

**STUDI KONSERVASI ENERGI LISTRIK DI JURUSAN  
TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh:  
MARSALYNA  
NIM. 0510633052**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI KONSERVASI ENERGI LISTRIK DI JURUSAN  
TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:  
**MARSALYNA**  
**NIM. 0510633052**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

MOCH. DHOFIR, Drs., Ir., M.T.  
NIP. 19600701 199002 1 001

Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc.  
NIP. 19680122 199512 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI KONSERVASI ENERGI LISTRIK DI JURUSAN  
TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**MARSALYNA**

**NIM. 0510633052**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 27 Januari 2010

DOSEN PENGUJI

**Ir. Hery Purnomo, M.T.**  
NIP. 19550708 198212 1 001

**Ir. Unggul Wibawa, M.Sc.**  
NIP. 19630106 198802 1 001

**Ir. Soemarwanto**  
NIP. 19500715 198003 1 002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Rudy Yuwono, ST., MSc**  
NIP. 19710615 199802 1 003

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah swt yang telah melimpahkan anugrah, perlindungan, rahmat, kasih sayang-Nya, sehingga skripsi dengan judul “Studi Konservasi Energi Listrik Di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Teknik Elektro pada bidang studi Teknik Energi Elektrik, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Dengan rasa hormat, disampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Rudy Yuwono, S.T., M.Sc. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Tenaga Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Bapak Moch. Dhofir, Drs., Ir., M.T. sebagai Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran serta motivasi yang telah diberikan.
5. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah S.T., M.Sc. sebagai Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, perhatian, arahan hingga terselesainya skripsi ini.
6. Pak Yanto yang telah banyak membantu dalam pencarian data.
7. Orang tua dan saudara yang selalu mendukung lahir dan batin.
8. Andhyka P.Y, Subkhan Sadzali, dan semua teman yang telah banyak membantu untuk menyelesaikan skripsi.

Disadari sepenuhnya masih ada keterbatasan dan kekurangan pada tulisan ini, untuk itu diharapkan kritik dan saran agar tulisan ini menjadi lebih baik.

Akhirnya diharapkan semoga tulisan ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu dan pengetahuan.

Malang, Januari 2010

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah.....	1
1.3. Batasan masalah.....	2
1.4. Ruang lingkup.....	2
1.5. Tujuan.....	2
1.6. Sistematika pembahasan.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Konservasi Energi.....	4
2.2. Manajemen Energi.....	5
2.3. Audit Energi.....	5
2.4. Klasifikasi Daya listrik.....	7
2.5. Klasifikasi Beban.....	7
2.6. Intensitas Konsumsi Energi listrik (IKE).....	8
2.7. Beban listrik.....	10
2.7.1. Beban Penerangan.....	10
2.7.2. Motor listrik.....	17
2.7.3. Beban Air Conditioner (AC).....	17
2.8. Software DIALux.....	19
2.9. Jenis Saklar.....	22
2.10. <i>Simple Payback</i> .....	25
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Studi literatur.....	26



3.2. Pengambilan data.....	26
3.3. Analisis dan pembahasan.....	26
3.4. Penutup.....	27
<b>IV. PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Survei Keadaan Instalasi Listrik Lama.....	28
4.2. Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi.....	33
4.3. Analisis Intensitas Penerangan.....	35
4.4. Metode Efisiensi dengan Selektifitas Pensaklaran.....	37
4.4.1. Selektifitas Saklar pada Ruang Dosen di Gedung B.....	39
4.4.2. Selektifitas Saklar pada Laboratorium di Gedung B.....	40
4.4.3. Selektifitas Saklar pada Ruang Dosen di Gedung C.....	49
4.4.4. Selektifitas Saklar pada Laboratorium di Gedung C.....	53
4.5. Pola Pemakaian AC.....	56
4.6. Solusi Penghematan Energi dan Pemenuhan Standar Penerangan.....	64
4.6.1. Perubahan Susunan dan Jenis Lampu untuk Ruang A 2.1 dan A 2.7.....	65
4.6.2. Perhitungan 75% dari Standar SNI 03-6575-2001 Untuk Ruang A 2.1 Dan A2.7.....	70
4.7. Perhitungan Biaya dan Penghematan.....	75
4.7.1. Penghematan Terhadap Pencahayaan.....	75
4.7.2. Penghematan Terhadap Pendinginan Ruang (AC).....	81
<b>V. PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan.....	83
5.2. Saran.....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	85
<b>LAMPIRAN</b>	86

