi dan tampilan seperti *Microsoft Office*, yaitu *Star Office*. Selain itu, juga sudah tersedia versi *Corel* untuk *Linux* dan aplikasi seperti *Matlab* yang pada *Linux* dikenal sebagai *Scilab*. *Linux* bisa didapatkan dalam berbagai distribusi (sering disebut Distro). Distro adalah bundel dari *kernel Linux*, beserta sistem dasar *Linux*, Program instalasi, tools basic, dan Program-Program lain yang bermanfaat sesuai dengan tujuan pembuatan distro.

Perbandinag mendasar antara sistem operasi *Windows 7* dan *Linux Ubuntu* terdapat pada Tabel 2.2 [17].

Tabel 2.2 Perbedaan sistem operasi *Ubuntu 11.04* dengan *Windows 7*

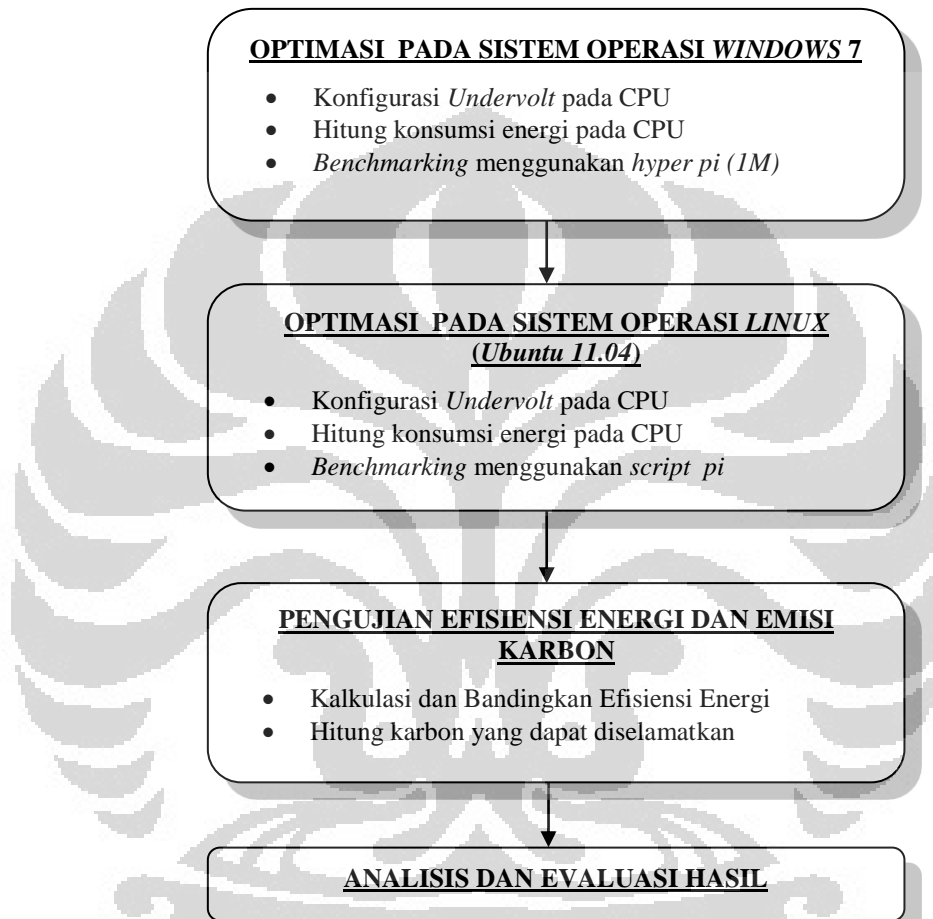
Poin	<i>Ubuntu 11.04</i>	<i>Windows 7</i>
Kontrol	<i>Ubuntu</i> adalah perangkat lunak <i>open source</i> , dapat disesuaikan seperti yang diinginkan. Tidak ada batasan pada tingkat kustomisasi.	Merupakan perangkat lunak berpemilik.
Harga	Gratis untuk menggunakan dan mendistribusikan.	Harus beli atau cari yang ilegal
Kesenangan	Selalu ada sesuatu hal yang baru dan menarik untuk di coba, hanya untuk senang-senang.	Tak pernah ada pembaharuan.
Pembelajaran	<i>Ubuntu</i> atau <i>Linux</i> lainnya berbasis Distro merupakan hal yang sangat baik untuk pembelajaran, Terutama direkomendasikan bagi mereka yang tertarik untuk belajar tentang Sistem Operasi modern dan ingin memahami cara kerjanya.	Tidak ada yang patut di pelajari.
<i>Security/Virus</i>	<i>Ubuntu</i> atau OS berbasis <i>Linux</i> bebas virus,	Virus merupakan salah satu ancaman terbesar bagi OS

		berbasis <i>Windows 7</i>
Keanekaragaman	Selalu ada hal-hal baru yang menunggu untuk dicoba.	Tidak ada sesuatu yang baru disini, kita hanya bisa bermain-main dengan menu.
<i>Software</i>	Banyak perangkat lunak dan <i>open source</i> gratis yang tersedia di <i>Software Center</i> atau <i>package Manager</i> , cukup pilih dan <i>install</i> .	Menggunakan beberapa <i>software proprietary</i> yang bagus seperti – <i>Microsoft Visual compiler/IDE</i> , <i>Windows Live Writer</i> , <i>Microsoft word</i> , <i>One Note</i> , <i>Adobe Photoshop</i> , dll.
Mudah digunakan	GNU / <i>Linux</i> memiliki reputasi yang buruk, meskipun <i>Ubuntu</i> adalah yang paling sederhana dan mudah digunakan – Distro berbasis <i>Linux</i> , sulit (bagi pengguna desktop umum) untuk digunakan dibandingkan dengan <i>Windows 7</i> .	<i>Windows 7</i> sangat mudah digunakan jika dibandingkan dengan <i>Ubuntu 11.04</i> atau <i>Linux</i> lainnya yang berbasis distro.
<i>Stability</i>	<i>Ubuntu 11.04</i> atau versi lain dari <i>Ubuntu</i> memiliki frekuensi rilis versi baru yang sangat tinggi yang membuatnya sangat tidak stabil dan selalu ada banyak <i>bug</i> yang menunggu untuk diperbaiki. Sehingga tampak tidak cocok untuk produksi / lingkungan pribadi, meskipun versi LTS (Long Term Support) dapat digunakan dalam lingkungan produksi.	<i>Windows 7</i> sangat stabil dibandingkan dengan <i>Ubuntu 11.04</i> , begitu baik dan cocok untuk lingkungan produksi.
<i>Drivers Compatibility</i>	<i>Ubuntu</i> memiliki banyak masalah kompatibilitas ketika terhubung ke <i>device driver</i> , misalnya driver <i>Graphics Card</i> , <i>driver Webcam</i> . Sehingga perlu mencari pada forum-forum yang membahas <i>Ubuntu</i> .	Semua produsen perangkat lunak merilis <i>driver</i> untuk <i>Windows 7</i> sehingga tidak pernah ada masalah kompatibilitas.
Waktu <i>Start Up</i>	Lebih cepat	Agak lambat

BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1 Alur Penelitian

Pada bagian ini akan dijelaskan langkah-langkah dalam penelitian yang akan dilakukan. Langkah-langkah tersebut terdapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur dari tahap-tahap penelitian

Secara rinci, tahap-tahap penelitian dapat dijabarkan lebih jelas sebagai berikut:

3.1.1 Optimasi Pada Sistem Operasi *Windows 7* dan *Linux (Ubuntu)*

Undervolt merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini sebagai optimasi *green computing* pada sisi perangkat keras. Metode ini adalah proses mengurangi *voltage* berlebih yang masuk ke CPU dengan menggunakan *software* ataupun melalui BIOS pada komputer. *Undervolt* tidak mempengaruhi performa secara signifikan, karena yang mempengaruhi performa adalah *overclocking* dan

undervolt. Secara teori maupun dalam praktiknya *undervolt* tidak sama dengan *undervolt* ataupun *undervolt*.

Tidak semua prosesor sama, tiap model prosesor memiliki toleransi *voltage* yang berbeda. *Intel* memakai *voltage standard* yang stabil (dan tinggi) ke setiap chip. Oleh karena itu, *Undervolt* mencoba menyetel ke *voltage* stabil yang paling rendah [18].

Keuntungan yang akan didapat dari *undervolt* yakni:

- Penurunan *temperature* prosesor (3 sampai 20° C)
- Hemat baterai (5-30 menit)
- Menambah umur *fan*
- Memperkecil resiko kerusakan *Laptop*
- *Laptop* menjadi lebih awet

Dengan mengurangi voltase pada titik yang optimal, maka prosesor beroperasi lebih optimal. Hal ini juga akan mengurangi pemakaian energi dari baterai yang dapat memberi tambahan 10-30 menit (tergantung pada nilai *undervolt* tersebut). Prosesor yang relatif dingin berarti kipas pendingin juga berkurang aktivitasnya, noise berkurang, pemakaian daya pun berkurang dan otomatis kipas *Laptop* menjadi lebih awet. Pada *Laptop*, biasanya CPU Cooler berbagi dengan GPU maka proses pendinginan GPU pun menjadi lebih efektif. Panas merupakan pembunuh bagian elektronik, maka *Laptop* yang relatif dingin otomatis akan lebih berumur panjang.

Kekurangan yang akan didapat dari *undervolt* yakni:

- BSOD (*Blue Screen of Death*)

BSOD terjadi jika tegangan terlalu rendah. Itu sebabnya dilakukan uji stabilitas melalui *stress testing* untuk memastikan tidak terjadi BSOD dalam penggunaan kedepannya. Jika tegangan dikonfigurasi dengan benar, BSOD tidak akan terjadi. BSOD terjadi hanya saat proses *undervolt* saja, tapi setelah penentuan nilai *undervolt* yang benar maka BSOD tidak akan terjadi.

3.1.2 Pengujian Efisiensi Energi Dan Emisi Karbon

Tahap Uji Kalkulasi energi dan performa akan dilakukan dengan skenario kalkulasi Konsumsi Energi dan perhitungan emisi karbon dioksida (CO₂). Pengukuran konsumsi energi akan dilakukan dalam bentuk unit Wh sebagai satuan dalam perhitungan seberapa besar pengeluaran konsumsi daya persatuan waktu. Efisiensi energi atau konservasi energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien di mana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi yang lebih sedikit ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Karbon dioksida (CO₂) adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. CO₂ berbentuk gas pada keadaan *temperature* dan tekanan standar.

3.1.3 Analisa dan evaluasi hasil.

Pada tahap ini akan dilakukan analisa dan evaluasi dari tahap-tahap sebelumnya yang dilakukan dalam penelitian ini. Dari hasil analisa dan evaluasi ini akan diperoleh kesimpulan tentang penelitian.

3.2 Spesifikasi Sistem

3.2.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Perangkat keras yang akan digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Unit *Laptop* PC dengan spesifikasi pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi perangkat keras *Laptop*

<i>Platform</i>	<i>Laptop PC with Intel Centrino Technology</i>
<i>Prosesor Type</i>	<i>Prosesor Onboard Intel® Core™ 2 Duo Prosesor T5750 (2.0 GHz, FSB 800, Cache 2 MB)</i>
<i>Motherboards</i>	<i>Chipset Intel 965GM</i>
<i>Memory</i>	<i>4 GB DDR2 SDRAM PC-5300</i>
<i>Video Type</i>	<i>Intel® Graphics Media Accelerator XB3100 128 MB (shared)</i>
<i>Hard Drive Type</i>	<i>160 GB Serial ATA 5400 RPM</i>

<i>Optical Drive Type</i>	<i>dvd±RW</i>
<i>Networking</i>	<i>Network Speed 10 / 100 Mbps, Wireless Network Type Intel PRO/Wireless 2200BG, Wireless Network Protocol IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, Wireless Bluetooth</i>
<i>Interface Provided</i>	<i>2x USB 2.0, Firmware, VGA, LAN, Audio</i>
<i>Battery Type</i>	<i>Rechargeable Lithium-ion Battery</i>

2. Power Quality Analyzer



Gambar 3.2 Power Quality Analyzer Hioki 3169 - 20

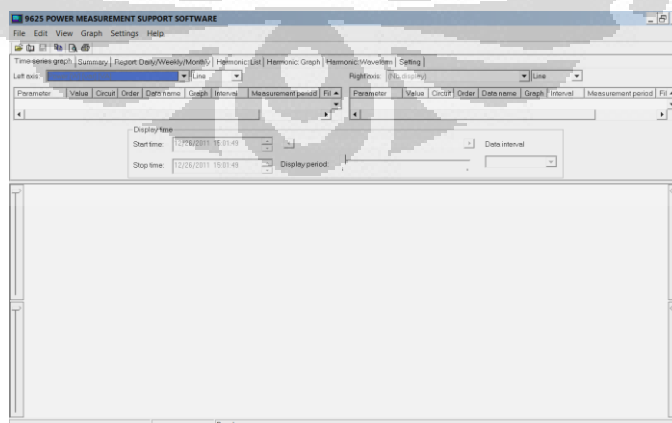
Power Quality Analyzer yang akan digunakan adalah *Power Quality Analyzer* bermerek Hioki dengan seri 3169 – 20. *Power Quality Analyzer* mampu mengukur berbagai komponen listrik yaitu tegangan (V), arus (I), frekuensi (f), daya kompleks (S), daya real (P), daya reaktif (Q), konsumsi energi (kWh), dan faktor daya (pf). *Power Quality Analyzer* memiliki input 4 terminal tegangan (3 tegangan fasa dan 1 netral) dan 4 terminal arus sehingga alat ini mampu mengukur sistem dari 1 *phase-2 wire* sampai 3 *phase-4 wire*.

Di bawah ini adalah Tabel spesifikasi dari Hioki *Power Quality Analyzer* seri 3169 – 20.

Tabel 3.2 Spesifikasi dari Hioki *Power Quality Analyzer* seri 3169-20 [19]

<i>Measurement line type</i>	<i>Single-phase 2-wire, single-phase 3-wire, three-phase 3-wire, three-phase 4-wire</i>
<i>Input methods</i>	<i>Voltage : isolated input Current : isolated input using a clamp-on</i>
<i>Input resistance</i>	<i>Voltage : 2 MΩ \pm 10% Current : 200 kΩ \pm 10%</i>
<i>Maximum input</i>	<i>Voltage input : 780 Vrms AC, peak value : 1103 V Current input : 1.7 Vrms AC, peak value : 2.4 V</i>
<i>Maximum rated voltage to earth</i>	<i>Voltage input terminals 600 Vrms AC</i>

Power Quality Analyzer ini mampu mencatat hasil pengujian dan dilengkapi dengan *PC Card* untuk menyimpan hasil pencatatan hasil pengujian. Data hasil pengujian ditransfer dari *PC Card* ke komputer dengan menggunakan *universal card reader*. Dengan bantuan Program yang dimiliki, hasil pengujian dapat diamati dan dianalisa melalui komputer melalui Program *9625 Power Measurement Support Software*



Gambar 3.3 *Power Measurement Support Software*

Program *Power Measurement Support Software* adalah Program yang dimiliki oleh *Power Quality Analyzer* untuk mengamati hasil pengujian dan kemudian menganalisisnya melalui komputer. Program ini sudah ditempatkan bersama dengan Hioki *Power Quality Analyzer*. Dengan Program ini dapat disajikan data hasil pengujian yang berupa ringkasan, grafik gelombang, dan *spectrum* untuk memudahkan analisa.

3.2.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Untuk membantu dalam implementasi sebuah *undervolt* maka diperlukan sebuah sistem operasi dan beberapa Program untuk mendukung penelitian.

- *Windows 7 (64bit)*

Operating system yang digunakan untuk melakukan optimasi *undervolt* pada penelitian ini. OS ini dipilih karena sudah mendukung *Undervolt*, di mana Program-Program seperti *RMClock*, *Orthos CPU Loader*, *Core Temp* dapat berjalan dengan baik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini menggunakan OS tersebut.

- *RMClock (v2.35)*

Program optimasi untuk melakukan optimasi *undervolt* yakni *RMClock* versi 2.35. Program ini bersifat *Stripware*, di mana Program ini dapat diunduh secara bebas dan dapat disebar luaskan. *Stripware* merupakan varian dari freeware yang menawarkan versi gratis dari *software* komersial dengan fasilitas yang terbatas. Namun bila ingin menggunakan fitur yang lebih *advance*, diperlukan dana untuk membeli *license* resmi dari *developer*. Program ini sangat membantu dalam penelitian karena dapat melakukan pendekatan *green computing* dari sisi *hardware* yakni *undervolt*. Maka dari itu penelitian ini menggunakan Program ini.

- *Orthos CPU Loader*

Program ini digunakan untuk *stress testing* pada CPU. Selain itu dapat pula digunakan untuk mencari kestabilan *voltage* pada CPU bilamana dikombinasikan dengan Program *RMClock*. Sebelum melakukan *Stress testing* dalam penelitian ini, maka diperlukan *setting voltage* terlebih dahulu

pada VID dalam Program *RMClock*. Bilamana dalam melakukan *Stress Testing* mengalami BSOD dapat diidentifikasi *voltage* pada VID mengalami ketidakstabilan. *Voltage* pada VID dapat dinaikkan beberapa level untuk mencari *vCore* atau nilai *voltage* yang lebih stabil. Program ini sangat membantu dalam penelitian ini, sehingga diperlukan dalam penelitian.

- *Core Temp*

Program ini diperlukan untuk melihat *temperature* CPU secara *realtime*. Dalam Program ini dapat menampilkan *temperature min* dan *max* untuk setiap *core*, *Tj.max* dari sebuah prosesor dan juga *load* CPU per *core*. Selain itu juga dapat diperoleh informasi dari prosesor secara *realtime* yakni *Frequency* dan nilai VID. Ditinjau dari fungsi yang diberikan oleh Program tersebut, maka akan sangat bermanfaat bilamana diimplementasikan dalam penelitian ini.

- *Hyper pi*

Hyper Pi merupakan *software* pengembangan dari *super pi*, karena *super pi* hanya menggunakan *single core*, maka dikembangkanlah Program *hyper pi* yang mampu mendukung pengujian performa pada perangkat penelitian yakni prosesor *core 2 Duo*.

Hyper Pi adalah *mod front end* untuk *Super Pi*. *Hyper Pi* memungkinkan untuk menjalankan beberapa contoh dari *Super Pi* secara otomatis tanpa pengaturan secara manual afinitas pada prosesor melalui *task manager*.

- *9625 Power Measurement Support Software* Merupakan sebuah Program yang berbasis pada *Windows* untuk menganalisa data dari alat *power quality analyzer* merek *hioki* tipe 3169-20
- *Phc kernel*, merupakan *personal hardware control (phc)* berupa tipe *kernel* pada *Ubuntu* untuk mendukung *undervolt*
- *Phctool* merupakan suatu Program yang dikembangkan untuk *phc-kernel* dalam mengaplikasikan pendekatan *green computing*. Program ini mampu dapat digunakan untuk melakukan *undervolt* pada sistem operasi *Linux*.

- *Cpuburn* merupakan suatu Program yang dirancang oleh *developer* untuk melakukan suatu simulasi *burning*, sehingga memungkinkan suatu CPU bekerja pada beban maksimal.
- *Lm-sensors* dan *Xsensors*, *Lm-sensors* merupakan paket untuk memonitor keadaan *hardware* pada *Linux*. Paket ini dapat mengakses sensors informasi *temperature*, voltase dan kecepatan kipas pada *hardware*. *Xsensors* merupakan Program GUI dari *lm-sensors*
- *System monitor* merupakan Program untuk melihat informasi singkat tentang *Ubuntu*, dapat menampilkan *system*, *processes*, *resources*, *file systems* dari suatu komputer yang sedang berjalan.

3.3 Perancangan Sistem

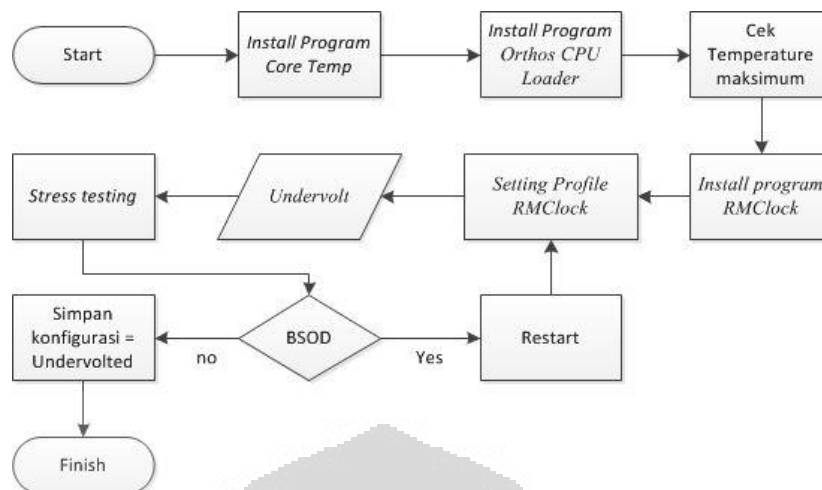
3.3.1 Perancangan metode *Undervolt* pada Sistem Operasi *Windows 7 (64 bit)*

Proses *undervolt* cukup memakan waktu, karena penelitian ini harus mencari *voltage* stabil terendah untuk tiap-tiap *multiplier* di CPU. *Multiplier* berhubungan dengan teknologi *speedstep*, *multiplier* digunakan untuk mengatur *clock cpu* secara dinamik (tanda *multiplier*: 6x, 7x, 8x dst.) Namun untuk saat ini prosesor Atom / ULV belum mendukung fitur *undervolt* maupun prosesor *Core-i* [18].

Software-software yang diperlukan dalam *undervolt*:

- *RMClock* v2.35 (Program utama untuk *undervolt*)
- *Orthos* CPU Loader (Program untuk *stress testing* CPU dan mencari stabilitas *voltage*)
- *Core Temp* (Program untuk melihat *temperature* CPU secara *realtime*)

Langkah-langkah melakukan *undervolt* pada prosesor *Intel Mobile Core 2 duo T5750* dengan sistem operasi *Windows 7 64 bit* ditunjukkan pada Gambar 3.4:

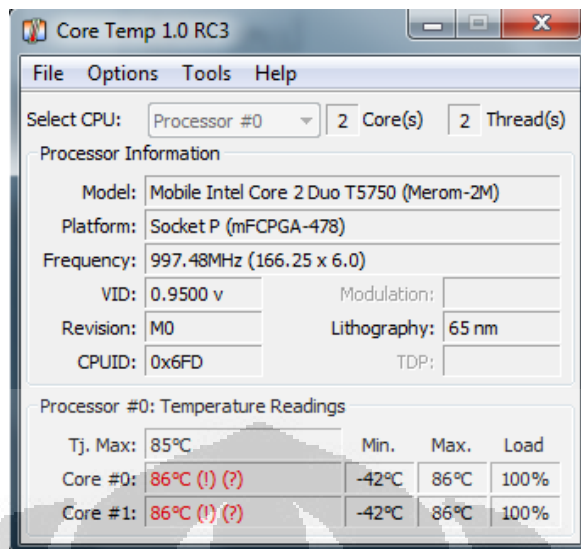


Gambar 3.4 Blok Diagram mengimplementasi *undervolt* pada *Windows 7*

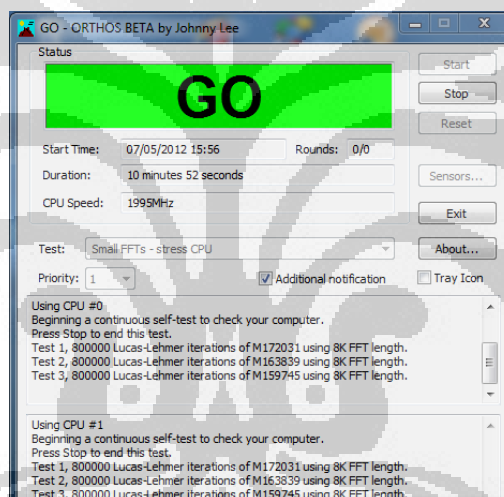
1) Mengecek *Temperature Max* sebelum *undervolt*

Sebelum mengimplementasikan metode *undervolt* pada penelitian ini. Langkah pertama yang harus dilakukan ialah mencatat *temperature max* jika cpu jalan 100%. Hal itu dapat dilakukan bila sudah memasang dan menjalankan Program *Core Temp*, pada Program tersebut dapat memonitor *temperature* secara *realtime* pada CPU (jika ada 2 *core* maka Program akan menunjukkan *temperature* masing-masing *core*).

Kemudian akan dilakukan *stress testing* dengan memasang dan menjalankan Program *Orthos*, mode "*Small FFTs-Stress cpu*" digunakan untuk melakukan *stress testing* seperti pada Gambar 3.6. *Stress testing* tersebut dijalankan selama 10 menit. Lalu cek *temperature* cpu yang naik pada Program *Core Temp* selama *stress testing*. *Temperature maximum cpu* pada setiap *core* dalam penelitian ini menggunakan prosesor *T5750* ialah 86°C ditunjukkan pada Gambar 3.5.



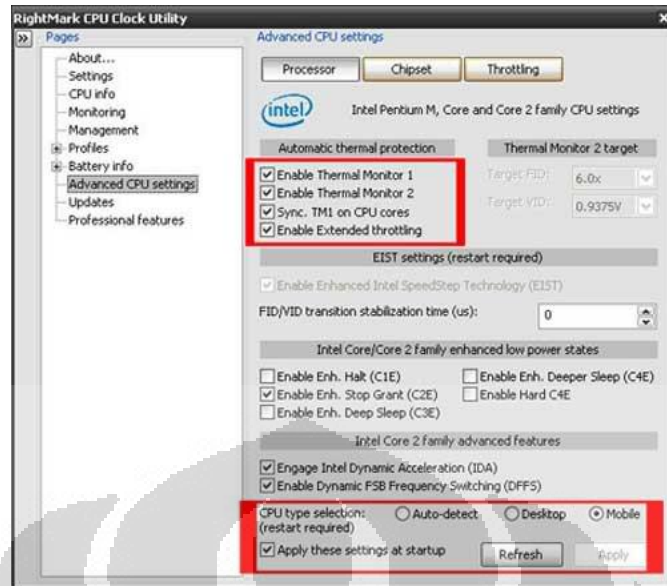
Gambar 3.5 Program *Core Temp* pada *temperature maximum*.



Gambar 3.6 Program *Orthos* pada saat *stress testing* berjalan

2) *Install RMClock*

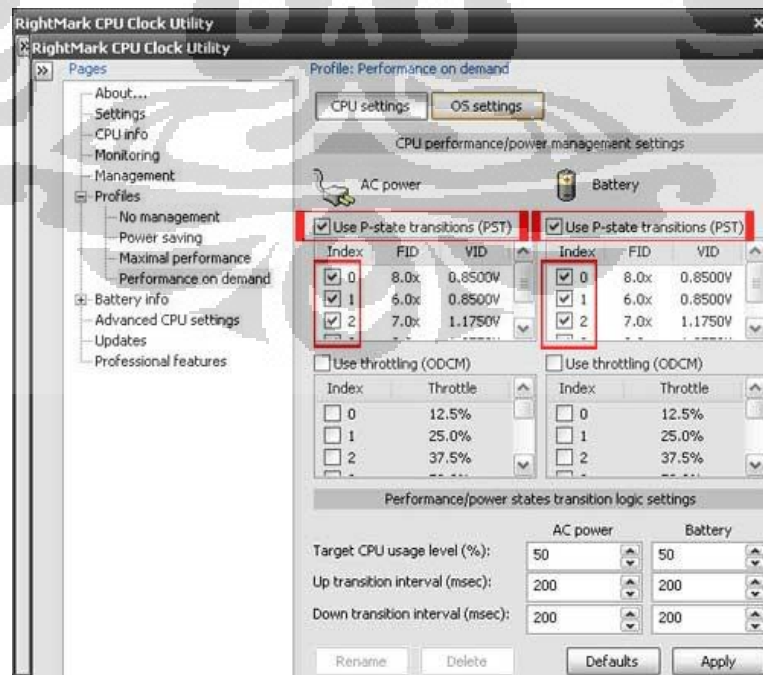
Setelah mendapatkan informasi tentang *temperature* maksimum. Kemudian memasang Program utama untuk mengimplementasikan metode *undervolt* yakni Program *RMClock*. Program ini digunakan untuk menurunkan voltase pada CPU. Dengan memilih semua opsi pada *Automatic thermal protection*, pada tabs "*Advanced CPU Settings*" di Program tersebut, maka langkah kedua telah dicapai dengan benar. Sesuaikan tipe CPU seperti pada Gambar 3.7 dengan opsi *Mobile*.



Gambar 3.7 Tabs Advanced CPU setting pada RMClock

3) Setting Profile RMClock

Program RMClock dirancang untuk melakukan *undervolt* oleh developer. Untuk melakukan *undervolt* harus mengaktifkan voltase pada setiap *multiplier*. Dengan cara memilih semua index pada penggunaan Adaptor maupun battery pada Gambar 3.8, maka telah siap dilakukan modifikasi voltase untuk setiap *multiplier*.



Gambar 3.8 Setting profile RMClock

Setelah mengaktifkan fitur untuk memodifikasi voltase, langkah selanjutnya dengan membuka tab *Profile (main profile)*. Lalu Pilih *performance on demand* untuk *AC Power* dan *Battery*, *check* semua *multiplier (FID)* bertipe *Normal* seperti pada Tabel 3.3. Toleransi voltase pada prosesor dalam penelitian ini ialah 0.9500 hingga 1.2500 *volt*

Tabel 3.3 Konfigurasi *normal voltage* pada prosesor *T5750*

Index	Type	FID	VID
[✓]0	Normal	6.0x	0,9500 V
[✓]1	Normal	7.0x	1,0000 V
[✓]2	Normal	8.0x	1,0500 V
[✓]3	Normal	9.0x	1,1000 V
[✓]4	Normal	10.0x	1,0500 V
[✓]5	Normal	11.0x	1,2000 V
[✓]6	Normal	12.0x	1,2500 V

4) *Undervolt*

Dalam halaman *Main Profile* pada Program *RMClock*, terlihat beberapa *multiplier* dan tegangan. *Multiplier* tergabung dengan Teknologi *Intel SpeedStep*. *Multipliers* digunakan untuk menurunkan *speed clock* secara dinamis agar CPU berjalan lebih efisien.

Dimulai dari *multiplier* terbesar, pada Tabel 3.4 terlihat *voltage default* pada *multiplier* 12.0x adalah 1.2500V yang harus dilakukan adalah menurunkan *voltage* lalu test kestabilan *voltage* tersebut, dilakukan secara bertahap untuk menurunkan 0.025V per *level* sampai menemukan *voltage* yang tidak stabil. Namun, pada saat awal dapat langsung menurunkan 0.100V. Mengapa dicari yang tidak stabil, karena dibutuhkan *VID cutoff* sebagai referensi dasar yang akan dijadikan *voltage undervolt* yang nantinya digunakan pada *stress testing* berikutnya. Bila tidak mengalami BSOD maka VID yang baru dapat dijadikan acuan untuk *Undervolt*.

Untuk mencari *voltage* di *multiplier* yang lebih rendah, *uncheck multiplier* yang lebih tinggi yang sudah mempunyai *voltage* stabil, dengan demikian cpu hanya akan bekerja *max* pada *clock multiplier* yang di *check*.

5) Test Kestabilan

Untuk menguji setiap perubahan voltase pada setiap *multiplier*. Perlu menjalankan dua Program secara bersamaan yakni *Core Temp* dan *Orthos* supaya dapat memonitor dan memberikan beban kerja pada CPU hingga maksimum.

Jalankan Program *core Temp* untuk memonitor *temperature* dan *clock* CPU secara *realtime*. Jalankan Program *Orthos* pada mode "*Small FFTs-Stress cpu*".

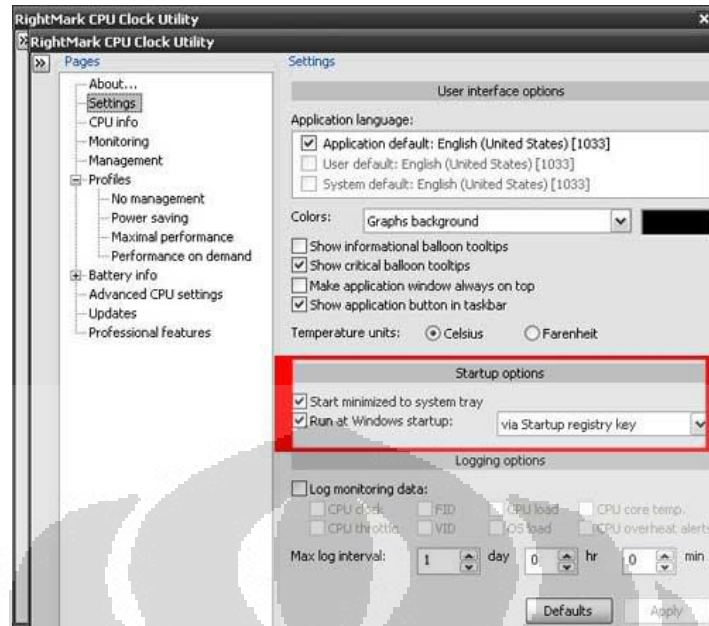
Program *Orthos* dijalankan selama 10-15 menit pada tahap mencari *voltage* yang stabil. Jika *voltage* tidak stabil, maka *Laptop* akan mengalami BSOD (*Blue screen*) atau *Error* pada *Orthos*, lalu *restart Laptop* secara *normal*.

Setelah menemukan *voltage* yang tidak stabil, maka harus dinaikkan *voltage* 2 level lalu jalankan kembali *test* kestabilan kembali. Setelah menemukan voltase yang stabil seperti Tabel 3.4. *Voltage* yang stabil ini selanjutnya akan digunakan seterusnya untuk *multiplier* tersebut sebagai metode *undervolt*.

Tabel 3.4 Voltase yang digunakan pada skenario pengujian

Index	Type	FID	VID	
			Normal voltage	Undervolted
[✓]0	Normal	6.0x	0,9500 V	0,9500 V
[✓]1	Normal	7.0x	1,0000 V	0,9500 V
[✓]2	Normal	8.0x	1,0500 V	0,9500 V
[✓]3	Normal	9.0x	1,1000 V	0,9625 V
[✓]4	Normal	10.0x	1,1500 V	0,9750 V
[✓]5	Normal	11.0x	1,2000 V	0,9875 V
[✓]6	Normal	12.0x	1,2500 V	1,0000 V

Setelah semua *multiplier* mendapatkan *voltage* stabil, setting agar *RMClock* selalu jalan pada saat *Windows startup* dengan cara memilih *checkbox Start minimize in Windows tray* dan *Run at Windows startup* pada *Tab settings* seperti Gambar 3.9



Gambar 3.9 Setting RMClock untuk berjalan pada Startup Windows

- Teknologi *Intel SpeedStep*

SpeedStep memungkinkan *clock-speed* prosesor untuk secara dinamis diubah oleh perangkat lunak. Menjalankan prosesor pada kecepatan *clock* (*clock-speed*) yang lebih tinggi memungkinkan untuk performa yang lebih baik. Namun, ketika prosesor dijalankan pada kecepatan rendah, tegangan dapat dikurangi. Hal ini akan mengurangi konsumsi daya dan menurunkan *temperature*.

CPU tidak selalu berjalan pada kecepatan penuh sepanjang waktu, *SpeedStep* menurunkan secara dinamis kecepatan *clock* menggunakan *multipliers*, untuk membuat CPU berjalan lebih efisien, karena CPU hanya menggunakan daya sesuai yang dibutuhkan.

- *SuperLFM* dan *IDA*

SuperLFM singkatan untuk Super Low Frequency Mode. Fitur ini memungkinkan prosesor bekerja pada kecepatan *clock* yang lebih rendah dengan memotong FSB secara dinamis. Berarti penggunaan *clock* dan tegangan yang lebih rendah akan membuat baterai lebih efisien dan bertahan lebih lama.

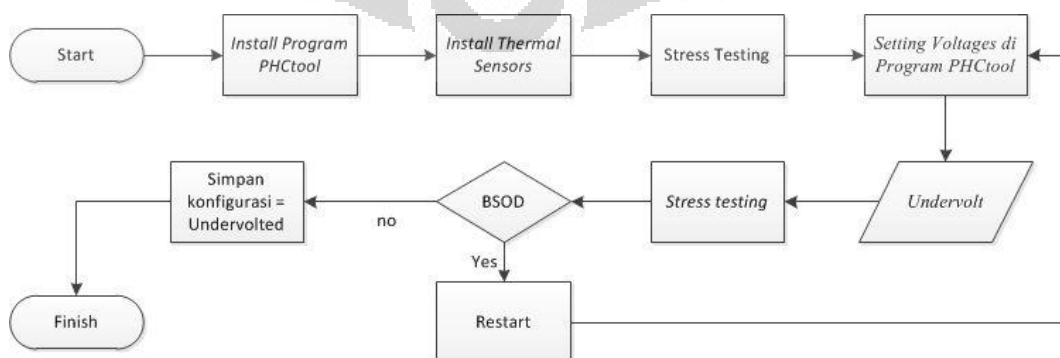
Hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan *undervolt* yakni:

- ✓ Jika sudah mendapat *voltage* yang stabil, jangan lupa *check* kembali semua *multiplier* di *Main Profile* dan *sub-profile* (kecuali IDA).
- ✓ *SuperLFM* adalah cpu memakai fsb paling rendah, bekerja jika cpu dalam keadaan *idle*.
- ✓ IDA singkatan dari *Intel Dynamic Acceleration*. Pada dasarnya menggunakan satu *core* sedangkan *core* lainnya *idle*.
- ✓ Untuk *SuperLFM* dan IDA *voltage* tidak disarankan untuk diubah.
- ✓ *RMclock* belum *support* CPU dengan *half-multipliers*. *Multiplier* akan diturunkan ke *integer*.
- ✓ Prosesor model T8100/T9300/P7350/P8400/P9500 akan mengalami *undervolt* 100mhz (karena *multiplier* tertinggi berkurang 0.5x).

3.3.2 Perancangan metode *Undervolt* pada Sistem operasi *Ubuntu 11.04*

Dalam sub-bab ini akan dijelaskan perancangan metode *undervolt* pada sistem operasi *Ubuntu 11.04*. hal pertama yang harus diperhatikan ialah *kernel*, Karena *kernel generic* pada kebanyakan *Linux* biasa tidak dapat mendukung metode *undervolt* [20]. Maka dari itu perlu dinaikkan menjadi *kernel* yang berbasis pada *generic-phc*. PHC singkatan dari *Processor Hardware Control*, memungkinkan *user* untuk menyesuaikan pengguna untuk menyesuaikan beberapa fitur CPU *control* di lingkungan *Linux*, sebagai *undervolt*. *Kernel* tersebut mendukung metode *undervolt* yang dapat diimplementasikan pada penelitian ini.

Pada Gambar 3.10 merupakan langkah melakukan untuk melakukan perancangan *undervolt* pada prosesor *Intel Mobile Core 2 duo T5750* dengan sistem operasi *Ubuntu 11.04*:



Gambar 3.10 Block diagram step-step mengimplementasi *undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

1. Install Program utama

Pada intinya *Undervolt* sangat berguna untuk *Laptop* karena meningkatkan durasi baterai dan mereduksi panas. Jadi yang dibutuhkan dalam implementasinya selain OS *Ubuntu* atau *Debian*, yaitu dibutuhkan sebuah *patch kernel* dan *driver CPU* tertentu sehingga dimungkinkan dapat mengendalikan perangkat keras. Pertama tambahkan repository dengan perintah pada terminal:

```
sudo add-apt-repository ppa:Linux-phc/ppa
sudo add-apt-repository ppa:Linux-phc/testing
sudo apt-get update
```

Kemudian menginstalasi sebuah *kernel* beserta *header*:

```
sudo apt-get install Linux-generic-phc Linux-headers-
generic-phc
```

Restart Laptop dan pilih *kernel 2.6.38-15-generic-phc*.

Sebagaimana yang akan dibutuhkan untuk mengkompilasi beberapa hal, maka pada *Ubuntu* dimungkinkan memerlukan beberapa paket.

```
sudo apt-get install gtk2-engines-pixbuf python-gtk2-
dev build-essential
```

kemudian *install*

```
sudo apt-get install dkms debhelper
```

Sebelum melakukan apapun, pertama-tama harus membuat file kosong untuk mencocokkan konfigurasi dkms secara otomatis dengan cara:

```
sudo sh -c 'echo >> /etc/modprobe.d/phc-Intel.conf'
```

Mengunduh driver dari halaman <http://www.Linux-phc.org/forum/viewtopic.php?f=7&t=267>

Ekstrak paket ke folder sementara. Buka terminal dan pindahkan kedalam folder tadi.

```
cd **your_path**
```

Pengguna *Intel* dapat membuat paket *debian* dengan cara:

```
make dkms_mkdeb
```

Dan memasang paket deb yang dihasilkan:

```
sudo dpkg -i phc-Intel-dkms_0.3.2_all.deb
```

Sekarang sudah terpasang *driver personal hardware control (phc)*.

Unload driver yang sebelumnya:

```
sudo modprobe -r acpi-cpufreq
```

Load driver baru yang sudah terinstall sebelumnya:

```
sudo modprobe phc-Intel
```

Jika mengalami *error*: "FATAL: Module acpi_cpufreq is in use." maka driver lama harus di *blacklist* dengan cara:

```
sudo sh -c ' echo "\n#blacklist required to load phc
drivers
blacklist acpi_cpufreq
blacklist cpufreq_stats" >>
/etc/modprobe.d/blacklist.conf'
sudo sh -c ' echo "modprobe phc-Intel" >>
/etc/modules'
```

Setelah itu *Reboot*. Saat ini sudah tersedia GUI untuk pengaturan *VIDs* di www.Linux-phc.org/forum/viewtopic.php?f=14&t=17. Ekstrak pada folder dan buka folder.

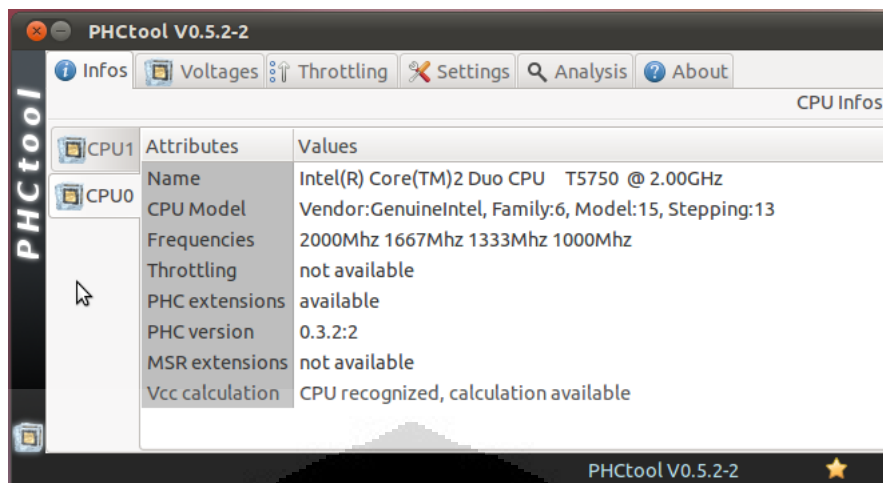
Untuk memperbaiki sebuah *error bugs*, perlu untuk mengunduh *script* tambahan yang sudah dibenahi pada <http://www.Linux-phc.org/forum/viewtopic.php?f=10&t=270> dan simpan ke:

```
**your path**/phctool/inc/libs/
```

Overwrite file yang lama. Masuk ke folder utama *phctool* yang telah di ekstrak sebelumnya, ketik di terminal untuk menginstalasi GUI tersebut:

```
sudo ./install.sh
```

Buat link Program *start-up* baru di menu dengan lokasi target `** your_path **/phctool.sh`. Bilamana sudah terinstal dengan maka akan seperti Gambar 3.11:



Gambar 3.11 GUI *phctool* untuk pada *Ubuntu 11.04*

Pada Program GUI tersebut dapat mengatur tegangan dan melihat banyak info tentang CPU. Jika tidak dapat memonitor nilai pada *msr-tools* maka perlu menginstall paket tambahan:

```
sudo apt-get install msr-tools
sudo modprobe msr
```

Nilai *undervolt* yang benar tidak universal tergantung dari perangkat keras yang digunakan. sehingga diperlukan beberapa pengujian.

Setelah Program *Phctool* diinstall, maka akan mengaplikasikan pada sistem untuk melakukan *undervolt* pada *Ubuntu*. Namun sebelum itu harus diinstall beberapa aplikasi tambahan seperti *Xsensor*. Program tersebut untuk memonitor *temperature* secara *realtime* pada CPU. Selain itu juga perlu mengaktifkan *sensors thermal* pada CPU untuk dapat memantau *temperature*, supaya dapat digunakan pada *stress testing*.

2. Install thermal sensor yang diperlukan

Pada pengujian dibutuhkan sesuatu untuk mengatur *clock frequency* menjadi stres, dan sesuatu untuk membuat *load* CPU menjadi besar yakni:

```
sudo apt-get install cpuburn cpufrequtils lm-sensors
```

Cpuburn ialah seperangkat perintah, masing-masing dibangun untuk CPU tertentu (*Intel* dan *AMD*), yang membuat satu *core* CPU menjadi sibuk pada tingkat yang maksimal. *Cpufrequtils* memberi kemungkinan untuk mengatur langkah frekuensi

CPU sesuai dengan kebutuhan. Dapat dipelajari lebih jauh untuk *undervolting* suatu CPU. *Lm-sensors* adalah program untuk mendapatkan info-info perangkat keras pada CPU. Untuk menginstalnya, Jalankan perintah pada Terminal:

```
sudo sensors-detect
```

Pada akhirnya *sensor-detect* dalam daftar modul yang perlu dimuat akan ditampilkan, masukkan modul tersebut ke `/etc/modules`. Selanjutnya, jalankan perintah pada terminal.

```
sudo /etc/init.d/module-init-tools restart
```

Setelah memasang *lm-sensors*, terdapat cara yang baik untuk menjaga *temperature* di bawah kontrol dengan cara membuka terminal baru dan menjalankan:

```
while [ true ]; do sensors; sleep 1; done
```

Biarkan command tersebut jalan di terminal dan selanjutnya akan dicoba mengimplementasi *stress testing* pada *Ubuntu 11.04*.

3. *Stress testing* pada setiap *Core*

Untuk melakukan *stress testing* pada CPU, harus menjalankan salah satu perintah *cpuburn*. *burnP** untuk *Intel* CPU, *burnK** untuk yang *AMD*. Jadi, jika telah membuka sensor untuk menjaga *temperature* di bawah kontrol (perintah terakhir) pada terminal sebelumnya, hal yang perlu dilakukan untuk memulai dari terminal baru:

```
burnP6 &  
burnP6 &
```

perintah tersebut diperlukan untuk melakukan stres dua buah *core*. Untuk melihat load CPU pada kedua *core* mencapai 100% pada proses *stress testing*, diperlukan Program *system monitor*. Pada *Windows*, Program ini mirip dengan *Windows task manager*. Untuk menghentikan uji jika *temperature* terlalu tinggi tercapai:

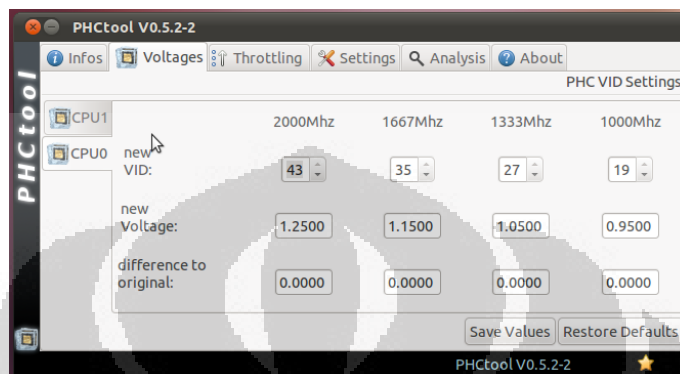
```
killall burnP6
```

4. Implementasi *Undervolt*

Sebelum melakukan metode *undervolt*, perlu mengecek *VIDs* pada tiap *core* yang berbeda dengan menjalankan perintah berikut pada terminal:

```
cat /sys/devices/system/cpu/cpu0/cpufreq/phc_VIDs  
cat /sys/devices/system/cpu/cpu1/cpufreq/phc_VIDs
```

Buka Program *Phctool*, buka tab *Voltages*. Pada prosesor *Intel Mobile Core 2 duo T5750* terdeteksi 4 FID, sedangkan pada *Windows* terdapat 7 FID. Pada *Linux*, hanya diperlukan untuk mengatur 4 VID untuk setiap *core*. *Core* pertama dan kedua harus disamakan nilai voltasenya. Pada Gambar 3.13 merupakan fitur yang digunakan untuk mengatur voltase tiap frekuensi pada *Linux 11.04*



Gambar 3.12 Menu *Voltages* pada Program *phctool*

Pada menu tersebut dapat dilihat terdapat 4 buah frekuensi *core* yakni 2000Mhz, 1667Mhz, 1333Mhz, dan 1000Mhz. angka 43 35 27 19 merupakan nilai default VID untuk masing – masing frekuensi. Terdapat juga tampilan untuk mengetahui perbedaan *normal voltage* dengan *undervolt*.