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Tingkat Pencahayaan Minimum yang Direkomendasikan	12
Tabel 2.2.	Efisiensi Penerangan	14
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Daya pada Panel Utama di Gedung A, B dan C	31
Tabel 4.2.	Data Pengukuran Intensitas Penerangan	35
Tabel 4.3.	Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Standar SNI 03-6575-2001	36
Tabel 4.4.	Nilai Pemborosan pada Ruang-Ruang yang Dilakukan Penyekatan	55
Tabel 4.5.	Perbandingan Hasil Perhitungan pada Ruang A 2.1 dan A 2.7	69
Tabel 4.6.	Perbandingan Hasil Perhitungan 75% dari Standar SNI 03-6575-2001 pada Ruang A 2.1 dan A 2.7	74
Tabel 4.7.	Perbandingan Intensitas Penerangan Sesuai Standar SNI 03-6575-2001 dengan Intensitas Penerangan 75% dari Standar SNI 03-6575-2001	74
Tabel 4.8.	Perbandingan Jumlah Titik Lampu Sesuai Standar SNI 03-6575-2001 dengan Jumlah Titik Lampu 75% dari Standar SNI 03-6575-2001	75
Tabel 4.9.	Perbandingan Biaya antara Lampu Hemat Energi Menggunakan Ballast Elektronik dengan Lampu Konvensional Menggunakan Ballast Standar Di Gedung A	76
Tabel 4.10.	Perbandingan Biaya antara Lampu Hemat Energi Menggunakan Ballast Elektronik dengan Lampu Konvensional Menggunakan Ballast Standar Di Gedung B	77
Tabel 4.11.	Perbandingan Biaya antara Lampu Hemat Energi Menggunakan Ballast Elektronik dengan Lampu Konvensional Menggunakan Ballast Standar Di Gedung C	78
Tabel 4.12.	Biaya Investasi Di Gedung A	78
Tabel 4.13.	Biaya Investasi Di Gedung B	79
Tabel 4.14.	Biaya Investasi Di Gedung C	80
Tabel 4.15.	Perbandingan Biaya Konsumsi Energi AC Konvensional dengan AC Hemat Energi Teknologi Inverter untuk AC 1 PK	81
Tabel 4.16.	Perbandingan Biaya Konsumsi Energi AC Konvensional dengan AC Hemat Energi Teknologi Inverter untuk AC 1,5PK	82
Tabel 4.17	Perbandingan Biaya Konsumsi Energi AC Konvensional dengan AC Hemat Energi Teknologi Inverter untuk AC 2 PK	82

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Denah titik pengukuran	16
Gambar 2.2.	Perbandingan kurva temperatur terhadap waktu untuk AC inverter dan AC konvensional	19
Gambar 2.3.	Input program DIALux	20
Gambar 2.4.	Output program DIALux	21
Gambar 2.5.	Gambar 3D dan Distribusi Pencahayaan	22
Gambar 2.6.	Gambar Jenis-Jenis Saklar	23
Gambar 4.1.	Contoh Temuan Pemasangan Instalasi di Teknik Elektro Universitas Brawijaya yang Berpotensi Menyebabkan Kebakaran	28
Gambar 4.2.	Pengukuran Daya Fasa R, S dan T	30
Gambar 4.3.	Profil Kualitas Daya pada Panel Utama di Gedung C	32
Gambar 4.4.	Denah Instalasi Penerangan Lantai 2 Gedung B Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya	38
Gambar 4.5.	Denah Instalasi Penerangan Lantai 2 Gedung B Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya	43
Gambar 4.6.	Denah Instalasi Penerangan Lantai 1 Gedung C Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya	48
Gambar 4.7.	Denah Instalasi Penerangan Lantai 2 Gedung C Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya	51
Gambar 4.8.	Penggunaan AC pada Ruang B 1.5	57
Gambar 4.9.	Penggunaan AC pada Ruang B 2.1 dan B2.2	59
Gambar 4.10.	Penggunaan AC pada Ruang B 2.5.1	60
Gambar 4.11.	Penggunaan AC pada Ruang B 2.11	62
Gambar 4.12.	Penggunaan AC pada Ruang C 2.4	63
Gambar 4.13.	Input Data pada Ruang A 2.1 dan A 2.7	67
Gambar 4.14.	Susunan Lampu ruang A 2.1 dan A 2.7	68
Gambar 4.15.	Distribusi Intensitas Penerangan ruang A 2.1 dan A 2.7	69
Gambar 4.16.	Input Data 75% dari SNI 03-6575-2001 pada Ruang A 2.1 dan A 2.7	72
Gambar 4.17.	Susunan Lampu 75% dari SNI 03-6575-2001 pada Ruang A 2.1 dan A 2.7	72

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Hasil Pengukuran	86
Lampiran 2.	Hasil Pengukuran Karakteristik Beban	102
Lampiran 3.	Tarif Dasar Listrik	106
Lampiran 4.	Data Luminer APOLLON	107
Lampiran 5.	Data Lampu L 36/830	111
Lampiran 6.	Data AC 1.0 PK Standard Panasonic	112
Lampiran 7.	Data AC 1.0 PK Inverter Panasonic	113
Lampiran 8.	Data AC 1.5 PK Standar Panasonic	114
Lampiran 9.	Data AC 1.5 PK Inverter Panasonic	115
Lampiran 10.	Data AC 2.0 PK Standard Panasonic	116
Lampiran 11.	Data AC 2.0 PK Inverter Panasonic	117



## ABSTRAK

**Marsalyna**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2010, "*Studi Konservasi Energi Listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya*". Dosen pembimbing: Moch. Dhofir dan Rini Nur Hasanah.

Penghematan energi atau konservasi energi perlu dilakukan sebagai upaya efisiensi pemakaian energi dan mengurangi ketergantungan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Dengan latar belakang tersebut perlu dilakukan evaluasi terhadap penggunaan energi listrik di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya, sehingga dapat melakukan tindakan-tindakan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi listrik.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap intensitas konsumsi energi listrik, intensitas penerangan, selektifitas saklar, dan pola penggunaan AC di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Evaluasi tersebut bertujuan untuk mengetahui penyebab pemanfaatan energi listrik yang tidak efisien dan tindakan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi listrik.

Pemenuhan standar penerangan menggunakan nilai 75% dari standar SNI 03-6575-2001 dengan pertimbangan hampir sebagian besar ruangan yang ada juga menggunakan pencahayaan alami, dan penggunaan ruangan di siang hari. Penggunaan lampu hemat energi dan ballast elektronik, didapatkan penghematan per tahun sebesar 33,5%, pada Gedung A 34% pada Gedung B dan 33,9% pada Gedung C. Dengan menggunakan AC hemat energi berteknologi inverter untuk AC 1 PK didapatkan penghematan per tahun sebesar 64,3%, AC 1,5 PK penghematan per tahun sebesar 47,23% dan AC 2 PK penghematan per tahun sebesar 47,92%. Dengan melakukan pemilihan AC hemat energi, maka kebutuhan pendinginan ruang akan tercapai dan penghematan energi listrik juga terlaksana.

**Kata kunci:** penghematan energi, konservasi energi, intensitas konsumsi energi listrik, intensitas penerangan, selektifitas saklar, pola penggunaan AC

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Semakin terbatasnya sumber-sumber energi yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik menyebabkan meningkatnya biaya penggunaan energi listrik, oleh karena itu pemakaian energi yang efisien perlu diterapkan. Penghematan pemanfaatan energi listrik memberikan dua keuntungan, yaitu menghemat biaya karena efisiensi pemakaian dan penurunan tarif listrik karena insentif pemerintah. Penggunaan energi secara bijaksana seperti mematikan lampu bila tidak digunakan, merupakan langkah kecil yang dapat mengakibatkan perubahan besar bagi penghematan sumber-sumber energi.