Dimulai dari *multiplier* terbesar, pada *screenshot* terlihat *voltage default* FID dengan faktor pengali 43 yang berarti nilai VID ini sebesar 1.2500 volt, yang harus dilakukan adalah menurunkan *voltage* lalu test kestabilan *voltage* tersebut, dilakukan secara bertahap untuk menurunkan *level* sampai menemukan *voltage* yang tidak stabil. Namun, pada saat awal dapat langsung menurunkan 0.100V pada tahap pertama. Mengapa dicari yang tidak stabil, karena dibutuhkan VID *cutoff* sebagai referensi dasar yang akan dijadikan *voltage undervolt* yang nantinya digunakan pada *stress testing* berikutnya. Bila tidak mengalami BSOD maka VID yang baru dapat dijadikan acuan untuk *Undervolt*.

Nilai voltase suatu CPU 1 dan 0 harus disimpan sebelum melakukan *stress testing* pada tabs *Voltages* menu. Program ini masih memiliki *bugs* pada prosesor *core 2 duo* yang belum dibenahi oleh pengembangnya, di mana fungsi *throttling* belum ditanam dalam Program *phctool* versi 0.5.2-2.

5. Test Kestabilan voltase pada tiap *multiplier*

Untuk melakukan test kestabilan voltase menggunakan Program *Phctool*, maka perlu dilakukan *stress testing*. Sebelum melakukan *stress testing* yang perlu diperhatikan ialah menjalankan beberapa Program, diantaranya *lm-sensors*, *Xsensor*, dan *System Monitor*.

Perintah pada terminal untuk menjalankan aplikasi *lm-sensors*:

```
sudo /etc/init.d/module-init-tools restart
while [ true ]; do sensors; sleep 1; done
```

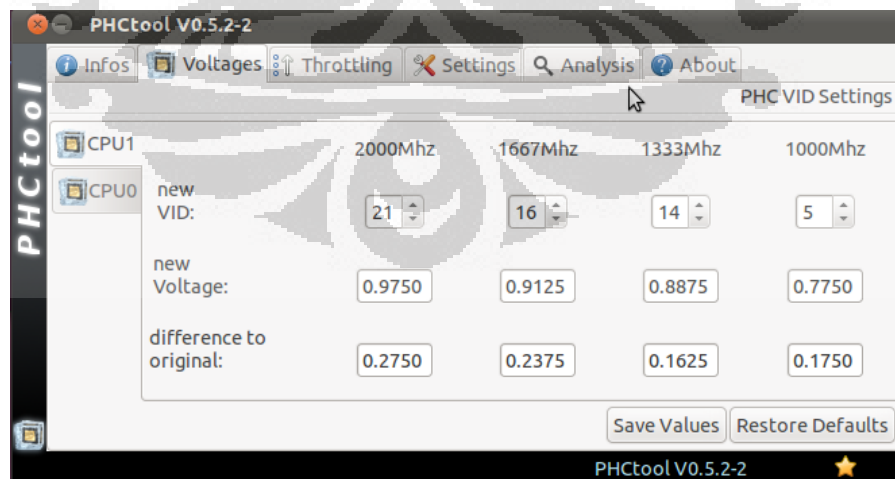
kemudian jalankan *stress testing* pada terminal baru dengan perintah:

```
burnP6 &
burnP6 &
```

Proses load CPU akan berjalan hingga nilai maksimal 100% dan dapat dimonitor secara *realtime* pada Program *system monitor*. Lakukan *stress testing* selama 10-15 menit untuk mencari *voltage* yang stabil. Jika *voltage* tidak stabil, maka *Laptop* akan *restart* otomatis. Jika *Laptop* berhasil menjalani *stress testing*, lalu hentikan proses *stress testing* dengan menjalankan perintah:

```
killall burnP6
```

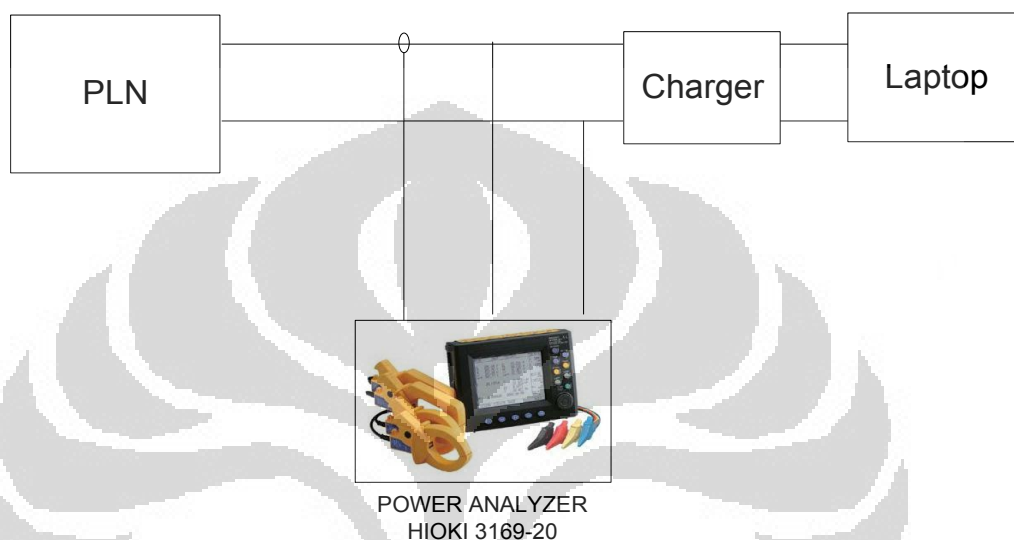
Setelah menemukan *voltage* yang tidak stabil, maka naikan *voltage* 2 level setelah itu jalankan kembali test kestabilan. *Voltage* yang stabil selanjutnya akan digunakan seterusnya untuk *multiplier* tersebut.



Gambar 3.13 Konfigurasi VIDs pada *phctool* setelah *undervolt*

Gambar 3.13 merupakan nilai *VIDs* yang telah stabil dan menjadi acuan pada prosesor. “*Trial and error*” ialah langkah yang digunakan untuk mencari angka *VIDs*. Bilamana *VIDs* yang baru telah ditemukan maka akan menjadi setting untuk *undervolt*.

3.3.3 Konfigurasi Power Quality Analyzer Hioki 3169-20



Gambar 3.14 Block diagram konfigurasi alat *power quality analyzer hioki 3169-20* dengan *Laptop*

Prosedur penelitian dalam pengambilan data menggunakan alat *power quality analyzer hioki 3169-20* dengan melakukan dua skenario pada sistem operasi yang berbeda. Skenario tersebut ialah penggunaan konsumsi energi antara *normal voltage* dan *undervolt* untuk setiap sistem operasi dan pengujian ini dilakukan sebanyak sepuluh kali pengujian:

- Alat *power quality analyzer hioki 3169-20* meliputi *monitor interface hioki*, kabel pengukur tegangan (kabel jepit merah dan kuning), kabel pengukur arus atau *clammer sensor* dan kabel kontaktor sebagai kabel tambahan yang diperlukan dalam pengukuran.
- Kabel kontaktor merupakan kabel yang telah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya dan parameter-parameter lainnya melalui *power quality analyzer*. Kabel kontaktor yang digunakan harus memiliki stop kontak untuk beban yang akan diukur dan diambil datanya. Stop kontak ini dikhususkan untuk beban, sehingga

pada saat pengukuran sumber daya untuk Power quality analyzer harus berasal dari kontaktor lain agar parameter alat ukurnya tidak terukur juga.

- *Clamper sensor tipe (9694)* digunakan untuk mengukur arus yang mengalir ke beban melalui kabel kontaktor dengan cara memasang (mengalungkan) *clamp* pada kabel kontaktor dengan posisi tanda panah pada clamper sensor mengarah ke beban. Apabila tanda panah terbalik (tidak mengarah ke beban) maka nilai arus dan daya yang terukur oleh *power quality analyzer hioki* akan bernilai negatif.
- Pastikan memori sudah terpasang dengan baik, supaya memudahkan dalam pemindahan dan pengolahan data.
- Buat nama file pada set up, pilih save to card
- *Setting interval* waktu *hioki* dalam mengambil data perulangan, dalam penelitian digunakan *interval* setiap 1 menit. *Setting* berapa lama waktu *hioki* akan mengambil data, dalam penelitian diperlukan 10 menit.
- Setelah *set-up* dapat dijalankan alat *hioki* untuk pengambilan data, tekan start untuk memulai pengambilan data dan tunggu hingga 10 menit.
- Setelah mengambil data pindahkan *file* sesuai dengan nama *file* yang sudah dibuat di awal dan buka *file* dengan Program 9625 *Power Measurement Support Software*.
- Pengambilan data dilakukan bersamaan dengan *stress testing* pada setiap sistem operasi. Pada metode *normal voltage*, semua aplikasi pendukung dijalankan tanpa diberi optimasi. Sedangkan pada metode *undervolt* harus dilakukan optimasi.
- Setelah dilakukan pengambilan data, lalu laptop dimatikan beberapa saat hingga *temperature* kembali normal seperti sebelum dilakukan pengambilan data. Kemudian laptop dapat dilakukan untuk mengambil data selanjutnya.

Beberapa hal yang harus di perhatikan dalam penggunaan alat *power quality analyzer hioki 3169-20* yaitu:

- Setting tegangan maksimum dengan konfigurasi pada *set-up* isi dengan 300 V pada *voltage maximum* dan *set-up* arus maksimum sebesar 1 A.
- Dalam mengambil data diusahakan dalam memulai pengambilan data harus dibarengi dengan memulai *stress testing*. Hal ini dimaksudkan untuk

mengambil data seakurat mungkin dalam hal konsumsi energi yang digunakan suatu *Laptop* bilamana dalam keadaan *Stress testing*.

- Hindari kontak dengan kabel-kabel yang tidak memiliki bungkus untuk mencegah hal yang tidak diinginkan seperti *short circuit*.

3.4 Skenario pengujian

Metode pengukuran dalam penelitian ini dibantu dengan alat *Power Quality Analyzer* bermerek Hioki dengan seri 3169 – 20. *Power Quality Analyzer* mampu mengukur berbagai komponen listrik yaitu tegangan (V), arus (I), frekuensi (f), daya kompleks (S), daya real (P), daya reaktif (Q), konsumsi energi (kWh), dan faktor daya (pf).

Kondisi-kondisi yang harus diperhatikan dalam skenario pengukuran sebagai berikut:

- Dilakukan pada *temperature* kamar
- Harus dirangkai sesuai subbab 3.3.3
- Port USB tidak ada yang digunakan
- Melepas penggunaan daya Baterai
- Menunggu *Laptop* setelah pengujian hingga kembali pada *temperature normal*.

Kondisi tersebut digunakan untuk semua pengujian supaya tidak terjadi kesalahan dalam melakukan pengambilan data dalam pengukuran.

Dalam skenario pengujian ini dilakukan dua skenario pengujian dalam mencari konsumsi energi yang digunakan pada tiap pengujian. Berikut ini penjelasan dari kedua skenario tersebut:

3.4.1 Pengujian *Normal voltage* dan Metode *Undervolt* pada Sistem Operasi *Windows 7*

Pada skenario pertama ini, akan dicoba menguji konsumsi energi yang digunakan *Laptop* pada *normal voltage*. Pengujian ini akan menggunakan Program *Core Temp* untuk memonitor *temperature* dan informasi pada prosesor serta menggunakan Program *Orthos* untuk melakukan *stress testing*. *Stress testing* akan dilakukan selama 10 menit.

Pada skenario menggunakan metode *Undervolt*, akan dicoba menguji konsumsi energi yang digunakan pada *Laptop*. Pengujian ini akan menggunakan Program *Core Temp* untuk memonitor *temperature* dan informasi pada prosesor, serta menggunakan Program *Orthos* untuk melakukan *stress testing*. *Stress testing* akan dilakukan selama 10 menit. Sebelum dilakukan *stress testing* terlebih dahulu menjalankan Program *RMClock* guna mengatur voltase pada metode *undervolt*.

3.4.2 Pengujian *Normal voltage* dan Metode *Undervolt* pada Sistem Operasi *Ubuntu 11.04*

Pada skenario kedua, akan dicoba menguji konsumsi energi yang digunakan *Laptop* pada *normal voltage*. Pengujian ini akan menggunakan Program *Xsensors* dan perintah *Lm-sensors* untuk memonitor *temperature* pada prosesor serta menggunakan perintah *burnP6* untuk melakukan *stress testing*. *Stress testing* akan dilakukan selama 10 menit.

Pada skenario menggunakan metode *Undervolt*, akan dicoba menguji konsumsi energi yang digunakan pada *Laptop*. Pengujian ini akan menggunakan *Xsensors* dan perintah *Lm-sensors* untuk memonitor *temperature* pada prosesor, serta menggunakan perintah *burnP6* & sebanyak 2x untuk melakukan *stress testing*. *Stress testing* akan dilakukan selama 10 menit. Sebelum dilakukan *stress testing* terlebih dahulu mengatur voltase pada Program *Phctool* sesuai dengan Gambar 3.13 pada setiap *core*.

BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISA

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, pengujian akan dilakukan dalam dua skenario utama yang berbeda, yaitu pengujian *normal voltage* dan *undervolt* menggunakan sistem operasi *Windows 7*, dan pengujian *normal voltage* dan *undervolt* menggunakan sistem operasi *Linux Ubuntu 11.04*. Berikut ini hasil pengukuran konsumsi energi ini memerlukan alat *power quality analyzer hioki 3169-20* dan Program *9625 Power Measurement Support Software*.

4.1 Pengujian *Normal voltage* dan Metode *Undervolt* pada Sistem Operasi *Windows 7*

Pengujian ini dilakukan selama 10 menit dibantu dengan menggunakan Program *Orthos* untuk melakukan *stress testing* pada CPU, selama pengujian dilakukan pengukuran konsumsi daya oleh alat *power quality analyzer hioki 3169-20*. Interval atau jeda waktu yang digunakan pada *Hioki* untuk mengambil data sebanyak 1x setiap menitnya, sehingga akan didapatkan 10 data dalam setiap pengujian. Untuk memonitor semua informasi yang ada pada Prosesor *Laptop* digunakan Program *Core Temp*.

Tabel 4.1 yang mewakili beberapa hasil penelitian pada skenario pertama. Pada Tabel hasil pengujian *normal voltage* dan *Undervolt* terdapat 8 kolom, di mana kolom pertama mewakili sebuah proses *stress testing* dalam satuan menit. Kolom kedua merupakan waktu yang ditunjukkan dalam pengujian pertama. Dimulai pada 15:17:37 dan selesai pengambilan data pengujian pada 15:26:37. Kolom ketiga merupakan daya aktif yang dibutuhkan selama proses, yang diperoleh dari perkalian arus, tegangan dan faktor daya. Kolom keempat merupakan daya aktif yang terintegrasi selama 10 menit pengujian, dengan kata lain penggunaan konsumsi energi yang dapat dikonversi menjadi emisi energi CO₂. Kolom kelima merupakan interval energi yang dibutuhkan setiap menit. Kolom ke 6 merupakan informasi dari *temperature* pada *core* pertama. Kolom ke 7 merupakan informasi dari *temperature* pada *core* kedua. Kolom 8 merupakan rata-rata dari kolom ke 6 dan 7.

Tabel 4.1 Hasil pengujian *Normal voltage* pada sistem operasi *Windows*

No.	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) [kW]	WP+: Integrated active power (consumption) [kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption)[kWh]	Core Temp		
					Core 0	Core 1	Average
					[°C]	[°C]	[°C]
1	2	3	4	5	6	7	8
	15:16:37		0.000000		44	44	44
1	15:17:37	0.04863	0.000796	0.000796	82	83	82,5
2	15:18:37	0.03895	0.001446	0.000649	83	83	83
3	15:19:37	0.03655	0.002055	0.000609	83	83	83
4	15:20:37	0.03557	0.002648	0.000593	83	83	83
5	15:21:37	0.03573	0.003243	0.000596	83	83	83
6	15:22:37	0.03470	0.003821	0.000578	86	86	86
7	15:23:37	0.03341	0.004378	0.000557	86	83	84,5
8	15:24:37	0.03299	0.004928	0.000550	85	86	85,5
9	15:25:37	0.03282	0.005475	0.000547	86	86	86
10	15:26:37	0.03225	0.006012	0.000538	86	86	86
Average		0.03616		0.0006013			

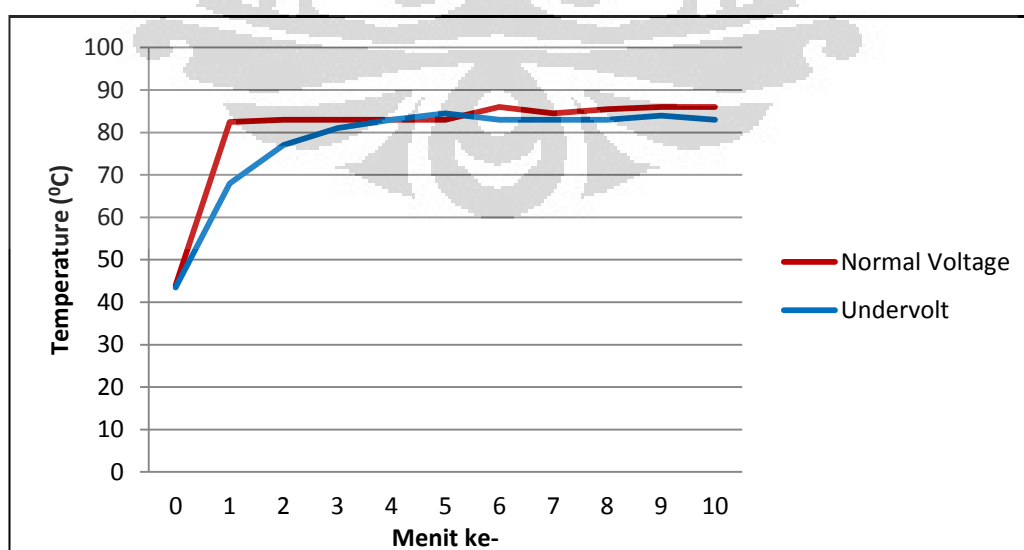
Tabel 4.1 merupakan hasil dari pengujian *normal voltage* pada sistem operasi *Linux*. Selama 10 menit pengujian dengan melakukan *stress testing* diperoleh konsumsi energi sebesar 0.006012 kWh. Bilamana dikalkulasikan menjadi 1 jam maka harus dikalikan 6 akan diperoleh 0.036072 kWh.

Tabel 4.2 Hasil pengujian *undervolt* pada sistem operasi *Windows*.

No.	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) [kW]	WP+: Integrated active power (consumption) [kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption)[kWh]	Core Temp		
					Core 0 [°C]	Core 1 [°C]	Average [°C]
1	2	3	4	5	6	7	8
	15:29:22		0.000000		43	44	43,5
1	15:30:22	0.03779	0.000630	0.000630	68	68	68
2	15:31:22	0.03323	0.001184	0.000554	77	77	77
3	15:32:22	0.03227	0.001721	0.000538	81	81	81
4	15:33:22	0.03183	0.002252	0.000531	83	83	83
5	15:34:22	0.03153	0.002777	0.000525	86	83	84,5
6	15:35:22	0.03129	0.003299	0.000521	83	83	83
7	15:36:22	0.03115	0.003818	0.000519	83	83	83
8	15:37:22	0.03098	0.004334	0.000516	83	83	83
9	15:38:22	0.03090	0.004849	0.000515	83	85	84
10	15:39:22	0.03088	0.005364	0.000515	83	83	83
Average		0.03219		0.0005364			

Tabel 4.2 merupakan salah satu hasil percobaan pada implementasi *green computing* menggunakan metode *undervolt*. Dengan metode ini dapat diperoleh konsumsi energi selama 10 menit sebanyak 0.005364 kWh, dan dalam waktu 1 jam akan diperoleh 0,032184 kWh.

Perbedaan *temperature* antara *normal voltage* dan *undervolt* dijelaskan pada saat pengujian di Gambar 4.1:

Gambar 4.1 Grafik perbedaan *temperature* antara *normal voltage* dan *undervolt* pada *Windows 7*

Gambar 4.1 merupakan perbandingan *temperature* saat proses *stress testing* antara *normal voltage* dan *undervolt*. Dapat diamati bahwa *temperature* pada *normal voltage* lebih cepat mencapai *temperature* maksimum, yakni 86 °C pada prosesor. Sedangkan pada metode *undervolt* dapat mencapai *temperature* maksimum dengan waktu kurang lebih 4 menit pada awal proses *stress testing*.

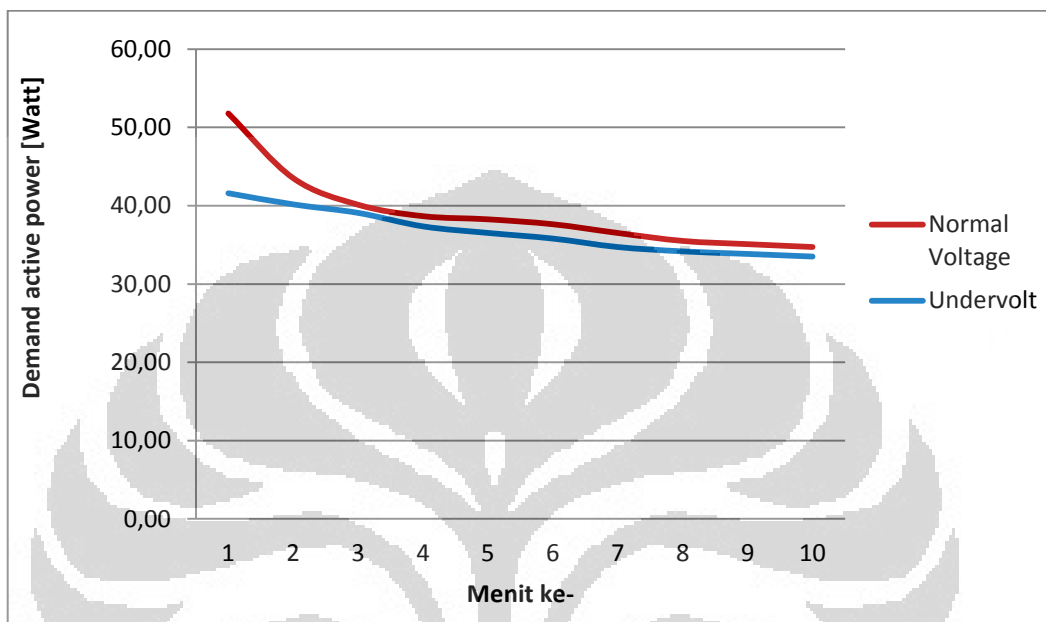
Tabel 4.3 Perbandingan penggunaan daya aktif pada pengujian menggunakan *normal voltage* dan metode *undervolt*.

Menit ke-	P_DEM: Demand active power (consumption) NORMAL[Watt]										
	Percobaan ke-										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	48,63	48,41	46,57	56,58	40,45	53,04	55,35	55,70	56,44	56,73	51,79
2	38,95	38,42	37,27	49,37	41,08	42,81	45,41	46,23	48,18	47,47	43,52
3	36,55	35,93	34,57	43,52	41,45	39,94	41,49	41,99	42,96	42,84	40,12
4	35,57	34,77	33,71	40,36	41,92	38,69	39,86	40,19	40,82	40,76	38,67
5	35,73	33,99	33,11	38,46	43,46	38,53	39,68	39,31	40,19	40,17	38,26
6	34,70	33,41	32,64	37,40	41,87	38,27	39,24	39,29	39,83	39,70	37,64
7	33,41	32,99	32,30	36,68	38,96	37,48	38,27	38,70	38,24	38,15	36,52
8	32,99	32,51	32,03	35,99	37,56	36,08	36,84	36,77	37,03	37,24	35,50
9	32,82	32,18	31,72	35,44	36,75	35,84	36,48	36,36	36,55	36,79	35,09
10	32,25	32,04	31,59	35,04	36,05	35,66	36,19	35,99	36,10	36,37	34,73
Menit ke-	P_DEM: Demand active power (consumption), UNDER[Watt]										
	Percobaan ke-										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	37,79	38,69	39,55	41,72	52,41	41,34	41,73	41,12	40,98	40,61	41,59
2	33,23	38,36	35,87	42,35	41,99	41,95	42,45	41,83	41,70	41,98	40,17
3	32,27	34,69	33,05	41,33	39,05	41,75	41,22	42,94	42,17	42,37	39,08
4	31,83	33,02	32,22	38,63	37,81	39,45	38,41	41,55	40,70	40,00	37,36
5	31,53	32,36	31,76	38,04	38,01	38,46	38,05	38,81	39,03	39,21	36,53
6	31,29	31,92	31,54	37,35	37,40	37,23	37,38	37,08	38,23	38,62	35,80
7	31,15	31,66	31,33	35,35	35,69	35,61	35,73	36,27	36,95	37,49	34,72
8	30,98	31,41	31,24	35,00	35,14	35,13	35,05	35,86	35,62	36,26	34,17
9	30,90	31,12	31,11	34,56	34,86	34,83	34,60	35,42	35,12	35,92	33,84
10	30,88	31,08	30,92	34,28	34,37	34,18	34,21	34,83	34,50	35,81	33,51

Tabel 4.3 merupakan hasil pengujian penggunaan daya aktif pada *normal voltage* dan *undervolt* pada sistem operasi *Windows 7* dari pengolahan data pada Lampiran 2-7. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan *stress testing* dan

sesuai dengan prosedur pada 3.3.3, kolom Rata-rata tersebut diplot pada Gambar 4.2 sebagai Sumbu *Y*.