Pada sebuah gedung efektifitas dan efisiensi pemakaian energi sangat penting baik dari sisi perencanaan maupun dalam operasional. Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya yang memiliki tiga gedung, juga harus memperhatikan aspek efektifitas dan efisiensi dalam pemakaian energinya.

Sudah lebih dari 20 tahun sejak pemasangan instalasi listrik di gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya belum pernah dilakukan evaluasi terhadap pola pemakaian energi listrik di tiga gedung tersebut. Seharusnya evaluasi terhadap pola pemakaian energi listrik dilakukan setiap tahun dengan tujuan "*energy saving*" dan penghematan biaya penggunaan energi. Langkah ini disebut sebagai langkah konservasi energi.

Dalam skripsi ini akan dilakukan kajian mengenai pemakaian energi listrik di gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya untuk menemukan penyebab pemakaian energi yang tidak efisien sekaligus mencari penyelesaian yang sesuai. Audit energi akan dilakukan dalam rangka mendukung konservasi energi listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada skripsi ini adalah:

1. Apakah penyebab pemanfaatan energi listrik yang tidak efisien di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bagaimana meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi listrik di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya.



3. Berapa potensi penghematan energi listrik dari tindakan konservasi energi listrik.

### 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan skripsi ini lebih terarah dan sesuai tujuan, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Obyek penelitian adalah Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya dengan kondisi beban dan keadaan jaringan listrik yang ada pada saat penelitian dilakukan.
2. Data yang digunakan berupa data sekunder yang tersedia dan data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran.

### 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penulisan skripsi ini antara lain :

1. Melakukan audit energi untuk menemukan pola pemakaian energi listrik yang tidak efisien.
2. Menentukan tingkat efisiensi dan pemborosan pemakaian energi listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Membuat rekomendasi untuk pemakaian energi listrik yang benar dan efisien.

### 1.5 Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Menganalisis penyebab pemanfaatan energi listrik yang tidak efisien di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Menentukan tindakan-tindakan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi listrik di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Menganalisis potensi yang dapat dilakukan untuk penghematan energi listrik di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

## 1.6 Sistematika Pembahasan

Untuk mendapatkan gambaran tentang langkah-langkah yang akan dilakukan, maka penulisan skripsi ini dibagi dalam lima bab dengan garis besar penulisan sebagai berikut:

### BAB I : PENDAHULUAN

Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, ruang lingkup, tujuan, metodologi dan sistematika pembahasan.

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tinjauan pustaka atau dasar teori yang digunakan untuk dasar penelitian yang dilakukan dan untuk mendukung permasalahan yang diungkapkan.

### BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam penelitian ini.

### BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berisi pembahasan dan analisis terhadap hasil pengukuran dan analisis mengenai konservasi energi listrik untuk penghematan.

### BAB V : PENUTUP

Berisi kesimpulan dari tujuan skripsi yang akan dibuat serta saran dari penulis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Konservasi Energi

Konservasi adalah pelestarian atau perlindungan. Sedangkan untuk konservasi energi adalah kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. Tujuan konservasi energi adalah untuk memelihara kelestarian sumber daya alam yang berupa sumber energi melalui kebijakan pemilihan teknologi dan pemanfaatan energi secara efisien, rasional, untuk mewujudkan kemampuan penyediaan energi. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatkan efisiensi dan keuntungan.

Penghematan energi merupakan unsur yang penting dari sebuah kebijakan energi. Penghematan energi menurunkan konsumsi energi dan permintaan energi per kapita, sehingga dapat menutup meningkatnya kebutuhan energi akibat pertumbuhan populasi. Hal ini mengurangi naiknya biaya energi, dan dapat mengurangi kebutuhan pembangkit energi atau impor energi. Berkurangnya permintaan energi dapat memberikan fleksibilitas dalam memilih metode produksi energi.