Gambar 4.2 merupakan grafik perbandingan penggunaan daya aktif pada pengujian *normal voltage* dan *undervolt*.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan kebutuhan konsumsi daya aktif antara *Normal voltage* dan *Undervolt*

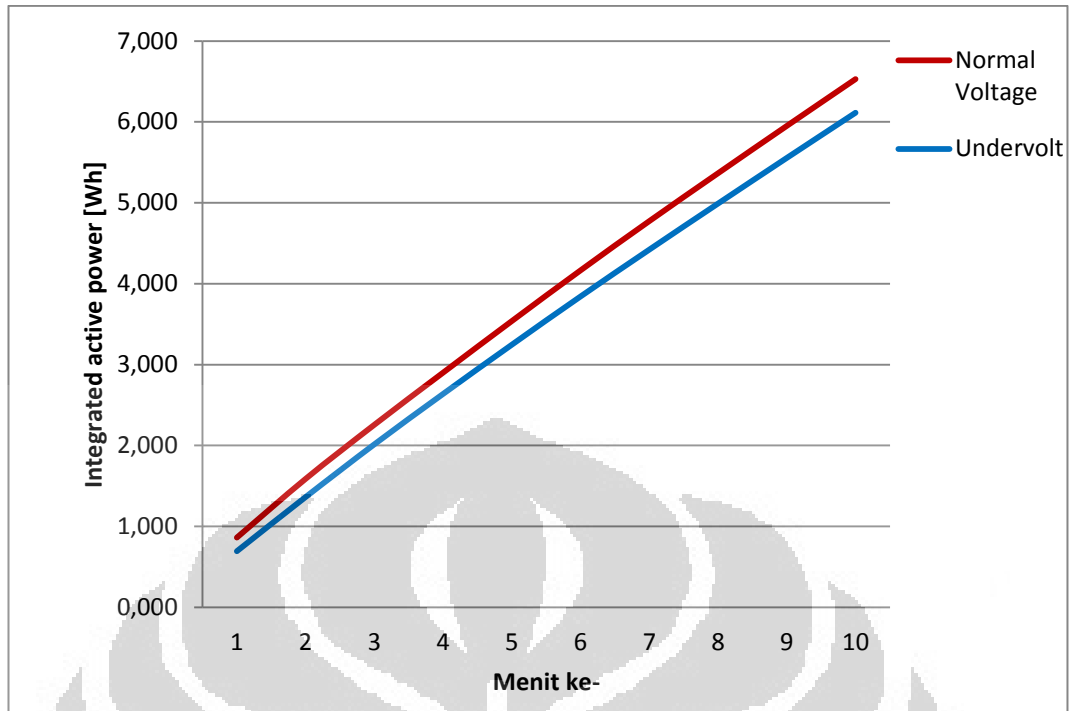
Dari grafik pada Gambar 4.2 dapat dianalisa bahwa pada tahap pengujian dalam *normal voltage* dan *undervolt* memiliki konsumsi daya aktif yang cukup tinggi pada awal pengujian hingga menit ke 3 untuk mencapai kestabilan, karena fluktuasi perubahan voltase pada setiap *multiplier* di dalam prosessor, lalu konsumsi daya aktif tersebut akan terus menurun seiring berjalannya waktu pengujian. Pada tahap pengujian dengan metode *undervolt* akan membutuhkan konsumsi daya aktif yang cukup relatif kecil saat awal pengujian karena perubahan voltase yang kecil, kemudian pengujian konsumsi daya aktif *undervolt* akan terus berkurang seiring berjalannya waktu.

Tabel 4.4 Perbandingan konsumsi daya total pada pengujian menggunakan *normal voltage* dan metode *undervolt*.

Menit ke-	WP+: Integrated active power (consumption), NORMAL[Wh]										
	Percobaan ke-										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,796	0,807	0,776	0,943	0,674	0,884	0,922	0,928	0,941	0,945	0,862
2	1,446	1,447	1,397	1,766	1,359	1,598	1,679	1,699	1,744	1,737	1,587
3	2,055	2,046	1,973	2,491	2,050	2,263	2,371	2,399	2,460	2,451	2,256
4	2,648	2,625	2,535	3,164	2,748	2,908	3,035	3,069	3,140	3,130	2,900
5	3,243	3,192	3,087	3,805	3,472	3,550	3,696	3,724	3,810	3,799	3,538
6	3,821	3,749	3,631	4,428	4,170	4,188	4,350	4,379	4,473	4,461	4,165
7	4,378	4,299	4,169	5,039	4,819	4,813	4,988	5,023	5,111	5,097	4,774
8	4,928	4,840	4,703	5,639	5,445	5,414	5,602	5,636	5,728	5,718	5,365
9	5,475	5,377	5,232	6,230	6,058	6,011	6,210	6,242	6,337	6,331	5,950
10	6,012	5,911	5,758	6,814	6,658	6,606	6,813	6,842	6,939	6,937	6,529
Menit ke-	WP+: Integrated active power (consumption), UNDER[Wh]										
	Percobaan ke-										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,630	0,645	0,659	0,695	0,873	0,689	0,695	0,685	0,683	0,677	0,693
2	1,184	1,284	1,257	1,401	1,573	1,388	1,403	1,383	1,378	1,377	1,363
3	1,721	1,862	1,808	2,090	2,224	2,084	2,090	2,098	2,081	2,083	2,014
4	2,252	2,413	2,345	2,734	2,854	2,742	2,730	2,791	2,759	2,749	2,637
5	2,777	2,952	2,874	3,368	3,488	3,382	3,364	3,438	3,409	3,403	3,246
6	3,299	3,484	3,400	3,990	4,111	4,003	3,987	4,056	4,046	4,046	3,842
7	3,818	4,012	3,922	4,579	4,706	4,597	4,583	4,660	4,663	4,671	4,421
8	4,334	4,535	4,443	5,163	5,291	5,182	5,167	5,258	5,256	5,276	4,991
9	4,849	5,054	4,961	5,739	5,872	5,762	5,744	5,848	5,842	5,874	5,555
10	5,364	5,572	5,476	6,310	6,445	6,332	6,314	6,429	6,417	6,471	6,113

Tabel 4.4 merupakan hasil pengujian penggunaan daya aktif pada *normal voltage* dan *undervolt* pada sistem operasi *Windows 7* dari pengolahan data pada Lampiran 2-7. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan stress testing dan sesuai dengan prosedur pada 3.3.3, kolom Rata-rata tersebut diplot pada Gambar 4.3 sebagai sumbu *Y*. Nilai 6.529 Wh pada *normal voltage* dan 6.113kWh pada *undervolt* akan menjadi acuan dalam perhitungan mencari efisiensi emisi karbon (CO₂) pada Subbab 4.5.

Gambar 4.3 merupakan grafik perbandingan penggunaan daya aktif pada pengujian *normal voltage* dan *undevolt*.



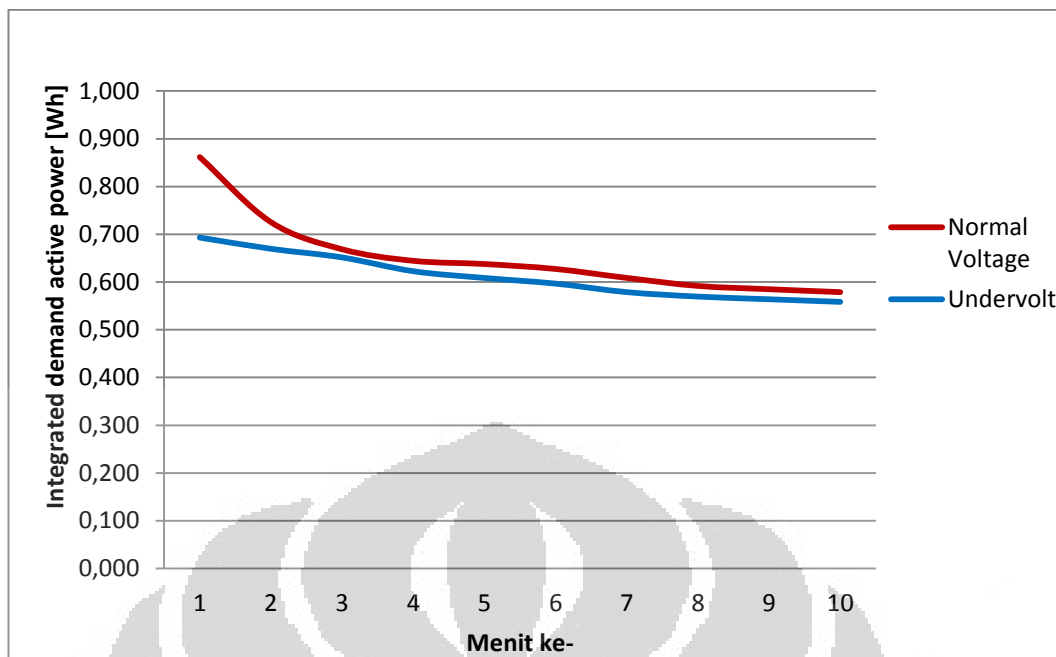
Gambar 4.3 Grafik perbandingan konsumsi daya total antara *Normal voltage* dan *Undervolt*

Dari grafik pada Gambar 4.3 dapat dianalisa bahwa pada tahap pengujian dalam *normal voltage* dan *undervolt* dalam konsumsi daya total akan terus meningkat sesuai dengan besarnya waktu. Namun, Metode *Undervolt* akan memiliki tingkat penggunaan energi yang relatif rendah. Hal itu ditunjukkan pada garis biru yang semakin lama semakin turun menjauhi garis merah. Dengan menghitung total perbedaan konsumsi energi antara *normal voltage* dengan *undervolt* dapat diperoleh berapa energi yang dapat dihemat ataupun emisi karbon yang dapat diselamatkan, serta persentase perbandingan keduanya untuk analisa lebih lanjut.

Tabel 4.5 Perbandingan penggunaan daya aktif per menit pada *Normal voltage* dan *Undervolt* pada *Windows 7*

Menit ke-	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption), NORMAL [Wh]										
	Pengujian ke-										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,796	0,807	0,776	0,943	0,674	0,884	0,922	0,928	0,941	0,945	0,862
2	0,649	0,640	0,621	0,823	0,685	0,714	0,757	0,771	0,803	0,791	0,725
3	0,609	0,599	0,576	0,725	0,691	0,665	0,691	0,700	0,716	0,714	0,669
4	0,593	0,579	0,562	0,673	0,699	0,645	0,664	0,670	0,680	0,679	0,644
5	0,596	0,566	0,552	0,641	0,724	0,642	0,661	0,655	0,670	0,670	0,638
6	0,578	0,557	0,544	0,623	0,698	0,638	0,654	0,655	0,664	0,662	0,627
7	0,557	0,550	0,538	0,611	0,649	0,625	0,638	0,645	0,637	0,636	0,609
8	0,550	0,542	0,534	0,600	0,626	0,601	0,614	0,613	0,617	0,621	0,592
9	0,547	0,536	0,529	0,591	0,613	0,597	0,608	0,606	0,609	0,613	0,585
10	0,538	0,534	0,526	0,584	0,601	0,594	0,603	0,600	0,602	0,606	0,579
Menit ke-	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption), UNDER [Wh]										
	Pengujian ke-										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,630	0,645	0,659	0,695	0,873	0,689	0,695	0,685	0,683	0,677	0,693
2	0,554	0,639	0,598	0,706	0,700	0,699	0,708	0,697	0,695	0,700	0,670
3	0,538	0,578	0,551	0,689	0,651	0,696	0,687	0,716	0,703	0,706	0,652
4	0,531	0,550	0,537	0,644	0,630	0,657	0,640	0,692	0,678	0,667	0,623
5	0,525	0,539	0,529	0,634	0,633	0,641	0,634	0,647	0,650	0,653	0,609
6	0,521	0,532	0,526	0,622	0,623	0,620	0,623	0,618	0,637	0,644	0,597
7	0,519	0,528	0,522	0,589	0,595	0,594	0,595	0,605	0,616	0,625	0,579
8	0,516	0,524	0,521	0,583	0,586	0,585	0,584	0,598	0,594	0,604	0,570
9	0,515	0,519	0,518	0,576	0,581	0,580	0,577	0,590	0,585	0,598	0,564
10	0,515	0,518	0,515	0,571	0,573	0,570	0,570	0,580	0,575	0,597	0,558

Tabel 4.5 merupakan hasil pengujian penggunaan *interval* daya aktif per menit selama pengujian pada *normal voltage* dan *undervolt* pada sistem operasi *Windows 7* dari pengolahan data pada Lampiran 2-7. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan stress testing dan sesuai dengan prosedur pada 3.3.3, kolom Rata-rata tersebut diplot pada Gambar 4.4 sebagai sumbu *Y*.



Gambar 4.4 Perbandingan penggunaan daya aktif setiap menit pada *Normal voltage* dan *Undervolt*

Interval daya aktif selama pengujian pada *normal voltage* berbeda dengan metode *undervolt* pada saat mulai pengujian, nilai *normal voltage* lebih besar dibandingkan *undervolt*. Penggunaan daya aktif pada menit ke-1 dan ke-2 pada *normal voltage* memiliki konsumsi daya aktif yang cukup tinggi dibandingkan menit-menit berikutnya. Kemudian konsumsi energi tersebut turun dan kestabilan. Pada tahap pengujian dengan metode *undervolt* akan membutuhkan konsumsi daya aktif yang turun secara signifikan pada menit ke-1 hingga ke-3, kemudian akan turun kembali hingga stabil.

4.2 Perbandingan Performa antara *Normal voltage* dengan *Undervolt* pada Sistem Operasi *Windows 7*

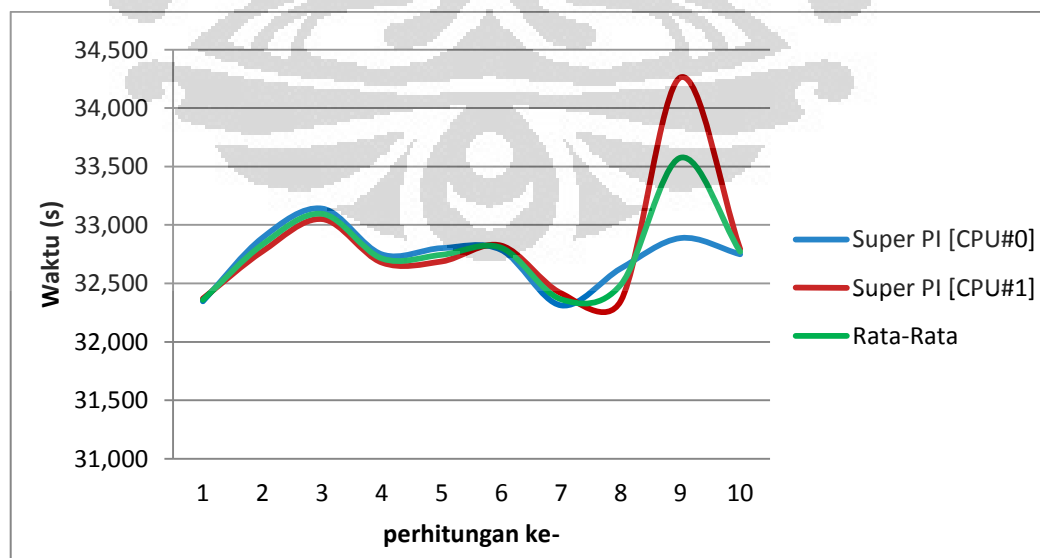
Setelah berhasil mendapatkan perbandingan konsumsi daya antara *normal voltage* dengan metode *Undervolt* kemudian akan diuji sebuah performa dari metode tersebut. Maka untuk membuktikan bahwa performa tidak akan berpengaruh terhadap metode *undervolt* dibandingkan dengan metode *normal voltage* seperti pada [3]. Selanjutnya akan dilakukan pengujian performa pada kedua prosesor menggunakan Program *Hyper pi*.

Hyper pi merupakan Program komputer yang digunakan untuk menghitung kecepatan performa sebuah CPU.

Tabel 4.6 *Benchmarking* menggunakan metode *normal voltage* pada 10x pengujian

No.	Priority	<i>digits pi</i>	disable service	Mode Iterations	waktu yang dibutuhkan (s)		Rata-rata (s)
					Super PI [CPU#0]	Super PI [CPU#1]	
1	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,347	32,370	32,359
2	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,891	32,775	32,833
3	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	33,140	33,050	33,095
4	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,748	32,678	32,713
5	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,802	32,688	32,745
6	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,786	32,823	32,805
7	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,312	32,416	32,364
8	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,628	32,350	32,489
9	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,888	34,263	33,576
10	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,749	32,793	32,771
				Rata-rata	32,729	32,821	32,775

Tabel 4.6 merupakan rangkuman dari hasil *screenshot* Program *hyper pi* menggunakan metode *normal voltage*. Prosedur yang digunakan ialah dengan mengatur Program pada prioritas ke *realtime*, menonkatifkan fungsi suara dan yang terpenting ialah mengatur *digits pi* yang akan dihitung sebanyak 1M atau menghitung *pi* ke jumlah digit tertentu setelah sampai titik desimal hingga maksimal 1 juta digit.



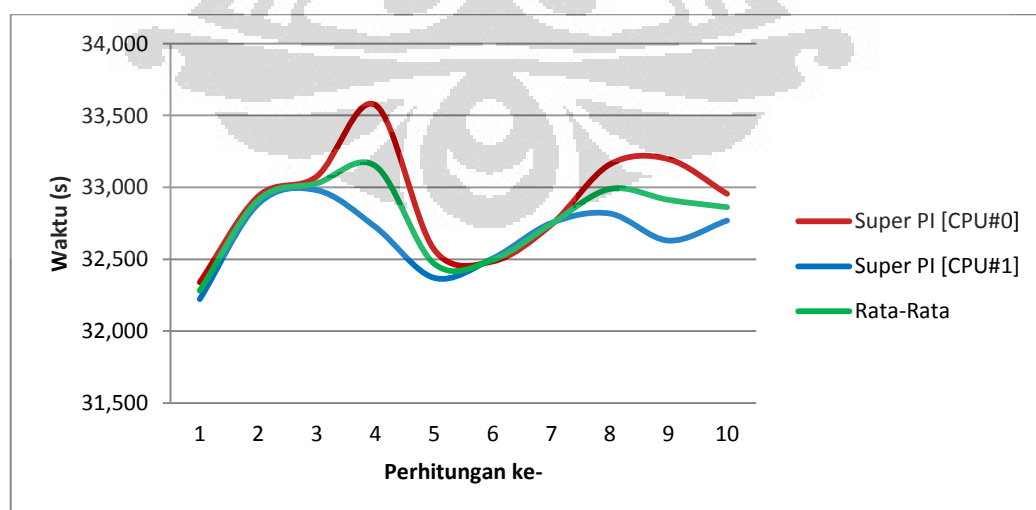
Gambar 4.5 Grafik perbandingan waktu pada CPU [*normal voltage*]

Gambar 4.5 merupakan grafik pengujian *benchmarking* menggunakan mode digit *pi* sebesar 1M, Program *hyper pi* melakukan mode perulangan sebanyak 19x dan kedua prosesor mampu menyelesaikan pekerjaan tersebut rata-rata selama 32.775 detik.

Tabel 4.7 *Benchmarking* menggunakan metode *undervolt* pada 10x pengujian

no.	Priority	<i>digits pi</i>	disable service	Mode Iterations	waktu yang dibutuhkan (s)		Rata-rata (s)
					Super PI [CPU#0]	Super PI [CPU#1]	
1	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,340	32,223	32,282
2	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,938	32,886	32,912
3	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	33,077	32,980	33,029
4	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	33,572	32,724	33,148
5	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,568	32,371	32,470
6	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,485	32,506	32,496
7	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,740	32,752	32,746
8	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	33,160	32,818	32,989
9	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	33,196	32,630	32,913
10	<i>Realtime</i>	1 M	Audio	19 loops	32,955	32,769	32,862
				Rata-rata	32,903	32,666	32,785

Pada Tabel 4.7 merupakan hasil rangkuman *benchmaring* dari *screenshot* pada Program *hyper pi* menggunakan metode *undervolt*. Dengan melakukan prosedur yang sama seperti metode *normal voltage*, didapatkan hasil yang relatif memiliki kesamaan pula.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan waktu pada CPU [Undervolt]

Pada Gambar 4.6 grafik merupakan hasil *benchmarking* menggunakan metode *undervolt* dengan mode perhitungan *digits pi* sebanyak 1 M. Dengan melakukan mode perulangan selama 19x perhitungan pada kedua prosesor dapat menyelesaikan dengan waktu rata-rata selama 32.785 detik. Hasil ini berbeda 0.01 detik dengan *benchmarking* menggunakan metode *normal voltage*. Dapat disimpulkan bahwa performa metode *undervolt* tidaklah jauh berbeda dengan *normal voltage*. Sehingga secara langsung dapat membuktikan, bahwa performa tidak akan berpengaruh terhadap metode *undervolt* dibandingkan dengan metode *normal voltage* seperti pada [3]. Disamping itu, dengan metode *undervolt* lebih banyak konsumsi energi yang dapat dihemat demi mengukungnya *green computing*.

Pada saat melakukan pengujian didapatkan beberapa informasi dari Program *Core Temp*. Informasi tersebut terdapat pada Tabel 4.6 hingga 4.9:

Tabel 4.8 Informasi CPU pada Program *Core Temp* keadaan *idle* (*Normal voltage*) dan (*Undervolt*)

Condition	VID	Frequency	FID
<i>Normal voltage</i>	1.2500 v	1994.96MHz	12.0 x
<i>Undervolt</i>	0.9500 v	997,51MHz	6.0 x

Berdasarkan informasi dari Tabel 4.8, dapat ditunjukkan bahwa kondisi *normal voltage* bekerja dengan FID maksimum 12.0 x meskipun pada kondisi *idle*, sebaliknya pada kondisi *undervolt* di mana FID bekerja dengan FID terendah yakni 6.0 x.

Tabel 4.9 Kondisi *temperature* CPU pada Program *Core Temp* keadaan *idle* (*Normal voltage*) dan (*Undervolt*)

Condition	Type Core	Temperature				Load
		Current	Min	Max	Tj. Max	
<i>Normal voltage</i>	Core#0	54 °C	54 °C	71 °C	85 °C	0%
	Core #1	54 °C	54 °C	71 °C	85 °C	0%
<i>Undervolt</i>	Core#0	50 °C	48 °C	60 °C	85 °C	3%
	Core #1	51 °C	51 °C	62 °C	85 °C	0%

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat dianalisa bahwa pada *normal voltage* keadaan *idle* suatu prosesor *Intel Core 2Duo T5750 (Merom-2M)* memiliki *temperature* rata-rata 54⁰C. Keadaan *Idle* tersebut ditunjukkan pada *load* prosesor yang hanya 0%, karena tidak ada Program yang berjalan di *background*, termasuk Program *RMClock* yang digunakan untuk melakukan *undervolt*.

Selain itu, pada keadaan *undervolt* memiliki *temperature* pada *Core#0* sebesar 50⁰C dan *Core#1* sebesar 51⁰C. Dapat dikalkulasi dengan rata-rata pada keadaan *idle* memiliki *temperature* sebesar 50.5⁰C. Keadaan *idle* tersebut ditunjukkan pada *load* prosesor sebanyak 3% pada *Core#0*, Angka 3% tersebut didapat dari berjalannya Program *RMClock* yang digunakan untuk melakukan optimasi *undervolt*. Perbedaan *temperature* saat kondisi *idle* antara *normal voltage* dan *undervolt* sebesar 3.5⁰C ini didapatkan dari rata-rata *core* tiap prosesor.

Tabel 4.10 Informasi CPU pada Program *Core Temp* keadaan *stress testing (Normal voltage)* dan (*Undervolt*)

Condition	VID	Frequency	FID
<i>normal</i>	0.9500 v	997.49MHz	6.0 x
<i>undervolt</i>	0.9500 v	997.49MHz	6.0 x

Berdasarkan informasi dari Tabel 4.10, dapat ditunjukkan bahwa dalam kondisi *stress testing normal voltase* dan metode *undervolt* bekerja dengan FID minimum 6.0x. Hal ini berlawanan pada *normal voltage*, di mana dalam kondisi *idle* menggunakan FID maksimum sebesar 12.0x

Tabel 4.11 Informasi dan *temperature* CPU pada Program *Core Temp* keadaan *stress testing (Normal voltage)*

Condition	Tipe Core	Temperature				Load
		Current	Min	Max	Tj. Max	
<i>Normal voltage</i>	<i>Core#0</i>	86°C (!)(?)	42 °C	86 °C	85 °C	100%
	<i>Core #1</i>	86°C (!)(?)	42 °C	86 °C	85 °C	100%
<i>Undervolt</i>	<i>Core#0</i>	83°C (!)	42 °C	86 °C	85 °C	100%
	<i>Core #1</i>	83°C (!)	42 °C	86 °C	85 °C	100%

Tabel 4.11 merupakan dokumentasi dari *screenshot* Program *Core Temp* yang dijalankan saat melakukan *Stress Testing* pada *Normal voltage* dan *Undervolt*. Dapat dilihat bahwa *load* yang ditunjukkan sebesar 100% pada setiap *Core*. *Tj. Max* merupakan *Temperature Junction Maximal* dari Prosesor. Secara tidak langsung bahwa *sensor temperature* pada prosesor hanya mampu memonitor hingga batas maksimum sebesar 85 °C, akan tetapi *temperature* pada *normal voltage* yang terdeteksi sebesar 86 °C. Besar kemungkinan *temperature* selama *stress testing* pada prosesor dapat mencapai hingga 90 °C.

Pada kondisi *Undervolt* didapatkan bahwa *temperature* setelah 10 menit mengalami fluktuasi ± 83 °C. Kenaikan *temperature* tersebut sanggup melewati batas *sensor* maksimal yakni 85 °C, namun kembali stabil pada *temperature* 83°C. Perbedaan antara *normal voltage* dan *undervolt* pada *stress testing* ialah sebesar 3°C pada sistem operasi *Windows 7*. Perbedaan ini dapat ditinjau lebih dalam dengan menghitung konsumsi energi yang digunakan menggunakan alat *power quality analyzer hioki 3169-20* pada sub-bab 4.5.

4.3 Pengujian *Normal voltage* dan Metode *Undervolt* pada *Linux Ubuntu*

11.04

Pengujian ini dilakukan selama 10 menit dibantu dengan menggunakan *terminal* dengan menggunakan simulasi *burning* untuk melakukan *stress testing* pada kedua CPU, selama pengujian dilakukan pengukuran konsumsi energi oleh alat *power quality analyzer hioki 3169-20*. Interval atau jeda waktu yang digunakan Hioki untuk mengambil data sebanyak 1x untuk setiap menitnya, sehingga akan diperoleh 10 data dalam setiap pengujian. Untuk memonitor informasi *temperature* yang ada pada kedua Prosesor *Laptop* digunakan Program *Xsensor* dan menggunakan *lm-sensors* yang dijalankan pada *terminal*.

Tabel 4.12 dan 4.13 mewakili beberapa hasil penelitian pada skenario kedua. Pada Tabel 4.12 terdapat 8 kolom, di mana kolom pertama mewakili urutan sebuah proses *stress testing* dalam satuan menit. Kolom kedua merupakan waktu yang ditunjukkan dalam pengujian pertama. Dimulai pada 15:53:09 dan selesai pengambilan data pada 16:02:09. Kolom ketiga merupakan daya aktif yang dibutuhkan selama proses, yang diperoleh dari perkalian arus, tegangan dan faktor

daya. Kolom keempat merupakan daya aktif yang terintegrasi setelah 10 menit pengujian, dengan kata lain penggunaan konsumsi energi tersebut dapat dikonversi menjadi emisi energi CO₂. Kolom kelima merupakan interval energi yang dibutuhkan setiap menit. Kolom ke 6 merupakan informasi dari *temperature* pada *core* pertama. Kolom ke 7 merupakan informasi dari *temperature* pada *core* kedua. Kolom 8 merupakan rata-rata dari kolom ke 6 dan 7.

Tabel 4.12 Hasil pengujian *Normal voltage* pada sistem operasi *Linux*

No.	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) [kW]	WP+: Integrated active power (consumption) [kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption)[kWh]	Core Temp		
					Core 0	Core 1	Average
					[°C]	[°C]	[°C]
1	2	3	4	5	6	7	8
	15:52:09		0,000000		61	62	61,5
1	15:53:09	0,05720	0,000953	0,000953	98	98	98
2	15:54:09	0,04834	0,001759	0,000806	98	98	98
3	15:55:09	0,04312	0,002477	0,000719	98	98	98
4	15:56:09	0,04102	0,003161	0,000684	98	98	98
5	15:57:09	0,03976	0,003824	0,000663	98	98	98
6	15:58:09	0,03882	0,004471	0,000647	98	98	98
7	15:59:09	0,03806	0,005105	0,000634	98	98	98
8	16:00:09	0,03764	0,005733	0,000627	98	98	98
9	16:01:09	0,03721	0,006353	0,000620	98	98	98
10	16:02:09	0,03675	0,006965	0,000612	98	98	98
Average		0,041792		0,000697			

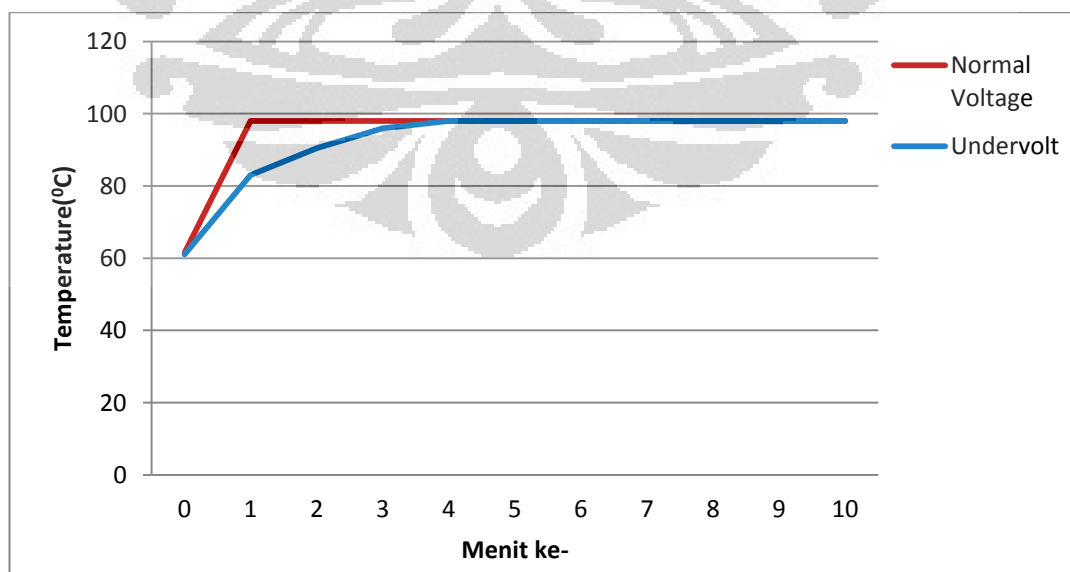
Tabel 4.12 merupakan hasil pengujian *normal voltage* pada sistem operasi *Linux Ubuntu 11.04* dari pengolahan data pada Lampiran 8-13. Selama 10 menit pengujian dengan melakukan *stress testing* diperoleh konsumsi energi sebesar 0,006965 kWh. Bilamana dikalkulasikan menjadi 1 jam maka harus dikalikan 6, akan diperoleh 0,039936 kWh.

Tabel 4.13 Hasil pengujian *undervolt* pada sistem operasi *Linux*

No.	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) [kW]	WP+: Integrated active power (consumption) [kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption)[kWh]	Core Temp		
					Core 0	Core 1	Average
					[°C]	[°C]	[°C]
1	2	3	4	5	6	7	8
	16:29:34		0,000000		61	61	61
1	16:30:34	0,04042	0,000673	0,000673	75	77	76
2	16:31:34	0,04097	0,001356	0,000683	82	84	83
3	16:32:34	0,04140	0,002046	0,000690	90	91	90,5
4	16:33:34	0,04186	0,002744	0,000698	96	96	96
5	16:34:34	0,04229	0,003449	0,000705	98	98	98
6	16:35:34	0,04051	0,004124	0,000675	98	98	98
7	16:36:34	0,03902	0,004774	0,000650	98	98	98
8	16:37:34	0,03813	0,005410	0,000636	98	98	98
9	16:38:34	0,03763	0,006037	0,000627	98	98	98
10	16:39:34	0,03711	0,006656	0,000619	98	98	98
	Average	0,03993		0,000666			

Tabel 4.13 merupakan salah satu hasil percobaan pada implementasi *green computing* menggunakan metode *undervolt*. Dengan metode ini dapat diperoleh konsumsi energi selama 10 menit sebanyak 0,006656 kWh, dan dalam kurun waktu 1 jam, akan diperoleh 0,040926 kWh.

Perbedaan waktu untuk mencapai *temperature* maksimum antara *normal voltage* dan *undervolt* dijelaskan pada Gambar 4.7.

Gambar 4.7 Grafik Perbedaan *temperature* antara *normal voltage* dan *undervolt* pada *Ubuntu 11.04*

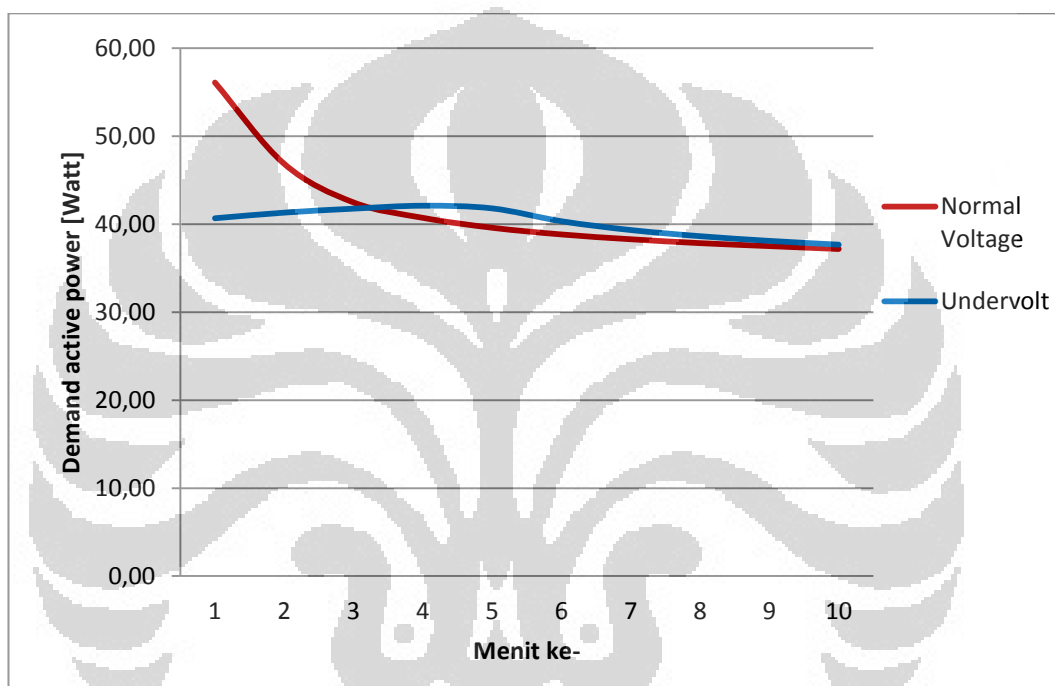
Gambar 4.7 merupakan perbandingan *temperature* saat proses *stress testing* antara *normal voltage* dan *undervolt*. Dapat diamati bahwa *temperature* pada *normal voltage* lebih cepat mencapai *temperature* maksimum, yakni 98 °C pada prosesor. Sedangkan pada metode *undervolt* dapat mencapai *temperature* maksimum dengan waktu kurang lebih 4 menit sejak proses *stress testing* dimulai.

Tabel 4.14 Perbandingan penggunaan daya aktif pada pengujian menggunakan metode *normal voltage* dan metode *undervolt*.

Menit ke-	P_DEM: Demand active power (consumption) , NORMAL[Watt]										
	Pengujian ke-										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	57,20	56,56	56,40	54,74	56,30	56,62	55,63	55,37	57,05	56,85	56,10
2	48,34	46,22	53,30	44,15	46,21	46,79	45,00	44,82	50,38	47,18	46,85
3	43,12	41,86	45,40	41,11	42,48	42,46	41,71	41,64	44,21	42,92	42,47
4	41,02	40,06	42,80	39,71	40,85	40,81	40,29	40,24	42,08	41,11	40,72
5	39,76	38,86	41,20	38,96	39,83	39,62	39,32	39,21	40,87	39,94	39,60
6	38,82	38,13	40,20	38,28	39,13	38,85	38,65	38,61	39,96	39,28	38,83
7	38,06	37,50	39,50	37,91	38,71	38,30	38,19	38,14	39,35	38,75	38,29
8	37,64	37,11	38,60	37,65	38,27	37,85	37,85	37,80	38,80	38,32	37,85
9	37,21	36,67	38,20	37,49	37,88	37,52	37,58	37,53	38,36	38,01	37,51
10	36,75	36,30	37,60	37,30	37,53	37,25	37,36	37,35	38,00	37,75	37,18
Menit ke-	P_DEM: Demand active power (consumption) , UNDER[Watt]										
	Pengujian ke-										Rata-Rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	40,42	40,85	40,90	40,88	40,59	40,73	40,44	41,05	40,12	40,77	40,68
2	40,97	41,57	41,60	41,42	41,14	41,50	41,00	41,65	40,81	41,50	41,32
3	41,40	41,84	42,10	41,83	41,59	41,98	41,59	42,09	41,20	42,04	41,77
4	41,86	42,21	42,30	42,25	41,99	42,28	42,06	42,25	41,33	42,48	42,10
5	42,29	41,77	42,40	41,59	42,22	41,88	42,46	40,51	41,72	41,14	41,80
6	40,51	39,62	40,30	39,88	40,64	40,22	41,23	39,28	42,12	39,55	40,34
7	39,02	38,45	39,00	38,95	39,43	39,08	39,82	38,59	42,37	38,65	39,34
8	38,13	37,78	38,20	38,44	38,81	38,51	39,04	38,08	41,19	38,21	38,64
9	37,63	37,21	37,60	38,05	38,40	38,06	38,57	37,62	40,07	37,82	38,10
10	37,11	36,68	37,10	37,66	37,89	37,76	38,12	37,49	39,42	37,51	37,67

Tabel 4.14 merupakan hasil pengujian penggunaan daya aktif pada *normal voltage* dan *undervolt* pada sistem operasi *Ubuntu 11.04* dari pengolahan data pada Lampiran 8-13. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan stress testing dan sesuai dengan prosedur pada 3.3.3, kolom Rata-rata tersebut diplot pada Gambar 4.2 sebagai sumbu Y.

Gambar 4.8 merupakan grafik perbandingan penggunaan daya aktif pada pengujian *normal voltage* dan *undervolt*.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan kebutuhan konsumsi daya aktif antara *Normal voltage* dan *Undervolt*

Dari grafik pada Gambar 4.8 dapat dianalisa bahwa pada tahap pengujian dalam *normal voltage* memiliki konsumsi daya aktif yang cukup tinggi selama 3 menit untuk mencapai kestabilan, lalu konsumsi daya aktif tersebut akan terus menurun seiring berjalannya waktu pengujian. Pada tahap pengujian dengan metode *undervolt* akan membutuhkan konsumsi daya aktif yang meningkat pada 5 menit pertama, kemudian berangsur turun kembali hingga stabil menyerupai konsumsi daya aktif pada tahap *normal voltage*.

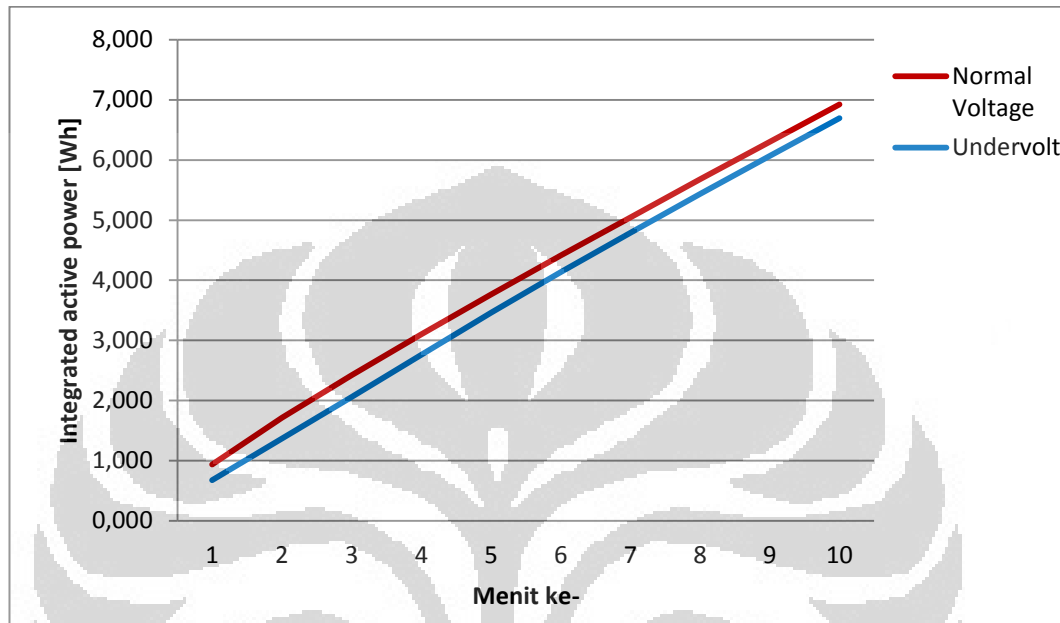
Tabel 4.15 Perbandingan konsumsi daya total pada pengujian menggunakan *normal voltage* dan metode *undervolt*.

Menit ke-	WP+: Integrated active power (consumption) , UNDER[Wh]										
	Pengujian ke-										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,953	0,943	0,940	0,912	0,938	0,944	0,927	0,923	0,951	0,947	0,935
2	1,759	1,713	1,830	1,648	1,709	1,724	1,677	1,670	1,790	1,734	1,716
3	2,477	2,411	2,590	2,333	2,417	2,431	2,372	2,364	2,527	2,449	2,424
4	3,161	3,078	3,300	2,995	3,097	3,111	3,044	3,034	3,229	3,134	3,103
5	3,824	3,726	3,990	3,644	3,761	3,771	3,699	3,688	3,910	3,800	3,763
6	4,471	4,361	4,660	4,282	4,413	4,419	4,343	4,332	4,576	4,455	4,410
7	5,105	4,986	5,310	4,914	5,059	5,057	4,980	4,967	5,231	5,101	5,047
8	5,733	5,605	5,960	5,542	5,696	5,688	5,610	5,597	5,878	5,739	5,679
9	6,353	6,216	6,590	6,166	6,328	6,314	6,237	6,223	6,518	6,373	6,303
10	6,965	6,821	7,220	6,788	6,953	6,934	6,860	6,845	7,151	7,002	6,923
Menit ke-	WP+: Integrated active power (consumption) , UNDER[Wh]										
	Pengujian ke-										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,673	0,681	0,680	0,681	0,677	0,679	0,674	0,684	0,669	0,679	0,678
2	1,356	1,374	1,370	1,372	1,362	1,370	1,358	1,378	1,349	1,371	1,366
3	2,046	2,071	2,070	2,069	2,055	2,070	2,051	2,080	2,035	2,072	2,062
4	2,744	2,774	2,780	2,773	2,755	2,775	2,752	2,784	2,724	2,780	2,764
5	3,449	3,471	3,490	3,466	3,459	3,473	3,460	3,459	3,420	3,465	3,461
6	4,124	4,131	4,160	4,131	4,136	4,143	4,147	4,114	4,122	4,125	4,133
7	4,774	4,772	4,810	4,780	4,793	4,794	4,810	4,757	4,828	4,769	4,789
8	5,410	5,401	5,450	5,420	5,440	5,436	5,461	5,392	5,514	5,406	5,433
9	6,037	6,021	6,070	6,054	6,080	6,071	6,104	6,019	6,182	6,036	6,067
10	6,656	6,633	6,690	6,682	6,712	6,700	6,739	6,643	6,839	6,661	6,696

Tabel 4.15 merupakan hasil pengujian penggunaan daya aktif pada *normal voltage* dan *undervolt* pada sistem operasi *Ubuntu 11.04* dari pengolahan data pada Lampiran 8-13. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan stress testing dan sesuai dengan prosedur pada 3.3.3, kolom Rata-rata tersebut diplot pada Gambar 4.3 sebagai sumbu *Y*. Nilai 6.923 kWh pada *normal voltage* dan 6.696kWh pada

undervolt akan menjadi acuan dalam perhitungan mencari efisiensi emisi karbon (CO_2) pada Subbab 4.5.

Perbandingan konsumsi yang terkumulasi selama 10 menit pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik perbandingan konsumsi energi total antara *Normal voltage* dan *Undervolt*

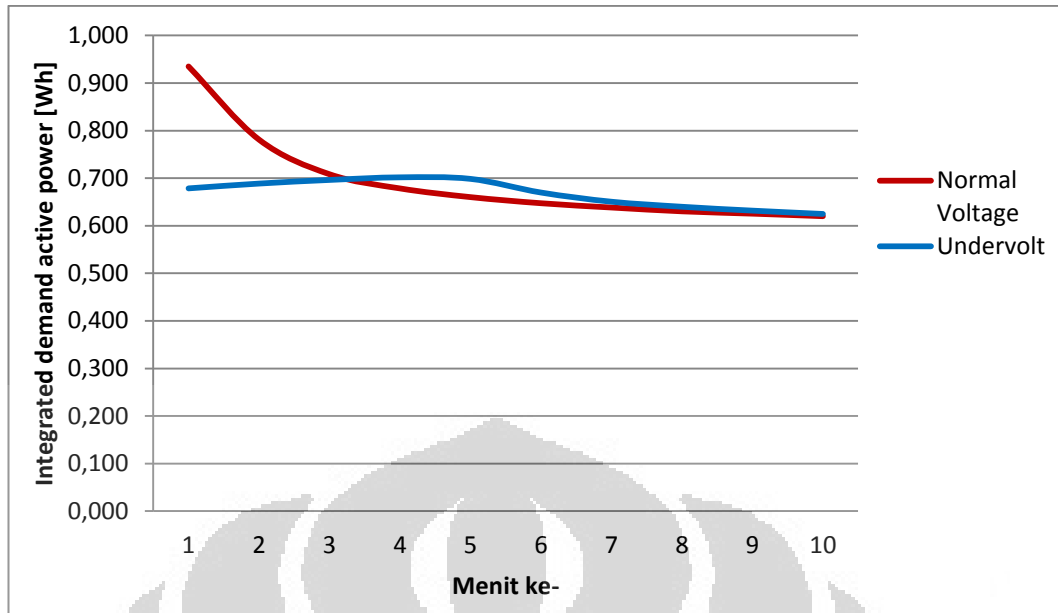
Dari grafik pada Gambar 4.9 dapat dianalisa bahwa pada tahap pengujian dalam *normal voltage* dan *undervolt* dalam konsumsi daya total akan terus meningkat sesuai dengan besarnya waktu. Namun, Metode *Undervolt* akan memiliki tingkat penggunaan energi yang relatif rendah. Dengan menghitung total perbedaan konsumsi energi antara *normal voltage* dengan *undervolt* dapat diperoleh berapa energi yang dapat dihemat ataupun emisi karbon yang dapat diselamatkan, serta persentase perbandingan keduanya untuk analisa lebih lanjut. Hasil persentase tersebut yang nantinya akan menjadi perhitungan kalkulasi emisi karbon CO_2 pada subbab 4.5.

Tabel 4.16 Perbandingan penggunaan daya aktif per menit pada *Normal voltage* dan *Undervolt*.