Selain itu, dengan mengurangi emisi, penghematan energi merupakan bagian penting dari mencegah atau mengurangi perubahan iklim. Penghematan energi juga memudahkan digantinya sumber-sumber tak dapat diperbaharui dengan sumber-sumber yang dapat diperbaharui. Penghematan energi sering merupakan cara paling ekonomis dalam menghadapi kekurangan energi, dan merupakan cara yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan meningkatkan produksi energi.

Oleh karena itu, disamping harus secepatnya mengembangkan sumber-sumber energi dari bahan bakar non fosil seperti biomassa, biogas, dan sebagainya, harus juga berusaha untuk dapat mengoptimalkan penggunaan energi secara lebih tepat, cermat, hemat dan efisien dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi.

## 2.2 Manajemen Energi

Manajemen energi merupakan sebuah teknik dan fungsi manajemen untuk memonitor, merekam, menganalisis dan mengontrol aliran energi yang bekerja dalam sebuah sistem untuk mencapai efisiensi penggunaan yang maksimum.

Manajemen energi dan konservasi merupakan kunci untuk menggunakan bahan bakar dan energi listrik dalam langkah yang paling efisien. Sebenarnya manajemen energi dapat digunakan untuk penghematan besar pada pengeluaran operasi dari sebuah gedung. Jika bahan bakar dan konsumsi energi listrik dapat dikurangi, biaya dapat disimpan sebagai hasilnya. Beberapa perumahan, industri, bangunan yang mengalami perubahan dari hasil dalam menghemat energi dan biaya. Beberapa gedung dapat lebih efisien saat manajemen energi benar-benar dilakukan.

Manajemen energi yang baik dalam bangunan juga akan membantu melindungi sumber daya alam kita. Pengehematan biaya dan konservasi merupakan dua keuntungan besar dari manajemen energi. Sedikit hasil penting lainnya yaitu mengurangi ketergantungan dalam mengimpor minyak bumi dan sumber lainnya. Perlunya manajemen energi semakin terasa seiring dengan meningkatnya harga energi, karena dapat menurunkan biaya yang harus dikeluarkan untuk energi.

Salah satu bagian yang mendasari manajemen energi adalah audit energi. Laporan audit energi merupakan hasil dari audit plan yang akan diproses dan dianalisis lebih lanjut dalam manajemen energi. Dari hasil audit energi akan diketahui aliran energi yang memberikan gambaran tentang penggunaan energi, sehingga dapat disusun suatu rancangan strategis untuk mengendalikan penggunaan energi.

Obyek utama dari sistem manajemen ini adalah energi. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja atau memindahkan benda. Prinsip dari kekekalan energi adalah energi tidak dapat dihasilkan atau diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya, Hal ini yang dikenal dengan Hukum Kekekalan Energi atau Hukum Thermodynamika I.

## 2.3 Audit Energi

Audit energi merupakan salah satu bagian yang mendasari manajemen energi. Audit energi adalah teknik untuk menghitung besarnya konsumsi energi dan mengenali cara-cara untuk penghematannya. Dari hasil audit energi akan diketahui aliran energi yang memberikan gambaran tentang penggunaan energi, sehingga dapat disusun rancangan untuk mengendalikan pengendalian energi.

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam sebuah audit energi adalah energi digunakan, bagaimana energi digunakan, bagaimana biaya dapat direduksi, menghitung penghematan, dan bagaimana karakteristik sistem yang mengkonsumsi energi.