Menit ke-	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption),NORMAL [Wh]										
	Pengujian ke-										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,953	0,943	0,940	0,912	0,938	0,944	0,927	0,923	0,951	0,947	0,935
2	0,806	0,770	0,890	0,736	0,770	0,780	0,750	0,747	0,840	0,787	0,781
3	0,719	0,698	0,760	0,685	0,708	0,708	0,695	0,694	0,737	0,715	0,708
4	0,684	0,668	0,710	0,662	0,681	0,680	0,672	0,671	0,701	0,685	0,679
5	0,663	0,648	0,690	0,649	0,664	0,660	0,655	0,653	0,681	0,666	0,660
6	0,647	0,636	0,670	0,638	0,652	0,648	0,644	0,644	0,666	0,655	0,647
7	0,634	0,625	0,660	0,632	0,645	0,638	0,637	0,636	0,656	0,646	0,638
8	0,627	0,619	0,640	0,627	0,638	0,631	0,631	0,630	0,647	0,639	0,630
9	0,620	0,611	0,640	0,625	0,631	0,625	0,626	0,626	0,639	0,633	0,626
10	0,612	0,605	0,630	0,622	0,625	0,621	0,623	0,623	0,633	0,629	0,620

Menit ke-	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption), UNDER [Wh]										
	Pengujian ke-										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,673	0,681	0,680	0,681	0,677	0,679	0,674	0,684	0,669	0,679	0,679
2	0,683	0,693	0,690	0,690	0,686	0,691	0,683	0,694	0,680	0,692	0,689
3	0,690	0,697	0,700	0,697	0,693	0,700	0,693	0,701	0,686	0,701	0,696
4	0,698	0,703	0,700	0,704	0,700	0,705	0,701	0,704	0,689	0,708	0,702
5	0,705	0,696	0,710	0,693	0,704	0,698	0,708	0,675	0,695	0,686	0,699
6	0,675	0,660	0,670	0,665	0,677	0,670	0,687	0,655	0,702	0,659	0,670
7	0,650	0,641	0,650	0,649	0,657	0,651	0,664	0,643	0,706	0,644	0,651
8	0,636	0,629	0,640	0,640	0,647	0,642	0,651	0,635	0,686	0,637	0,640
9	0,627	0,620	0,630	0,634	0,640	0,634	0,643	0,627	0,668	0,630	0,632
10	0,619	0,611	0,620	0,628	0,632	0,629	0,635	0,625	0,657	0,625	0,625

Tabel 4.16 merupakan hasil pengujian penggunaan *interval* daya aktif per menit selama pengujian pada *normal voltage* dan *undervolt* pada sistem operasi *Ubuntu 11.04*. Pengujian dilakukan selama 10 menit dengan stress testing dan sesuai dengan prosedur pada 3.3.3, kolom Rata-rata tersebut diplot pada Gambar 4.10 sebagai sumbu Y.



Gambar 4.10 Grafik perbandingan penggunaan daya aktif setiap menit pada *Normal voltage* dan *Undervolt*

Interval daya aktif selama pengujian pada *normal voltage* berbeda dengan metode *undervolt* pada saat mulai pengujian pada Gambar 4.10. Penggunaan daya aktif setiap menit pada *normal voltage* memiliki konsumsi daya aktif yang cukup tinggi selama 3 menit untuk mencapai kestabilan, lalu konsumsi daya aktif tersebut akan terus menurun seiring berjalannya waktu pengujian. Pada tahap pengujian dengan metode *undervolt* akan membutuhkan konsumsi daya aktif yang meningkat pada 5 menit pertama, kemudian akan turun kembali hingga stabil menyerupai konsumsi daya aktif pada tahap *normal voltage* dari menit ke-7.

Setelah berhasil mendapatkan perbandingan konsumsi daya antara *normal voltage* dengan metode *Undervolt*. Maka untuk membuktikan bahwa performa tidak akan berpengaruh terhadap metode *undervolt* dibandingkan dengan metode *normal voltage* seperti pada [3]. Selanjutnya akan dilakukan pengujian performa pada kedua prosesor menggunakan script untuk menghitung π yang akan dijalankan pada *terminal*.

4.4 Perbandingan Performa antara *Normal voltage* dengan *Undervolt* pada Sistem Operasi *Linux Ubuntu 11.04*

Setelah berhasil mendapatkan perbandingan konsumsi daya antara *normal voltage* dengan metode *Undervolt*. Maka untuk membuktikan bahwa performa tidak akan

berpengaruh terhadap metode *undervolt* dibandingkan dengan metode *normal voltage* seperti pada [3]. Selanjutnya akan dilakukan pengujian performa pada kedua prosesor menggunakan *script* untuk menghitung *pi* berdasarkan satuan waktu.

Berdasarkan dari forum [21] untuk simulasi cara menghitung performa suatu prosesor dengan cara melakukan simulasi pada CPU untuk menghitung *pi*. Buat folder sementara dan jalankan sebuah perintah di *terminal* untuk menjalankan *script* tersebut.

```
gcc -o pi.c -lm
```

Untuk menjalankan dan mulai menghitung waktu penyelesaian perhitungan 100000 *digits pi* maka jalankan perintah dalam terminal.

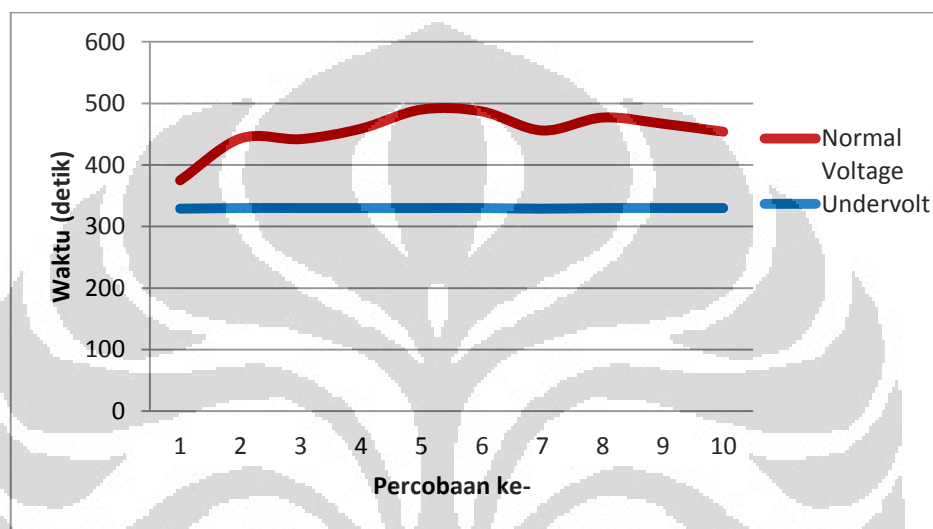
```
./pi100000
```

Setelah melakukan benchmarking sebanyak 10x perhitungan pada *normal voltage* dan *undervolt*, dapat diperoleh hasil seperti Tabel 4.17 yang merupakan hasil pengukuran pada prosesor *Intel Core 2Duo T5750* menggunakan sistem operasi *Ubuntu 11.04*.

Tabel 4.17 Hasil *benchmarking* pada *normal voltage* dan menggunakan metode *undervolt* pada 10x perhitungan.

No.	<i>Digits pi</i>	Disable Service	Waktu yang dibutuhkan (detik)	
			<i>Normal</i>	<i>Under</i>
1	100000	audio	375	329
2	100000	audio	443	330
3	100000	audio	442	330
4	100000	audio	459	330
5	100000	audio	490	330
6	100000	audio	487	330
7	100000	audio	456	329
8	100000	audio	477	330
9	100000	audio	467	330
10	100000	audio	454	330
Rata-rata			455	319,8

Tabel 4.17 merupakan rangkuman dari hasil perhitungan performa π menggunakan *script* pada *normal voltage* dan metode *undervolt*. Prosedur yang digunakan ialah dengan menonkatifkan fungsi suara serta mematikan aplikasi yang dapat mengganggu proses perhitungan dan yang terpenting ialah mengatur *digits pi* yang akan dihitung yakni sebanyak 100000 *decimal digits pi*. Grafik perbandingan waktu antara *normal voltage* dan metode *undervolt* ditunjukkan pada Gambar 4.11



Gambar 4.11 Grafik perbandingan waktu pada CPU

Pada Gambar grafik merupakan hasil *benchmarking* menggunakan metode *undervolt* dengan mode perhitungan *digits pi* sebanyak 100000 *digits*. Waktu rata-rata yang dibutuhkan pada *normal voltage* selama 455 detik. Sedangkan waktu yang dibutuhkan pada metode *undervolt* selama 319.8 detik. Dengan kata lain metode *undervolt* lebih cepat 27.5% dari *normal voltage*. Hal ini justru bertentangan pada teori yang terdapat pada [3]. Pada jurnal tersebut disebutkan bahwa performa tidak akan berpengaruh terhadap metode *undervolt* dibandingkan dengan metode *normal voltage*. Perlu ditinjau kembali bahwa *undervolt* justru mempercepat performa suatu prosesor dalam konteks untuk menghitung π .

Pada saat melakukan pengujian didapatkan beberapa informasi dari Program *Sytem monitor*, *Xsensors*, dan *lm-sensors*. Informasi tersebut dirangkum dalam Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Informasi dan kondisi CPU keadaan *idle* (*Normal voltage*) dan (*Undervolt*)

Condition	Core Type	Temperature		Load	VID	Frequency
		Current	Critical			
Normal	Core 1	60 °C	100 °C	7.9%	0.9500 v	1000MHz
	Core 0	61 °C	100 °C	2%	0.9500 v	1000MHz
Undervolt	Core 1	57 °C	100 °C	2%	0,7750 v	1000MHz
	Core 0	57 °C	100 °C	6%	0,7750 v	1000MHz

Berdasarkan Tabel dapat dianalisa bahwa pada *normal voltage* keadaan *idle* suatu prosesor *Intel Core 2Duo T5750 (Merom-2M)* memiliki *temperature* rata-rata 60.5⁰C sedangkan pada *undervolt* memiliki rata-rata sebesar 57⁰C. Keadaan *Idle* tersebut ditunjukkan pada *load* prosesor yang kecil pada *Core 1* sebanyak 7.9% dan 2% pada *Core 0*, Besarnya *load* tersebut didapatkan dengan menjalankan Program *Sytem monitor*, *Xsensors*, dan *lm-sensors* pada *background*. Perbedaan *temperature* saat kondisi *idle* antara *normal voltage* dan *undervolt* sebesar 3.5 ⁰C ini didapatkan dari rata-rata prosesor tiap *core*.

Berdasarkan informasi dari Tabel 4.19 dapat ditunjukkan bahwa kondisi *normal voltage* dan metode *Undervolt* bekerja dengan frekuensi 1GHz, di mana nilai minimum VID untuk *normal voltage* sebesar 0.9500 v dan metode *Undervolt* sebesar 0.7750 v.

Tabel 4.19 Informasi dan *temperature* CPU pada Program *Core Temp* keadaan *stress testing (Normal voltage)*

Condition	Tipe Core	Temperature		Load	VID	Frequency
		Current	Critical			
Normal	Core 1	98 °C	100 °C	100%	0.9500 v	1000MHz
	Core 0	98 °C	100 °C	100%	0.9500 v	1000MHz
Undervolt	Core 1	98 °C	100 °C	100%	0,7750 v	1000MHz
	Core 0	98 °C	100 °C	100%	0,7750 v	1000MHz

Berdasarkan Tabel 4.19 dapat dianalisa bahwa pada *normal voltage* keadaan *stress testing* suatu prosesor *Intel Core 2Duo T5750 (Merom-2M)* memiliki

temperature maksimal pada kedua metode tersebut sebesar 98⁰C dan *temperature critical* pada 100⁰C. Keadaan *stress testing* tersebut ditunjukkan pada *load* prosesor yang maksimum pada kedua *Core* yakni 100%. Besarnya *load* tersebut didapatkan dengan menjalankan perintah *cpuburn 2x* pada *terminal*.

Pada kondisi *normal voltage* sesekali didapatkan bahwa *temperature* setelah pada saat menjelang selesainya *stress testing* pernah menembus angka 100⁰C dan munculnya peringatan “alarm” pada *lm-sensors*. Kenaikan *temperature* tersebut kembali stabil pada *temperature* 98⁰C.

Perbedaan antara konsumsi energi selama pengujian dapat ditinjau lebih dalam dengan menghitung konsumsi energi yang digunakan menggunakan alat *power quality analyzer hioki 3169-20*.

4.5 Kalkulasi Emisi Karbon (CO₂) dan Kalkulasi efisiensi energi

Setelah mendapatkan data dari pengukuran konsumsi energi, maka dapat diketahui seberapa besar sumbangan emisi karbon yang dapat diberikan kepada lingkungan. Sudah banyak aplikasi yang dikembangkan untuk menjadi alat bantu pengukuran emisi karbon seperti kalkulator karbon. Pengukuran jejak karbon memiliki tujuan untuk mengukur paparan karbon akibat gaya hidup dan konsumsi langsung individual atau kelompok terhadap sesuatu. Dalam penelitian ini, penghitungan emisi karbon akan dilakukan dengan rumus nilai kWh dikalikan dengan faktor emisi (kgCO₂/kWh). Untuk pengukuran emisi karbon pada penelitian ini digunakan faktor emisi berdasarkan pada dokumentasi Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (PERSERO) 2011 - 2020 untuk sistem listrik regional Jawa Madura Bali tahun 2012 yakni 0,756 kgCO₂/kWh.

4.5.1 Kalkulasi Emisi Karbon (CO₂) dan Efisiensi Energi pada Sistem Operasi Windows 7

Diasumsikan bilamana *Laptop* digunakan selama 10 menit akan dibandingkan antara yang diimplementasikan metode *undervolt* dengan *normal voltage*. Nilai 6.529 Wh pada *normal voltage* dan 6.113 Wh pada *undervolt* akan menjadi acuan dalam perhitungan mencari efisiensi emisi karbon (CO₂) [22].

$$\text{Emisi karbon} = \text{Faktor emisi karbon} \times \text{Energi} \quad (4.1)$$

Emisi karbon yang dikonsumsi sebanyak:

Emisi Karbon *normal voltage*:

$$0.756 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \times 6.529 \text{ Wh} = 4.935924 \text{ gCO}_2$$

Emisi Karbon *Undervolt*:

$$0.756 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \times 6.113 \text{ kWh} = 4.621428 \text{ gCO}_2$$

Dengan diperoleh hasil perbandingan antara emisi karbon pada *normal voltage* dan *undervolt*. Maka dapat dihitung efisiensi yang didapat sebesar:

$$\text{Persentase efisiensi} = \left| \frac{\text{nilai normal voltage} - \text{nilai undervolt}}{\text{nilai normal voltage}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Persentase efisiensi} = \left| \frac{4.935924 \text{ gCO}_2 - 4.621428 \text{ gCO}_2}{4.935924 \text{ gCO}_2} \right| \times 100\% = 6.37\%$$

4.5.2 Kalkulasi Emisi Karbon (CO₂) dan Efisiensi Energi pada Sistem Operasi *Linux Ubuntu 11.04*

Diasumsikan bilamana *Laptop* digunakan selama 10 menit dan akan dibandingkan antara yang menggunakan metode *undervolt* dengan *normal voltage*. Nilai 6.923 kWh pada *normal voltage* dan 6.696 kWh pada *undervolt* akan menjadi acuan dalam perhitungan mencari efisiensi emisi karbon (CO₂) [22]. Dengan menggunakan persamaan (4.1) Emisi karbon yang dikonsumsi dapat diketahui.

Emisi Karbon *normal voltage*:

$$0.756 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \times 6.923 \text{ kWh} = 5.233977 \text{ gCO}_2$$

Emisi Karbon *Undervolt*:

$$0.756 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \times 6.696 \text{ kWh} = 5.061798 \text{ gCO}_2$$

Dengan diperoleh hasil perbandingan antara emisi karbon pada *normal voltage* dan *undervolt*. Maka dapat dihitung efisiensi yang didapat sebesar:

$$\text{Persentase efisiensi} = \left| \frac{5.233977 \text{ gCO}_2 - 5.061798 \text{ gCO}_2}{5.233977 \text{ gCO}_2} \right| \times 100\% = 3.29\%$$

BAB V

KESIMPULAN

Dari penelitian dan pengukuran dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Sistem operasi *Windows 7* memiliki efisiensi energi yang lebih baik daripada *Linux Ubuntu 11.04*, Karena Sistem operasi *Windows* setelah mengimplementasikan metode *undervolt* diperoleh angka persentase efisiensi sebesar 6.37% dan pada *Ubuntu* sebesar 3.29%. Hal ini terjadi karena penurunan voltase pada setiap *multiplier* sistem operasi windows 7 lebih banyak pada setiap FIDs, terdapat 7 step FIDs yang dapat dioptimasi. Sedangkan pada sistem ubuntu hanya terdapat 4 step FIDs yang diturunkan voltasenya.
2. Hasil perhitungan membuktikan terdapat perbedaan performa pada sistem operasi *Windows 7* selama 0.01 detik. Sedangkan, pada sistem operasi *Linux Ubuntu 11.04* memiliki performa lebih baik, di mana metode *undervolt* justru mempercepat performa suatu prosesor sebesar 27.52% dalam lingkup menghitung *digits pi*. Rata-rata proses perhitungan *Normal voltage* 455 detik dan pada *Undervolt* selama 319,8 detik.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Janardhan.C.N, Hemanth Kumar.M.P., Ramakrihna Prasad A L., Kiran. N., Gurudath.C., "Green computing: An Energy Conservation approach on IT and E-Waste Minimization," Published by Coimbatore Institute of Information Technology
- [2] Energy Star, "About Energy Star" (https://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_index) diakses tanggal 10 Juni 2011
- [3] Jun Wang, Ling Feng, Wenwei Xue, Zhanjiang Song, "A Survey on Energy-Efficient Data Management, " SIGMOD Record, June 2011 (Vol. 40, No. 2) 17
- [4] Underclock and undervolt, "making your PC more Green" (balintmaci."Re:To put this to an end". Online posting. 24 April 2012.
Dunavarsány.24th April 2012 <<http://forum.xda-developers.com/archive/index.php/t-1398819-p-28.html>>
Notorious544d "[CM7 ROM] ☆ Neutrino ROM V2.8 ☆ [28/05]" Online posting 18th December 2011.) diakses tanggal 10 Juni 2011
- [5] "Green computing" (<http://gicara.com/uncategorized/apa-yang-dimaksud-dengan-green-computing.html>) diakses tanggal 29 Juni 2011
- [6] Greenhouse Gas Emissions and Operational Electricity Use in the ICT and Entertainment & Media Sectors
- [7] Li, Qilin. 2011. The Survey and Future Evolution of Green computing, 2011. ACM International Conference on Green computing and Communications. P.230.
- [8] Turban, E; King, D; Lee, J; Viehland, D (2008). "Chapter 19: Building E-Commerce Applications and Infrastructure". Electronic Commerce A Managerial Perspective (5th ed.). Prentice-Hall. pp. 27.
- [9] "Green computing" (http://repository.upnyk.ac.id/1972/1/4_IWAN_optimalisasi_kinerja_komputer_menggunakan_processor_tunggal.pdf) Diakses tanggal 29 Juli 2012
- [10] "Persentase persimpangan "
http://sitrapil.ui.ac.id/elaboratory/file.php/1/Angka_Penting_dan_Pengolahan_Data.pdf diakses tanggal 28 Juni 2012

- [11] “Sistem Operasi Komputer” (<http://www.p-troy.com/2012/pengertian-sistem-operasi-komputer/>) Diakses pada: 29 Juli 2012.
- [12] “Sejarah singkat Windows”(<http://id.shvoong.com/internet-and-technologies/software/1993651-sejarah-singkat-Windows/>) Diakses pada: 6 Juni 2012.
- [13] “Kelebihan dan kekurangan Windows” (<http://sobatpc.com/kelebihan-dan-kekurangan-Windows-7/>) Diakses pada: 11 Juni 2012.
- [14] “Sejarah Singkat Linux” (<http://directory.umm.ac.id/Operating%20System%20Ebook/SUSE/suse4.pdf>) Diakses pada: 29 Juni 2012.
- [15] “Sistem Operasi Linux” (<http://id.shvoong.com/internet-and-technologies/1854425-sistem-operasi-Linux/#ixzz1wwRmvhk5>) Diakses pada: 6 Juni 2012.
- [16] “Kelebihan dan kekurangan Ubuntu” (<http://www.akakom.ac.id/download/ebook/linux/makalah%20final%20LINUX.doc>) Diakses pada: 29 Juni 2012
- [17] “Perbedaan dan persamaan aplikasi:Linux VS Windows” (<http://anjarlinux.staff.uns.ac.id/2008/10/06/perbedaan-dan-persamaan-aplikasilinux-vs-windows-2/>) Diakses pada: 29 Juni 2012
- [18] Deksiberu."[sharing]undervolt di laptop biar lebih adem dan hemat batere" Online posting 04-Januari-2010 19:03 >chip online id forum 04-Januari-2010. <<http://forum.chip.co.id/showthread.php?t=147194&s=cac9acaf438491630f757b853dc576ad>>
- [19] “Spesifikasi Hioki Power Quality Analyzer” (http://www.hioki.com/download/soft/d_list.html) Diakses pada: 1 Mei 2012
- [20] “Metode Undervolt pada Ubuntu 11.04” (<http://openmindedbrain.info/26/10/2010/undervolting-in-ubuntu-10-10-maverick/>) Diakses pada: 29 Juni 2012
- [21] “Menghitung digit pi pada Ubuntu” (Partier, Spankin. "Re: Benchmarks for linux?". Online posting. 04 September 2005 Southern Ontario. 04 September 2005 <http://forums.pcper.com/showthread.php?t=%20385754> ripple "Benchmarks for linux?". Online posting 04 September 2005.) Diakses pada: 11 Juni 2012
- [22] Ainun Jariyah, Perbandingan Full Virtualization dan Paravirtualization untuk Mendukung Efisiensi Energi, Januari 2012