Menurut T.R Shivaramakrishnan (1996), audit energi dapat dibagi menjadi beberapa bentuk, antara lain *walking audit*, *preliminary audit*, *detailed audit*, *energy management plan and implementation action*.

a. *Walking audit*

*Walking audit* sering disebut dengan mini audit. Audit yang dilakukan secara sederhana tanpa memerlukan perhitungan yang rinci, hanya melakukan analisis sederhana. Umumnya fokus dari audit ini adalah pada bidang perawatan dan penghematan yang tidak memerlukan biaya investasi yang sangat besar. Biasanya auditor bukan seseorang yang profesional dalam bidang audit energi.

b. *Preliminary audit* (Audit awal)

Audit yang hanya dilakukan pada bagian vital, analisis didapat dengan perhitungan yang cukup jelas. Audit ini meliputi identifikasi gedung, analisis kondisi aktual, menghitung konsumsi energi, menghitung pemborosan energi dan beberapa usulan.

c. *Detailed audit* (Audit rinci)

Audit energi yang dilakukan secara menyeluruh terhadap semua aspek yang mengkonsumsi energi listrik beserta semua kemungkinan penghematan yang dapat dilakukan. Biasanya dilakukan oleh auditor yang profesional dalam jangka waktu tertentu. Pelaksanaan audit didahului dengan analisis biaya audit energi, identifikasi gedung, analisis kondisi aktual, dan menghitung semua konsumsi energi. Konsumsi energi ini meliputi energi primer, seperti listrik dan bahan bakar, juga energi sekunder seperti air, telepon dan lain-lain. Selain itu melakukan perhitungan pemborosan energi, kesempatan konservasi energi dan analisis penghematan.

d. *Energy management plan and implementation action*

Audit energi yang dilakukan sebagai salah satu cara dalam manajemen energi. Pada dasarnya audit ini sama dengan *detailed audit*, akan tetapi audit ini dilakukan secara berkesinambungan, dalam jangka waktu yang cukup lama. Audit energi inidimulai dengan membentuk sebuah organisasi manajemen energi. Hasil dari audit menjadi masukan utama bagi sistem manajemen energi untuk melakukan pengaturan energi secara terpadu.

## 2.4 Klasifikasi Daya listrik

Klasifikasi daya listrik pada umumnya dibagi menjadi tiga bagian (Pabla, 1994), yaitu:

### a. Daya Tersambung

Daya tersambung adalah daya yang disambungkan oleh pihak PLN kepada konsumen. Dalam menyalurkan energi listriknya pihak PLN mempunyai aturan-aturan tertentu sehingga konsumen harus mengikuti aturan-aturan yang telah ditetapkan tersebut.

### b. Daya Terpasang

Daya terpasang adalah besarnya daya yang dihitung dari besarnya masing-masing beban yang terpasang. Beban yang terpasang dapat berupa lampu-lampu, motor-motor listrik, dan beban listrik lainnya. Daya terpasang biasanya dinyatakan dalam kVA. Besarnya daya terpasang ini bisa lebih besar dari daya tersambung karena ada kemungkinan beban-beban yang ada tidak beroperasi secara bersamaan.

### c. Daya Terpakai

Daya terpakai adalah besarnya pemakaian daya listrik dari beban yang terpasang. Besarnya pemakaian daya listrik ini dapat diketahui dari peralatan pengukur, misalnya Watt meter dan peralatan lainnya. Beban-beban yang terpasang ada kemungkinan tidak dioperasikan secara serentak, sehingga besarnya daya yang terpakai ini berada dibawah daya tersambung.

## 2.5 Klasifikasi Beban

Dalam distribusi tenaga listrik secara umum beban diklasifikasikan menjadi empat macam yaitu beban perumahan, beban industri, beban komersil dan beban publik masing masing jenis beban ini mempunyai karakteristik atau pola pembebanan yang berbeda. Hal ini karena pemakaian listrik yang berbeda dari masing-masing jenis beban tersebut.(Pabla, 1994:7)

Untuk lebih memahami masing-masing jenis beban perumahan, industri, komersil dan publik dapat dijelaskan sebagai berikut:

### a. Beban Perumahan

Beban perumahan atau beban residential adalah beban listrik di daerah perumahan. Peralatan pada beban ini umumnya terdiri dari lampu penerangan,

televisi, lemari es, mesin cuci, kompor listrik, motor-motor listrik kecil dan sebagainya. Faktor beban berkisar antara 10% sampai 15%.