LAMPIRAN 1

Source code yang digunakan untuk menghitung *digits* pi pada *Ubuntu*.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/time.h>
#include <unistd.h>

long secstart, usecstart;
long kf, ks;
long *mf, *ms;
long cnt, n, temp, nd;
long i;
long col, coll;
long loc, stor[40];

void shift(long *l1, long *l2, long lp, long lmod)
{
    long k;
    k = ((*l2) > 0 ? (*l2) / lmod : -(*l2) / lmod) - 1;
    *l2 -= k * lmod;
    *l1 += k * lp;
}

void yprint(long m)
{
    if (cnt < n)
    {
        if (++col == 11)
        {
            col = 1;
            if (++coll == 6)
            {
                coll = 0;
                printf("\n");
                printf("%4ld", m%10);
            }
            else printf("%3ld", m%10);
        }
        else printf("%ld", m);
        cnt++;
    }
}

void xprint(long m)
{
    long ii, wk, wk1;

    if (m < 8)
```

```

{
    for (ii = 1; ii <= loc; )
        yprint(stor[(int)(ii++)]);
    loc = 0;
}
else
{
    if (m > 9)
    {
        wk = m / 10;
        m %= 10;
        for (wk1 = loc; wk1 >= 1; wk1--)
        {
            wk += stor[(int)wk1];
            stor[(int)wk1] = wk % 10;
            wk /= 10;
        }
    }
    stor[(int)(++loc)] = m;
}
}

void memerr(int errno)
{
    printf("\a\nOut of memory error #%d\n", errno);
    if (2 == errno)
        free(mf);
    _exit(2);
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    int i=0;
    char *endp;

    stor[i++] = 0;
    if (argc < 2)
    {
        puts("\aUsage: PI<number_of_digits>");
        return(1);
    }
    n = strtol(argv[1], &endp, 10);
    mf = malloc((size_t)(n + 3L)*(size_t)sizeof(long));
    if (!mf)
        memerr(1);
    ms = malloc((size_t)(n + 3L)*(size_t)sizeof(long));
    if (!ms)
        memerr(2);
    printf("\nApproximation of PI to %ld digits\n",
(long)n);