b. Beban Industri

Beban industri adalah beban listrik yang berasal dari peralatan listrik di daerah industri. Beban listrik pada daerah ini berupa penerangan, pemanas, motor-motor listrik, dan lainnya. Pada beban industri faktor beban berkisar antara 70% sampai 80%.

c. Beban Komersil

Beban komersil atau beban usaha adalah beban listrik pada daerah pertokoan, hotel dan sebagainya. Beban yang terpasang umumnya terdiri dari lampu penerangan, kipas angin, *air conditioning* (AC), lift, lampu reklame dan sebagainya. Pada beban komersil faktor beban umumnya berkisar antara 25% sampai 30%

d. Beban Publik

Beban publik adalah beban listrik fasa kantor-kantor pemerintah dan fasilitas lainnya seperti sekolah, rumah sakit, panti asuhan, penerangan jalan dan sebagainya. Pada beban publik faktor beban umumnya berkisar antara 10% sampai 25%.

## 2.6 Intensitas Konsumsi Energi listrik (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui besarnya pemakaian energi listrik pada suatu sistem (bangunan). Pada hakekatnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah pembagian antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung.

Tingkatan IKE menurut pedoman pelaksanaan konversi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional dalam menentukan prestasi penghematan energi untuk gedung menggunakan AC adalah

1. Sangat efisien (4,17 – 7,92) kWh/m<sup>2</sup>/bulan
2. Efisien (7,93 – 12,08) kWh/m<sup>2</sup>/bulan
3. Cukup efisien (12,08 – 14,58) kWh/m<sup>2</sup>/bulan
4. Sedikit boros (14,58 – 19,17) kWh/m<sup>2</sup>/bulan
5. Boros (23,75 – 37,5) kWh/m<sup>2</sup>/bulan
6. Sangat boros (23,75 – 37,5) kWh/m<sup>2</sup>/bulan

Sedangkan untuk gedung tidak menggunakan AC adalah

1. Efisien(0,84 – 1,67) kWh/m<sup>2</sup>/bulan
2. Cukup efisien(1,67 – 2,5) kWh/m<sup>2</sup>/bulan
3. Boros (2,5 – 3,34) kWh/m<sup>2</sup>/bulan
4. Sangat boros(3,34 – 4,17) kWh/m<sup>2</sup>/bulan

Konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC dan atau tidak menggunakan AC:

- a. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung kurang dari 10 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang tidak menggunakan AC dan konsumsi energi per luas lantai adalah

$$IKE_1 = \frac{\text{Total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Luas Lantai Total (m}^2\text{)}} \quad (2-1)$$

- b. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 90 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC dan konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC adalah

$$IKE_2 = \frac{\text{Total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Luas Lantai Total (m}^2\text{)}} \quad (2-2)$$

- c. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 10 % dan kurang dari 90 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC dan tidak menggunakan AC. Konsumsi energi per luas lantai tidak menggunakan AC adalah

$$IKE_3 = \frac{\text{Total konsumsi energi (kWh)} - \text{Konsumsi energi AC (kWh)}}{\text{Luas Lantai Total (m}^2\text{)}} \quad (2-3)$$

Konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC adalah

$$IKE_4 = \frac{\text{Konsumsi energi AC}}{\text{Luas Lantai berAC (m}^2\text{)}} + \frac{\text{Total konsumsi energi} - \text{Konsumsi energi AC}}{\text{Luas Lantai Total (m}^2\text{)}} \quad (2-4)$$

## 2.7 Beban listrik

Daya listrik dalam bentuk kompleks dapat dinyatakan oleh persamaan (Budiono Mismail Jilid 1,1995:192)

$$S = P \pm jQ \quad (2-5)$$

Dimana : S = daya kompleks (VA)

P = daya aktif/nyata (Watt)

Q = daya reaktif (VAR)

Besar kecilnya daya reaktif yang diserap oleh beban mengakibatkan faktor daya sistem berbeda. Faktor daya minimal yang harus dipenuhi oleh beban yang tersambung ke jaringan PLN di Indonesia adalah minimal 0.85 *lagging*. Bagi beban memiliki faktor daya kurang dari 0.85 *lagging* akan dikenakan denda pinalti. Oleh karena itu denda pinalti dapat diturunkan/dihilangkan perlu dipasang kompensasi daya reaktif di sisi beban. Keuntungan lain dari pemasangan kompensasi daya reaktif adalah menurunkan jatuh tegangan (menaikan tegangan), mengurangi rugi-rugi saluran, menambah penyediaan kapasitas daya (VA). Kapasitor dapat dipasang di terminal beban dan di pusat pengendalian beban.