    struct timeval tv;
    struct timezone tz;

```

```

        gettimeofday(&tv, &tz);
        secstart=tv.tv_sec;
        usecstart=tv.tv_usec;
    cnt = 0;
    kf = 25;
    ks = 57121L;
    mf[1] = 1L;
    for (i = 2; i <= (int)n; i += 2)
    {
        mf[i] = -16L;
        mf[i+1] = 16L;
    }
    for (i = 1; i <= (int)n; i += 2)
    {
        ms[i] = -4L;
        ms[i+1] = 4L;
    }
    printf("\n 3.");
    while (cnt < n)
    {
        for (i = 0; ++i <= (int)n - (int)cnt; )
        {
            mf[i] *= 10L;
            ms[i] *= 10L;
        }
        for (i =(int) (n - cnt + 1); --i >= 2; )
        {
            Temp = 2 * i - 1;
            shift(&mf[i - 1], &mf[i], Temp - 2, Temp *
kf);
            shift(&ms[i - 1], &ms[i], Temp - 2, Temp *
ks);
        }
        nd = 0;
        shift((long *)&nd, &mf[1], 1L, 5L);
        shift((long *)&nd, &ms[1], 1L, 239L);
        xprint(nd);
    }
    printf("\n\nCalculations Completed!\n");
    gettimeofday(&tv, &tz);
    printf("Time: %ld seconds\n",tv.tv_sec-secstart);
    free(ms);
    free(mf);
    return(0);
}

```

LAMPIRAN 2

Hasil pengukuran konsumsi daya *Normal voltage* dan *Undervolt* pada Sistem Operasi *Windows 7 (64 bit)* menggunakan program *9625 Power Measurement Support Software*.

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE Time series data		Title NORMAL.CSV					
		Measurement period		14/05/2012 15:16:37 - 14/05/2012 15:26:37			
		Display period		14/05/2012 15:16:37 - 14/05/2012 15:26:37			
		Measurement interval		1 Minute	Data interval		1 Minute
		Comment					
Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL.CSV[kWh]			
Average value		0.03616		0.000601			
Maximum value		0.04863		0.000796			
Time of maximum value		14/05/2012 15:17:37		14/05/2012 15:17:37			
Minimum value		0.03225		0.000538			
Time of minimum value		14/05/2012 15:26:37		14/05/2012 15:26:37			
14/05/2012	15:16:37		0.000000				
	15:17:37	0.04863	0.000796	0.000796			
	15:18:37	0.03895	0.001446	0.000649			
	15:19:37	0.03655	0.002055	0.000609			
	15:20:37	0.03557	0.002648	0.000593			
	15:21:37	0.03573	0.003243	0.000596			
	15:22:37	0.03470	0.003821	0.000578			
	15:23:37	0.03341	0.004378	0.000557			
	15:24:37	0.03299	0.004928	0.000550			
	15:25:37	0.03282	0.005475	0.000547			
	15:26:37	0.03225	0.006012	0.000538			

Gambar 1. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-1 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE Time series data		Title UNDER.CSV					
		Measurement period		14/05/2012 15:29:22 - 14/05/2012 15:39:22			
		Display period		14/05/2012 15:29:22 - 14/05/2012 15:39:22			
		Measurement interval		1 Minute	Data interval		1 Minute
		Comment					
Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER.CSV[kWh]			
Average value		0.03219		0.000536			
Maximum value		0.03779		0.000630			
Time of maximum value		14/05/2012 15:30:22		14/05/2012 15:30:22			
Minimum value		0.03088		0.000515			
Time of minimum value		14/05/2012 15:39:22		14/05/2012 15:38:22			
14/05/2012	15:29:22		0.000000				
	15:30:22	0.03779	0.000630	0.000630			
	15:31:22	0.03323	0.001184	0.000554			
	15:32:22	0.03227	0.001721	0.000538			
	15:33:22	0.03183	0.002252	0.000531			
	15:34:22	0.03153	0.002777	0.000525			
	15:35:22	0.03129	0.003299	0.000521			
	15:36:22	0.03115	0.003818	0.000519			
	15:37:22	0.03098	0.004334	0.000516			
	15:38:22	0.03090	0.004849	0.000515			
	15:39:22	0.03088	0.005364	0.000515			

Gambar 2. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-1 *Undervolt* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL_CSV				
Time series data		Measurement period		14/05/2012 16:56:42 - 14/05/2012 17:06:42		
		Display period		14/05/2012 16:56:42 - 14/05/2012 17:06:42		
		Measurement interval		1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment				
Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_CSV[kWh]		
Average value		0.03547		0.000591		
Maximum value		0.04841		0.000807		
Time of maximum value		14/05/2012 16:57:42		14/05/2012 16:57:42		
Minimum value		0.03204		0.000534		
Time of minimum value		14/05/2012 17:06:42		14/05/2012 17:06:42		
14/05/2012	16:56:42		0.000000			
	16:57:42	0.04841	0.000807	0.000807		
	16:58:42	0.03842	0.001447	0.000640		
	16:59:42	0.03593	0.002046	0.000599		
	17:00:42	0.03477	0.002625	0.000579		
	17:01:42	0.03399	0.003192	0.000566		
	17:02:42	0.03341	0.003749	0.000557		
	17:03:42	0.03299	0.004299	0.000550		
	17:04:42	0.03251	0.004840	0.000542		
	17:05:42	0.03218	0.005377	0.000536		
	17:06:42	0.03204	0.005911	0.000534		

Gambar 3. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-2 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDERVLT.CSV				
Time series data		Measurement period		14/05/2012 17:23:12 - 14/05/2012 17:33:12		
		Display period		14/05/2012 17:23:12 - 14/05/2012 17:33:12		
		Measurement interval		1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment				
Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDERVLT.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDERVLT.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDERVLT.CSV[kWh]		
Average value		0.03343		0.000557		
Maximum value		0.03869		0.000645		
Time of maximum value		14/05/2012 17:24:12		14/05/2012 17:24:12		
Minimum value		0.03108		0.000518		
Time of minimum value		14/05/2012 17:33:12		14/05/2012 17:33:12		
14/05/2012	17:23:12		0.000000			
	17:24:12	0.03869	0.000645	0.000645		
	17:25:12	0.03836	0.001284	0.000639		
	17:26:12	0.03469	0.001862	0.000578		
	17:27:12	0.03302	0.002413	0.000550		
	17:28:12	0.03236	0.002952	0.000539		
	17:29:12	0.03192	0.003484	0.000532		
	17:30:12	0.03166	0.004012	0.000528		
	17:31:12	0.03141	0.004535	0.000524		
	17:32:12	0.03112	0.005054	0.000519		
	17:33:12	0.03108	0.005572	0.000518		

Gambar 4. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-2 *Undervolt* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NRML~.CSV					
Time series data		Measurement period		14/05/2012 18:04:41 - 14/05/2012 18:14:41			
		Display period		14/05/2012 18:04:41 - 14/05/2012 18:14:41			
		Measurement interval		1 Minute	Data interval		1 Minute
		Comment					

Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NRML~.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NRML~.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NRML~.CSV[kWh]
Average value		0.03455		0.000576
Maximum value		0.04657		0.000776
Time of maximum value		14/05/2012 18:05:41		14/05/2012 18:05:41
Minimum value		0.03159		0.000526
Time of minimum value		14/05/2012 18:14:41		14/05/2012 18:14:41
14/05/2012	18:04:41		0.000000	
	18:05:41	0.04657	0.000776	0.000776
	18:06:41	0.03727	0.001397	0.000621
	18:07:41	0.03457	0.001973	0.000576
	18:08:41	0.03371	0.002535	0.000562
	18:09:41	0.03311	0.003087	0.000552
	18:10:41	0.03264	0.003631	0.000544
	18:11:41	0.03230	0.004169	0.000538
	18:12:41	0.03203	0.004703	0.000534
	18:13:41	0.03172	0.005232	0.000529
	18:14:41	0.03159	0.005758	0.000526

Gambar 5. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-3 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNNDRVLT.CSV					
Time series data		Measurement period		14/05/2012 18:26:16 - 14/05/2012 18:36:16			
		Display period		14/05/2012 18:26:16 - 14/05/2012 18:36:16			
		Measurement interval		1 Minute	Data interval		1 Minute
		Comment					

Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNNDRVLT.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNNDRVLT.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNNDRVLT.CSV[kWh]
Average value		0.03286		0.000548
Maximum value		0.03955		0.000659
Time of maximum value		14/05/2012 18:27:16		14/05/2012 18:27:16
Minimum value		0.03092		0.000515
Time of minimum value		14/05/2012 18:36:16		14/05/2012 18:36:16
14/05/2012	18:26:16		0.000000	
	18:27:16	0.03955	0.000659	0.000659
	18:28:16	0.03587	0.001257	0.000598
	18:29:16	0.03305	0.001808	0.000551
	18:30:16	0.03222	0.002345	0.000537
	18:31:16	0.03176	0.002874	0.000529
	18:32:16	0.03154	0.003400	0.000526
	18:33:16	0.03133	0.003922	0.000522
	18:34:16	0.03124	0.004443	0.000521
	18:35:16	0.03111	0.004961	0.000518
	18:36:16	0.03092	0.005476	0.000515

Gambar 6. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-3 *Undervolt* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title			
Time series data		NORMAL-4.CSV			
		Measurement period		22/06/2012 11:02:00 - 22/06/2012 11:12:00	
		Display period		22/06/2012 11:02:00 - 22/06/2012 11:12:00	
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1, NORMAL-4.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1, NORMAL-4.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1, NORMAL-4.CSV[kWh]	
Average value		0.04088		0.000681	
Maximum value		0.05658		0.000943	
Time of maximum value		22/06/2012 11:03:00		22/06/2012 11:03:00	
Minimum value		0.03504		0.000584	
Time of minimum value		22/06/2012 11:12:00		22/06/2012 11:12:00	
22/06/2012	11:02:00		0.000000		
	11:03:00	0.05658	0.000943	0.000943	
	11:04:00	0.04937	0.001766	0.000823	
	11:05:00	0.04352	0.002491	0.000725	
	11:06:00	0.04036	0.003164	0.000673	
	11:07:00	0.03846	0.003805	0.000641	
	11:08:00	0.03740	0.004428	0.000623	
	11:09:00	0.03668	0.005039	0.000611	
	11:10:00	0.03599	0.005639	0.000600	
	11:11:00	0.03544	0.006230	0.000591	
	11:12:00	0.03504	0.006814	0.000584	

Gambar 7. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-4 *Normal voltage* pada Windows 7

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title			
Time series data		UNDER-4.CSV			
		Measurement period		22/06/2012 11:27:08 - 22/06/2012 11:37:08	
		Display period		22/06/2012 11:27:08 - 22/06/2012 11:37:08	
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1, UNDER-4.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1, UNDER-4.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1, UNDER-4.CSV[kWh]	
Average value		0.03786		0.000631	
Maximum value		0.04235		0.000706	
Time of maximum value		22/06/2012 11:29:08		22/06/2012 11:29:08	
Minimum value		0.03428		0.000571	
Time of minimum value		22/06/2012 11:37:08		22/06/2012 11:37:08	
22/06/2012	11:27:08		0.000000		
	11:28:08	0.04172	0.000695	0.000695	
	11:29:08	0.04235	0.001401	0.000706	
	11:30:08	0.04133	0.002090	0.000689	
	11:31:08	0.03863	0.002734	0.000644	
	11:32:08	0.03804	0.003368	0.000634	
	11:33:08	0.03735	0.003990	0.000622	
	11:34:08	0.03535	0.004579	0.000589	
	11:35:08	0.03500	0.005163	0.000583	
	11:36:08	0.03456	0.005739	0.000576	
	11:37:08	0.03428	0.006310	0.000571	

Gambar 8. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-4 *Undervolt* pada Windows 7

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title	NORMAL-5.CSV		
Time series data		Measurement period	22/06/2012 13:19:40 - 22/06/2012 13:29:40		
		Display period	22/06/2012 13:19:40 - 22/06/2012 13:29:40		
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-5.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-5.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-5.CSV[kWh]	
Average value		0.03996		0.000666	
Maximum value		0.04346		0.000724	
Time of maximum value		22/06/2012 13:24:40		22/06/2012 13:24:40	
Minimum value		0.03605		0.000601	
Time of minimum value		22/06/2012 13:29:40		22/06/2012 13:29:40	
22/06/2012	13:19:40		0.000000		
	13:20:40	0.04045	0.000674	0.000674	
	13:21:40	0.04108	0.001359	0.000685	
	13:22:40	0.04145	0.002050	0.000691	
	13:23:40	0.04192	0.002748	0.000699	
	13:24:40	0.04346	0.003472	0.000724	
	13:25:40	0.04187	0.004170	0.000698	
	13:26:40	0.03896	0.004819	0.000649	
	13:27:40	0.03756	0.005445	0.000626	
	13:28:40	0.03675	0.006058	0.000613	
	13:29:40	0.03605	0.006658	0.000601	

Gambar 9. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-5 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title	UNDER-5.CSV		
Time series data		Measurement period	22/06/2012 13:43:18 - 22/06/2012 13:53:18		
		Display period	22/06/2012 13:43:18 - 22/06/2012 13:53:18		
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-5.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-5.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-5.CSV[kWh]	
Average value		0.03867		0.000645	
Maximum value		0.05241		0.000873	
Time of maximum value		22/06/2012 13:44:18		22/06/2012 13:44:18	
Minimum value		0.03437		0.000573	
Time of minimum value		22/06/2012 13:53:18		22/06/2012 13:53:18	
22/06/2012	13:43:18		0.000000		
	13:44:18	0.05241	0.000873	0.000873	
	13:45:18	0.04199	0.001573	0.000700	
	13:46:18	0.03905	0.002224	0.000651	
	13:47:18	0.03781	0.002854	0.000630	
	13:48:18	0.03801	0.003488	0.000633	
	13:49:18	0.03740	0.004111	0.000623	
	13:50:18	0.03569	0.004706	0.000595	
	13:51:18	0.03514	0.005291	0.000586	
	13:52:18	0.03486	0.005872	0.000581	
	13:53:18	0.03437	0.006445	0.000573	

Gambar 10. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-5 *Undervolt* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL-6.CSV			
Time series data		Measurement period 25/06/2012 14:31:17 - 25/06/2012 14:41:17			
		Display period 25/06/2012 14:31:17 - 25/06/2012 14:41:17			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-6.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-6.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-6.CSV[kWh]	
Average value		0.03963		0.000661	
Maximum value		0.05304		0.000884	
Time of maximum value		25/06/2012 14:32:17		25/06/2012 14:32:17	
Minimum value		0.03566		0.000594	
Time of minimum value		25/06/2012 14:41:17		25/06/2012 14:41:17	
25/06/2012	14:31:17		0.000000		
	14:32:17	0.05304	0.000884	0.000884	
	14:33:17	0.04281	0.001598	0.000714	
	14:34:17	0.03994	0.002263	0.000665	
	14:35:17	0.03869	0.002908	0.000645	
	14:36:17	0.03853	0.003550	0.000642	
	14:37:17	0.03827	0.004188	0.000638	
	14:38:17	0.03748	0.004813	0.000625	
	14:39:17	0.03608	0.005414	0.000601	
	14:40:17	0.03584	0.006011	0.000597	
	14:41:17	0.03566	0.006606	0.000594	

Gambar 11. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-6 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER-6.CSV			
Time series data		Measurement period 22/06/2012 14:43:04 - 22/06/2012 14:53:04			
		Display period 22/06/2012 14:43:04 - 22/06/2012 14:53:04			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-6.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-6.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-6.CSV[kWh]	
Average value		0.03799		0.000633	
Maximum value		0.04195		0.000699	
Time of maximum value		22/06/2012 14:45:04		22/06/2012 14:45:04	
Minimum value		0.03418		0.000570	
Time of minimum value		22/06/2012 14:53:04		22/06/2012 14:53:04	
22/06/2012	14:43:04		0.000000		
	14:44:04	0.04134	0.000689	0.000689	
	14:45:04	0.04195	0.001388	0.000699	
	14:46:04	0.04175	0.002084	0.000696	
	14:47:04	0.03945	0.002742	0.000657	
	14:48:04	0.03846	0.003382	0.000641	
	14:49:04	0.03723	0.004003	0.000620	
	14:50:04	0.03561	0.004597	0.000594	
	14:51:04	0.03513	0.005182	0.000585	
	14:52:04	0.03483	0.005762	0.000580	
	14:53:04	0.03418	0.006332	0.000570	

Gambar 12. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-6 *Undervolt* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL-7.CSV			
Time series data		Measurement period 25/06/2012 14:55:15 - 25/06/2012 15:05:15			
		Display period 25/06/2012 14:55:15 - 25/06/2012 15:05:15			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-7.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-7.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-7.CSV[kWh]	
Average value		0.04088		0.000681	
Maximum value		0.05535		0.000922	
Time of maximum value		25/06/2012 14:56:15		25/06/2012 14:56:15	
Minimum value		0.03619		0.000603	
Time of minimum value		25/06/2012 15:05:15		25/06/2012 15:05:15	
25/06/2012	14:55:15		0.000000		
	14:56:15	0.05535	0.000922	0.000922	
	14:57:15	0.04541	0.001679	0.000757	
	14:58:15	0.04149	0.002371	0.000691	
	14:59:15	0.03986	0.003035	0.000664	
	15:00:15	0.03968	0.003696	0.000661	
	15:01:15	0.03924	0.004350	0.000654	
	15:02:15	0.03827	0.004988	0.000638	
	15:03:15	0.03684	0.005602	0.000614	
	15:04:15	0.03648	0.006210	0.000608	
	15:05:15	0.03619	0.006813	0.000603	

Gambar 13. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-7 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER-7.CSV			
Time series data		Measurement period 22/06/2012 15:44:15 - 22/06/2012 15:54:15			
		Display period 22/06/2012 15:44:15 - 22/06/2012 15:54:15			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-7.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-7.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-7.CSV[kWh]	
Average value		0.03788		0.000631	
Maximum value		0.04245		0.000708	
Time of maximum value		22/06/2012 15:46:15		22/06/2012 15:46:15	
Minimum value		0.03421		0.000570	
Time of minimum value		22/06/2012 15:54:15		22/06/2012 15:54:15	
22/06/2012	15:44:15		0.000000		
	15:45:15	0.04173	0.000695	0.000695	
	15:46:15	0.04245	0.001403	0.000708	
	15:47:15	0.04122	0.002090	0.000687	
	15:48:15	0.03841	0.002730	0.000640	
	15:49:15	0.03805	0.003364	0.000634	
	15:50:15	0.03738	0.003987	0.000623	
	15:51:15	0.03573	0.004583	0.000595	
	15:52:15	0.03505	0.005167	0.000584	
	15:53:15	0.03460	0.005744	0.000577	
	15:54:15	0.03421	0.006314	0.000570	

Gambar 14. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-7 *Undervolt* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL~8.CSV			
Time series data		Measurement period 25/06/2012 15:41:02 - 25/06/2012 15:51:02			
		Display period 25/06/2012 15:41:02 - 25/06/2012 15:51:02			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~8.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~8.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~8.CSV[kWh]	
Average value		0.04105		0.000684	
Maximum value		0.05570		0.000928	
Time of maximum value		25/06/2012 15:42:02		25/06/2012 15:42:02	
Minimum value		0.03599		0.000600	
Time of minimum value		25/06/2012 15:51:02		25/06/2012 15:51:02	
25/06/2012	15:41:02		0.000000		
	15:42:02	0.05570	0.000928	0.000928	
	15:43:02	0.04623	0.001699	0.000771	
	15:44:02	0.04199	0.002399	0.000700	
	15:45:02	0.04019	0.003069	0.000670	
	15:46:02	0.03931	0.003724	0.000655	
	15:47:02	0.03929	0.004379	0.000655	
	15:48:02	0.03870	0.005023	0.000645	
	15:49:02	0.03677	0.005636	0.000613	
	15:50:02	0.03636	0.006242	0.000606	
	15:51:02	0.03599	0.006842	0.000600	

Gambar 15. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-8 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER-8.CSV			
Time series data		Measurement period 22/06/2012 16:59:42 - 22/06/2012 17:09:42			
		Display period 22/06/2012 16:59:42 - 22/06/2012 17:09:42			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-8.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-8.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-8.CSV[kWh]	
Average value		0.03857		0.000643	
Maximum value		0.04294		0.000716	
Time of maximum value		22/06/2012 17:02:42		22/06/2012 17:02:42	
Minimum value		0.03483		0.000580	
Time of minimum value		22/06/2012 17:09:42		22/06/2012 17:09:42	
22/06/2012	16:59:42		0.000000		
	17:00:42	0.04112	0.000685	0.000685	
	17:01:42	0.04183	0.001383	0.000697	
	17:02:42	0.04294	0.002098	0.000716	
	17:03:42	0.04155	0.002791	0.000692	
	17:04:42	0.03881	0.003438	0.000647	
	17:05:42	0.03708	0.004056	0.000618	
	17:06:42	0.03627	0.004660	0.000605	
	17:07:42	0.03586	0.005258	0.000598	
	17:08:42	0.03542	0.005848	0.000590	
	17:09:42	0.03483	0.006429	0.000580	

Gambar 16. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-8 *Undervolt* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title	NORMAL-9.CSV		
Time series data		Measurement period	25/06/2012 16:09:06 - 25/06/2012 16:19:06		
		Display period	25/06/2012 16:09:06 - 25/06/2012 16:19:06		
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-9.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-9.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-9.CSV[kWh]	
Average value		0.04163		0.000694	
Maximum value		0.05644		0.000941	
Time of maximum value		25/06/2012 16:10:06		25/06/2012 16:10:06	
Minimum value		0.03610		0.000602	
Time of minimum value		25/06/2012 16:19:06		25/06/2012 16:19:06	
25/06/2012	16:09:06		0.000000		
	16:10:06	0.05644	0.000941	0.000941	
	16:11:06	0.04818	0.001744	0.000803	
	16:12:06	0.04296	0.002460	0.000716	
	16:13:06	0.04082	0.003140	0.000680	
	16:14:06	0.04019	0.003810	0.000670	
	16:15:06	0.03983	0.004473	0.000664	
	16:16:06	0.03824	0.005111	0.000637	
	16:17:06	0.03703	0.005728	0.000617	
	16:18:06	0.03655	0.006337	0.000609	
	16:19:06	0.03610	0.006939	0.000602	

Gambar 17. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-9 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title	UNDER-9.CSV		
Time series data		Measurement period	22/06/2012 18:11:49 - 22/06/2012 18:21:49		
		Display period	22/06/2012 18:11:49 - 22/06/2012 18:21:49		
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-9.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-9.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-9.CSV[kWh]	
Average value		0.03850		0.000642	
Maximum value		0.04217		0.000703	
Time of maximum value		22/06/2012 18:14:49		22/06/2012 18:14:49	
Minimum value		0.03450		0.000575	
Time of minimum value		22/06/2012 18:21:49		22/06/2012 18:21:49	
22/06/2012	18:11:49		0.000000		
	18:12:49	0.04098	0.000683	0.000683	
	18:13:49	0.04170	0.001378	0.000695	
	18:14:49	0.04217	0.002081	0.000703	
	18:15:49	0.04070	0.002759	0.000678	
	18:16:49	0.03903	0.003409	0.000650	
	18:17:49	0.03823	0.004046	0.000637	
	18:18:49	0.03695	0.004663	0.000616	
	18:19:49	0.03562	0.005256	0.000594	
	18:20:49	0.03512	0.005842	0.000585	
	18:21:49	0.03450	0.006417	0.000575	

Gambar 18. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-9 *Undervolt* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL-X.CSV			
Time series data		Measurement period 23/06/2012 11:01:09 - 23/06/2012 11:11:09			
		Display period 23/06/2012 11:01:09 - 23/06/2012 11:11:09			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-X.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-X.CSV[kWh]	WP+ _INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL-X.CSV[kWh]	
Average value		0.04162		0.000694	
Maximum value		0.05673		0.000945	
Time of maximum value		23/06/2012 11:02:09		23/06/2012 11:02:09	
Minimum value		0.03637		0.000606	
Time of minimum value		23/06/2012 11:11:09		23/06/2012 11:11:09	
23/06/2012	11:01:09		0.000000		
	11:02:09	0.05673	0.000945	0.000945	
	11:03:09	0.04747	0.001737	0.000791	
	11:04:09	0.04284	0.002451	0.000714	
	11:05:09	0.04076	0.003130	0.000679	
	11:06:09	0.04017	0.003799	0.000670	
	11:07:09	0.03970	0.004461	0.000662	
	11:08:09	0.03815	0.005097	0.000636	
	11:09:09	0.03724	0.005718	0.000621	
	11:10:09	0.03679	0.006331	0.000613	
	11:11:09	0.03637	0.006937	0.000606	

Gambar 19. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-10 *Normal voltage* pada *Windows 7*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER-X.CSV			
Time series data		Measurement period 23/06/2012 11:28:32 - 23/06/2012 11:38:32			
		Display period 23/06/2012 11:28:32 - 23/06/2012 11:38:32			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-X.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-X.CSV[kWh]	WP+ _INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-X.CSV[kWh]	
Average value		0.03883		0.000647	
Maximum value		0.04237		0.000706	
Time of maximum value		23/06/2012 11:31:32		23/06/2012 11:31:32	
Minimum value		0.03581		0.000597	
Time of minimum value		23/06/2012 11:38:32		23/06/2012 11:38:32	
23/06/2012	11:28:32		0.000000		
	11:29:32	0.04061	0.000677	0.000677	
	11:30:32	0.04198	0.001377	0.000700	
	11:31:32	0.04237	0.002083	0.000706	
	11:32:32	0.04000	0.002749	0.000667	
	11:33:32	0.03921	0.003403	0.000653	
	11:34:32	0.03862	0.004046	0.000644	
	11:35:32	0.03749	0.004671	0.000625	
	11:36:32	0.03626	0.005276	0.000604	
	11:37:32	0.03592	0.005874	0.000598	
	11:38:32	0.03581	0.006471	0.000597	

Gambar 20. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-10 *Undervolt* pada *Windows 7*

LAMPIRAN 3

Hasil pengukuran konsumsi daya *Normal voltage* dan *Undervolt* pada Sistem Operasi *Linux Ubuntu 11.04* menggunakan program *9625 Power Measurement Support Software*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL_1.CSV			
Time series data		Measurement period 06/06/2012 15:52:09 - 06/06/2012 16:02:09			
		Display period 06/06/2012 15:52:09 - 06/06/2012 16:02:09			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1, NORMAL_1.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1, NORMAL_1.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1, NORMAL_1.CSV[kWh]	
Average value		0.04179		0.000697	
Maximum value		0.05720		0.000953	
Time of maximum value		06/06/2012 15:53:09		06/06/2012 15:53:09	
Minimum value		0.03675		0.000612	
Time of minimum value		06/06/2012 16:02:09		06/06/2012 16:02:09	
06/06/2012	15:52:09		0.000000		
	15:53:09	0.05720		0.000953	0.000953
	15:54:09	0.04834		0.001759	0.000806
	15:55:09	0.04312		0.002477	0.000719
	15:56:09	0.04102		0.003161	0.000684
	15:57:09	0.03976		0.003824	0.000663
	15:58:09	0.03882		0.004471	0.000647
	15:59:09	0.03806		0.005105	0.000634
	16:00:09	0.03764		0.005733	0.000627
	16:01:09	0.03721		0.006353	0.000620
	16:02:09	0.03675		0.006965	0.000612

Gambar 21. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-1 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER_1.CSV			
Time series data		Measurement period 06/06/2012 16:29:34 - 06/06/2012 16:39:34			
		Display period 06/06/2012 16:29:34 - 06/06/2012 16:39:34			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1, UNDER_1.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1, UNDER_1.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1, UNDER_1.CSV[kWh]	
Average value		0.03993		0.000666	
Maximum value		0.04229		0.000705	
Time of maximum value		06/06/2012 16:34:34		06/06/2012 16:34:34	
Minimum value		0.03711		0.000619	
Time of minimum value		06/06/2012 16:39:34		06/06/2012 16:39:34	
06/06/2012	16:29:34		0.000000		
	16:30:34	0.04042		0.000673	0.000673
	16:31:34	0.04097		0.001356	0.000683
	16:32:34	0.04140		0.002046	0.000690
	16:33:34	0.04186		0.002744	0.000698
	16:34:34	0.04229		0.003449	0.000705
	16:35:34	0.04051		0.004124	0.000675
	16:36:34	0.03902		0.004774	0.000650
	16:37:34	0.03813		0.005410	0.000636
	16:38:34	0.03763		0.006037	0.000627
	16:39:34	0.03711		0.006656	0.000619

Gambar 22. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-1 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL_2.CSV			
Time series data		Measurement period		06/06/2012 17:00:54 - 06/06/2012 17:10:54	
		Display period		06/06/2012 17:00:54 - 06/06/2012 17:10:54	
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			

Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_2.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_2.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_2.CSV[kWh]
Average value		0.04093		0.000682
Maximum value		0.05656		0.000943
Time of maximum value		06/06/2012 17:01:54		06/06/2012 17:01:54
Minimum value		0.03630		0.000605
Time of minimum value		06/06/2012 17:10:54		06/06/2012 17:10:54
06/06/2012	17:00:54		0.000000	
	17:01:54	0.05656	0.000943	0.000943
	17:02:54	0.04622	0.001713	0.000770
	17:03:54	0.04186	0.002411	0.000698
	17:04:54	0.04006	0.003078	0.000668
	17:05:54	0.03886	0.003726	0.000648
	17:06:54	0.03813	0.004361	0.000636
	17:07:54	0.03750	0.004986	0.000625
	17:08:54	0.03711	0.005605	0.000619
	17:09:54	0.03667	0.006216	0.000611
	17:10:54	0.03630	0.006821	0.000605

Gambar 23. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-2 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER_2.CSV			
Time series data		Measurement period		06/06/2012 17:33:26 - 06/06/2012 17:43:26	
		Display period		06/06/2012 17:33:26 - 06/06/2012 17:43:26	
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			

Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER_2.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER_2.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER_2.CSV[kWh]
Average value		0.03980		0.000663
Maximum value		0.04221		0.000703
Time of maximum value		06/06/2012 17:37:26		06/06/2012 17:37:26
Minimum value		0.03668		0.000611
Time of minimum value		06/06/2012 17:43:26		06/06/2012 17:43:26
06/06/2012	17:33:26		0.000000	
	17:34:26	0.04085	0.000681	0.000681
	17:35:26	0.04157	0.001374	0.000693
	17:36:26	0.04184	0.002071	0.000697
	17:37:26	0.04221	0.002774	0.000703
	17:38:26	0.04177	0.003471	0.000696
	17:39:26	0.03962	0.004131	0.000660
	17:40:26	0.03845	0.004772	0.000641
	17:41:26	0.03778	0.005401	0.000629
	17:42:26	0.03721	0.006021	0.000620
	17:43:26	0.03668	0.006633	0.000611

Gambar 24. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-2 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title	NORMAL_3.CSV		
Time series data		Measurement period	07/06/2012 13:13:42 - 07/06/2012 13:23:42		
		Display period	07/06/2012 13:13:42 - 07/06/2012 13:23:42		
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_3.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_3.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL_3.CSV[kWh]	
Average value		0.0433		0.00072	
Maximum value		0.0564		0.00094	
Time of maximum value		07/06/2012 13:14:42		07/06/2012 13:14:42	
Minimum value		0.0376		0.00063	
Time of minimum value		07/06/2012 13:23:42		07/06/2012 13:23:42	
07/06/2012	13:13:42		0.00000		
	13:14:42	0.0564	0.00094	0.00094	
	13:15:42	0.0533	0.00183	0.00089	
	13:16:42	0.0454	0.00259	0.00076	
	13:17:42	0.0428	0.00330	0.00071	
	13:18:42	0.0412	0.00399	0.00069	
	13:19:42	0.0402	0.00466	0.00067	
	13:20:42	0.0395	0.00531	0.00066	
	13:21:42	0.0386	0.00596	0.00064	
	13:22:42	0.0382	0.00659	0.00064	
	13:23:42	0.0376	0.00722	0.00063	

Gambar 25. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-3 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title	UNDER_3.CSV		
Time series data		Measurement period	07/06/2012 13:46:20 - 07/06/2012 13:56:20		
		Display period	07/06/2012 13:46:20 - 07/06/2012 13:56:20		
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER_3.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER_3.CSV[kWh]	WP+ INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER_3.CSV[kWh]	
Average value		0.0402		0.00067	
Maximum value		0.0424		0.00071	
Time of maximum value		07/06/2012 13:51:20		07/06/2012 13:51:20	
Minimum value		0.0371		0.00062	
Time of minimum value		07/06/2012 13:56:20		07/06/2012 13:56:20	
07/06/2012	13:46:20		0.00000		
	13:47:20	0.0409	0.00068	0.00068	
	13:48:20	0.0416	0.00137	0.00069	
	13:49:20	0.0421	0.00207	0.00070	
	13:50:20	0.0423	0.00278	0.00070	
	13:51:20	0.0424	0.00349	0.00071	
	13:52:20	0.0403	0.00416	0.00067	
	13:53:20	0.0390	0.00481	0.00065	
	13:54:20	0.0382	0.00545	0.00064	
	13:55:20	0.0376	0.00607	0.00063	
	13:56:20	0.0371	0.00669	0.00062	

Gambar 26. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-3 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title	NORMAL~4.CSV		
Time series data		Measurement period	23/06/2012 11:55:44 - 23/06/2012 12:05:44		
		Display period	23/06/2012 11:55:44 - 23/06/2012 12:05:44		
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~4.CSV[kW]	WP+ : Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~4.CSV[kWh]	WP+ _INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~4.CSV[kWh]	
Average value		0.04073		0.000679	
Maximum value		0.05474		0.000912	
Time of maximum value		23/06/2012 11:56:44		23/06/2012 11:56:44	
Minimum value		0.03730		0.000622	
Time of minimum value		23/06/2012 12:05:44		23/06/2012 12:05:44	
23/06/2012	11:55:44		0.000000		
	11:56:44	0.05474	0.000912	0.000912	
	11:57:44	0.04415	0.001648	0.000736	
	11:58:44	0.04111	0.002333	0.000685	
	11:59:44	0.03971	0.002995	0.000662	
	12:00:44	0.03896	0.003644	0.000649	
	12:01:44	0.03828	0.004282	0.000638	
	12:02:44	0.03791	0.004914	0.000632	
	12:03:44	0.03765	0.005542	0.000627	
	12:04:44	0.03749	0.006166	0.000625	
	12:05:44	0.03730	0.006788	0.000622	

Gambar 27. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-4 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title	UNDER~4.CSV		
Time series data		Measurement period	23/06/2012 12:22:03 - 23/06/2012 12:32:03		
		Display period	23/06/2012 12:22:03 - 23/06/2012 12:32:03		
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~4.CSV[kW]	WP+ : Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~4.CSV[kWh]	WP+ _INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~4.CSV[kWh]	
Average value		0.04010		0.000668	
Maximum value		0.04225		0.000704	
Time of maximum value		23/06/2012 12:26:03		23/06/2012 12:26:03	
Minimum value		0.03766		0.000628	
Time of minimum value		23/06/2012 12:32:03		23/06/2012 12:32:03	
23/06/2012	12:22:03		0.000000		
	12:23:03	0.04088	0.000681	0.000681	
	12:24:03	0.04142	0.001372	0.000690	
	12:25:03	0.04183	0.002069	0.000697	
	12:26:03	0.04225	0.002773	0.000704	
	12:27:03	0.04159	0.003466	0.000693	
	12:28:03	0.03988	0.004131	0.000665	
	12:29:03	0.03895	0.004780	0.000649	
	12:30:03	0.03844	0.005420	0.000640	
	12:31:03	0.03805	0.006054	0.000634	
	12:32:03	0.03766	0.006682	0.000628	

Gambar 28. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-4 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL~5.CSV			
Time series data		Measurement period		23/06/2012 12:51:54 - 23/06/2012 13:01:54	
		Display period		23/06/2012 12:51:54 - 23/06/2012 13:01:54	
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~5.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~5.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~5.CSV[kWh]	
Average value		0.04172		0.000695	
Maximum value		0.05630		0.000938	
Time of maximum value		23/06/2012 12:52:54		23/06/2012 12:52:54	
Minimum value		0.03753		0.000625	
Time of minimum value		23/06/2012 13:01:54		23/06/2012 13:01:54	
23/06/2012	12:51:54		0.000000		
	12:52:54	0.05630	0.000938	0.000938	
	12:53:54	0.04621	0.001709	0.000770	
	12:54:54	0.04248	0.002417	0.000708	
	12:55:54	0.04085	0.003097	0.000681	
	12:56:54	0.03983	0.003761	0.000664	
	12:57:54	0.03913	0.004413	0.000652	
	12:58:54	0.03871	0.005059	0.000645	
	12:59:54	0.03827	0.005696	0.000638	
	13:00:54	0.03788	0.006328	0.000631	
	13:01:54	0.03753	0.006953	0.000625	

Gambar 29. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-5 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER~5.CSV			
Time series data		Measurement period		23/06/2012 13:20:54 - 23/06/2012 13:30:54	
		Display period		23/06/2012 13:20:54 - 23/06/2012 13:30:54	
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~5.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~5.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~5.CSV[kWh]	
Average value		0.04027		0.000671	
Maximum value		0.04222		0.000704	
Time of maximum value		23/06/2012 13:25:54		23/06/2012 13:25:54	
Minimum value		0.03789		0.000632	
Time of minimum value		23/06/2012 13:30:54		23/06/2012 13:30:54	
23/06/2012	13:20:54		0.000000		
	13:21:54	0.04059	0.000677	0.000677	
	13:22:54	0.04114	0.001362	0.000686	
	13:23:54	0.04159	0.002055	0.000693	
	13:24:54	0.04199	0.002755	0.000700	
	13:25:54	0.04222	0.003459	0.000704	
	13:26:54	0.04064	0.004136	0.000677	
	13:27:54	0.03943	0.004793	0.000657	
	13:28:54	0.03881	0.005440	0.000647	
	13:29:54	0.03840	0.006080	0.000640	
	13:30:54	0.03789	0.006712	0.000632	

Gambar 28. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-5 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL~6.CSV			
Time series data		Measurement period 23/06/2012 13:58:15 - 23/06/2012 14:08:15			
		Display period 23/06/2012 13:58:15 - 23/06/2012 14:08:15			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~6.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~6.CSV[kWh]	WP+ _INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~6.CSV[kWh]	
Average value		0.04161		0.000694	
Maximum value		0.05662		0.000944	
Time of maximum value		23/06/2012 13:59:15		23/06/2012 13:59:15	
Minimum value		0.03725		0.000621	
Time of minimum value		23/06/2012 14:08:15		23/06/2012 14:08:15	
23/06/2012	13:58:15		0.000000		
	13:59:15	0.05662	0.000944	0.000944	
	14:00:15	0.04679	0.001724	0.000780	
	14:01:15	0.04246	0.002431	0.000708	
	14:02:15	0.04081	0.003111	0.000680	
	14:03:15	0.03962	0.003771	0.000660	
	14:04:15	0.03885	0.004419	0.000648	
	14:05:15	0.03830	0.005057	0.000638	
	14:06:15	0.03785	0.005688	0.000631	
	14:07:15	0.03752	0.006314	0.000625	
	14:08:15	0.03725	0.006934	0.000621	

Gambar 31. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-6 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER~6.CSV			
Time series data		Measurement period 23/06/2012 14:59:26 - 23/06/2012 15:09:26			
		Display period 23/06/2012 14:59:26 - 23/06/2012 15:09:26			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~6.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~6.CSV[kWh]	WP+ _INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~6.CSV[kWh]	
Average value		0.04020		0.000670	
Maximum value		0.04228		0.000705	
Time of maximum value		23/06/2012 15:03:26		23/06/2012 15:03:26	
Minimum value		0.03776		0.000629	
Time of minimum value		23/06/2012 15:09:26		23/06/2012 15:09:26	
23/06/2012	14:59:26		0.000000		
	15:00:26	0.04073	0.000679	0.000679	
	15:01:26	0.04150	0.001370	0.000691	
	15:02:26	0.04198	0.002070	0.000700	
	15:03:26	0.04228	0.002775	0.000705	
	15:04:26	0.04188	0.003473	0.000698	
	15:05:26	0.04022	0.004143	0.000670	
	15:06:26	0.03908	0.004794	0.000651	
	15:07:26	0.03851	0.005436	0.000642	
	15:08:26	0.03806	0.006071	0.000634	
	15:09:26	0.03776	0.006700	0.000629	

Gambar 32. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-6 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title				
Time series data		NORMAL~7.CSV				
		Measurement period			23/06/2012 15:26:25 - 23/06/2012 15:36:25	
		Display period			23/06/2012 15:26:25 - 23/06/2012 15:36:25	
		Measurement interval		1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment				

Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~7.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~7.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~7.CSV[kWh]
Average value		0.04116		0.000686
Maximum value		0.05563		0.000927
Time of maximum value		23/06/2012 15:27:25		23/06/2012 15:27:25
Minimum value		0.03736		0.000623
Time of minimum value		23/06/2012 15:36:25		23/06/2012 15:36:25
23/06/2012	15:26:25		0.000000	
	15:27:25	0.05563	0.000927	0.000927
	15:28:25	0.04500	0.001677	0.000750
	15:29:25	0.04171	0.002372	0.000695
	15:30:25	0.04029	0.003044	0.000672
	15:31:25	0.03932	0.003699	0.000655
	15:32:25	0.03865	0.004343	0.000644
	15:33:25	0.03819	0.004980	0.000637
	15:34:25	0.03785	0.005610	0.000631
	15:35:25	0.03758	0.006237	0.000626
	15:36:25	0.03736	0.006860	0.000623

Gambar 33. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-7 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title				
Time series data		UNDER-7.CSV				
		Measurement period			23/06/2012 16:56:06 - 23/06/2012 17:05:06	
		Display period			23/06/2012 16:56:06 - 23/06/2012 17:05:06	
		Measurement interval		1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment				

Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-7.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-7.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER-7.CSV[kWh]
Average value		0.04043		0.000674
Maximum value		0.04246		0.000708
Time of maximum value		23/06/2012 17:00:06		23/06/2012 17:00:06
Minimum value		0.03812		0.000635
Time of minimum value		23/06/2012 17:05:06		23/06/2012 17:05:06
23/06/2012	16:56:06		0.000674	
	16:57:06	0.04100	0.001358	0.000683
	16:58:06	0.04159	0.002051	0.000693
	16:59:06	0.04206	0.002752	0.000701
	17:00:06	0.04246	0.003460	0.000708
	17:01:06	0.04123	0.004147	0.000687
	17:02:06	0.03982	0.004810	0.000664
	17:03:06	0.03904	0.005461	0.000651
	17:04:06	0.03857	0.006104	0.000643
	17:05:06	0.03812	0.006739	0.000635

Gambar 34. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-7 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL~8.CSV			
Time series data		Measurement period		23/06/2012 17:21:10 - 23/06/2012 17:31:10	
		Display period		23/06/2012 17:21:10 - 23/06/2012 17:31:10	
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~8.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~8.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~8.CSV[kWh]	
Average value		0.04107		0.000685	
Maximum value		0.05537		0.000923	
Time of maximum value		23/06/2012 17:22:10		23/06/2012 17:22:10	
Minimum value		0.03735		0.000623	
Time of minimum value		23/06/2012 17:31:10		23/06/2012 17:31:10	
23/06/2012	17:21:10		0.000000		
	17:22:10	0.05537	0.000923	0.000923	
	17:23:10	0.04482	0.001670	0.000747	
	17:24:10	0.04164	0.002364	0.000694	
	17:25:10	0.04024	0.003034	0.000671	
	17:26:10	0.03921	0.003688	0.000653	
	17:27:10	0.03861	0.004332	0.000644	
	17:28:10	0.03814	0.004967	0.000636	
	17:29:10	0.03780	0.005597	0.000630	
	17:30:10	0.03753	0.006223	0.000626	
	17:31:10	0.03735	0.006845	0.000623	

Gambar 35. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-8 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER~8.CSV			
Time series data		Measurement period		23/06/2012 17:43:23 - 23/06/2012 17:53:23	
		Display period		23/06/2012 17:43:23 - 23/06/2012 17:53:23	
		Measurement interval	1 Minute	Data interval	1 Minute
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~8.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~8.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~8.CSV[kWh]	
Average value		0.03986		0.000664	
Maximum value		0.04225		0.000704	
Time of maximum value		23/06/2012 17:47:23		23/06/2012 17:47:23	
Minimum value		0.03749		0.000625	
Time of minimum value		23/06/2012 17:53:23		23/06/2012 17:53:23	
23/06/2012	17:43:23		0.000000		
	17:44:23	0.04105	0.000684	0.000684	
	17:45:23	0.04165	0.001378	0.000694	
	17:46:23	0.04209	0.002080	0.000701	
	17:47:23	0.04225	0.002784	0.000704	
	17:48:23	0.04051	0.003459	0.000675	
	17:49:23	0.03928	0.004114	0.000655	
	17:50:23	0.03859	0.004757	0.000643	
	17:51:23	0.03808	0.005392	0.000635	
	17:52:23	0.03762	0.006019	0.000627	
	17:53:23	0.03749	0.006643	0.000625	

Gambar 36. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-8 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL-9.CSV			
Time series data		Measurement period 23/06/2012 18:20:08 - 23/06/2012 18:30:08			
		Display period 23/06/2012 18:20:08 - 23/06/2012 18:30:08			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~9.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~9.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~9.CSV[kWh]	
Average value		0.04291		0.000715	
Maximum value		0.05705		0.000951	
Time of maximum value		23/06/2012 18:21:08		23/06/2012 18:21:08	
Minimum value		0.03800		0.000633	
Time of minimum value		23/06/2012 18:30:08		23/06/2012 18:30:08	
23/06/2012	18:20:08		0.000000		
	18:21:08	0.05705	0.000951	0.000951	
	18:22:08	0.05038	0.001790	0.000840	
	18:23:08	0.04421	0.002527	0.000737	
	18:24:08	0.04208	0.003229	0.000701	
	18:25:08	0.04087	0.003910	0.000681	
	18:26:08	0.03996	0.004576	0.000666	
	18:27:08	0.03935	0.005231	0.000656	
	18:28:08	0.03880	0.005878	0.000647	
	18:29:08	0.03836	0.006518	0.000639	
	18:30:08	0.03800	0.007151	0.000633	

Gambar 37. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-9 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER-9.CSV			
Time series data		Measurement period 25/06/2012 13:20:37 - 25/06/2012 13:30:37			
		Display period 25/06/2012 13:20:37 - 25/06/2012 13:30:37			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~9.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~9.CSV[kWh]	WP+_INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~9.CSV[kWh]	
Average value		0.04104		0.000684	
Maximum value		0.04237		0.000706	
Time of maximum value		25/06/2012 13:27:37		25/06/2012 13:27:37	
Minimum value		0.03942		0.000657	
Time of minimum value		25/06/2012 13:30:37		25/06/2012 13:30:37	
25/06/2012	13:20:37		0.000000		
	13:21:37	0.04012	0.000669	0.000669	
	13:22:37	0.04081	0.001349	0.000680	
	13:23:37	0.04120	0.002035	0.000686	
	13:24:37	0.04133	0.002724	0.000689	
	13:25:37	0.04172	0.003420	0.000695	
	13:26:37	0.04212	0.004122	0.000702	
	13:27:37	0.04237	0.004828	0.000706	
	13:28:37	0.04119	0.005514	0.000686	
	13:29:37	0.04007	0.006182	0.000668	
	13:30:37	0.03942	0.006839	0.000657	

Gambar 38. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-9 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title NORMAL~X.CSV			
Time series data		Measurement period 25/06/2012 13:44:25 - 25/06/2012 13:54:25			
		Display period 25/06/2012 13:44:25 - 25/06/2012 13:54:25			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~X.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~X.CSV[kWh]	WP+ _INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , NORMAL~X.CSV[kWh]	
Average value		0.04201		0.000700	
Maximum value		0.05685		0.000947	
Time of maximum value		25/06/2012 13:45:25		25/06/2012 13:45:25	
Minimum value		0.03775		0.000629	
Time of minimum value		25/06/2012 13:54:25		25/06/2012 13:54:25	
25/06/2012	13:44:25		0.000000		
	13:45:25	0.05685	0.000947	0.000947	
	13:46:25	0.04718	0.001734	0.000787	
	13:47:25	0.04292	0.002449	0.000715	
	13:48:25	0.04111	0.003134	0.000685	
	13:49:25	0.03994	0.003800	0.000666	
	13:50:25	0.03928	0.004455	0.000655	
	13:51:25	0.03875	0.005101	0.000646	
	13:52:25	0.03832	0.005739	0.000639	
	13:53:25	0.03801	0.006373	0.000633	
	13:54:25	0.03775	0.007002	0.000629	

Gambar 39. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-10 *Normal voltage* pada *Linux Ubuntu 11.04*

9625 POWER MEASUREMENT SUPPORT SOFTWARE		Title UNDER~X.CSV			
Time series data		Measurement period 25/06/2012 14:04:07 - 25/06/2012 14:14:07			
		Display period 25/06/2012 14:04:07 - 25/06/2012 14:14:07			
		Measurement interval 1 Minute		Data interval 1 Minute	
		Comment			
Date	Time	P_DEM: Demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~X.CSV[kW]	WP+: Integrated active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~X.CSV[kWh]	WP+ _INTVL: Integrated demand active power (consumption) Circuit 1 , UNDER~X.CSV[kWh]	
Average value		0.03997		0.000666	
Maximum value		0.04248		0.000708	
Time of maximum value		25/06/2012 14:08:07		25/06/2012 14:08:07	
Minimum value		0.03751		0.000625	
Time of minimum value		25/06/2012 14:14:07		25/06/2012 14:14:07	
25/06/2012	14:04:07		0.000000		
	14:05:07	0.04077	0.000679	0.000679	
	14:06:07	0.04150	0.001371	0.000692	
	14:07:07	0.04204	0.002072	0.000701	
	14:08:07	0.04248	0.002780	0.000708	
	14:09:07	0.04114	0.003465	0.000686	
	14:10:07	0.03955	0.004125	0.000659	
	14:11:07	0.03865	0.004769	0.000644	
	14:12:07	0.03821	0.005406	0.000637	
	14:13:07	0.03782	0.006036	0.000630	
	14:14:07	0.03751	0.006661	0.000625	

Gambar 40. Tampilan dari hasil pengukuran konsumsi daya pengujian ke-10 *Undervolt* pada *Linux Ubuntu 11.04*