Sedangkan untuk mencari nilai energi (W), digunakan persamaan (Budiono Mismail,1995) berikut:

$$W = P \times t \quad (2-6)$$

Dimana: W = energi listrik (kWh)

P = daya yang digunakan (kW)

t = waktu (jam)

### 2.7.1 Beban Penerangan

Untuk menerangi suatu tempat, diperlukan adanya cahaya. Dalam sumber cahaya buatan, untuk memperoleh cahaya buatan tersebut perlu disediakan energi. Untuk sumber cahaya alami, penyediaan energi itu tidak diperlukan, karena alam yaitu matahari yang menyediakannya. Oleh karena itu, cahaya yang berasal dari sumber cahaya alami perlu dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya meskipun waktunya sangat terbatas, yaitu hanya pada siang hari saja. Namun sayang masih banyak terjadi cahaya alami siang hari tersebut belum dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya. Hal ini dijumpai dengan masih seringnya penggunaan sumber cahaya buatan yaitu listrik pada siang hari.

Cahaya yang berasal dari lampu listrik adalah cahaya buatan, dan seperti yang telah disinggung diatas, untuk memperolehnya diperlukan penyediaan energi. Dengan demikian bahwa, apabila cahaya alami tersebut dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya (meskipun terbatas pada siang hari saja), langkah itu telah dapat ikut dalam usaha penghematan energi.

Intensitas penerangan harus ditentukan di tempat pekerjaan akan dilakukan, bidang pekerjaan umumnya berada 80 cm di atas lantai. Intensitas penerangan ditentukan oleh sifat dan jenis dari pekerjaan yang akan dilakukan dalam ruang tersebut, serta oleh lamanya waktu kerja. Pekerjaan dengan waktu kerja yang panjang dan membutuhkan ketelitian tinggi yang dilakukan dengan bantuan penerangan buatan, memerlukan intensitas penerangan yang besar dengan tingkat kesilauan rendah.

**a. Tingkat pencahayaan/Iluminasi**

Satu objek pada siang hari dapat terlihat dengan mudah, dapat saja pada malam hari tidak terlihat karena mata kita bergantung pada tingkat pencahayaan yang jatuh pada suatu benda. Tingkat pencahayaan (iluminasi) sebagian besar ditentukan oleh tingkat pencahayaan yang jatuh pada suatu luas permukaan atau bidang dan dinyatakan sebagai iluminasi rata-rata. Iluminasi rata-rata dalam lux adalah perbandingan jumlah fluks cahaya yang jatuh pada area pencahayaan dengan luas bidang. Atau dapat ditulis dengan persamaan (P.Van Harten II,1974:8):

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (2-7)$$

Dimana: E = Tingkat pencahayaan (lux)

$\phi$  = total fluks cahaya yang jatuh pada area pencahayaan (lumen)

A = luas bidang (m<sup>2</sup>)

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan tergantung pada jenis kegiatan yang dilakukan. Kegiatan-kegiatan yang memerlukan ketelitian dan konsentrasi serta dukungan cahaya yang tinggi memerlukan tingkat pencahayaan yang tinggi pula. Tingkat pencahayaan tersebut memiliki standar minimum yang direkomendasikan, salah satunya standar yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional Indonesia yaitu SNI 03-6575-2001.

Tabel 2.1 Tingkat Pencahayaan Minimum yang Direkomendasikan

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (lux)	Keterangan
<b>Perkantoran:</b>		
Ruang direktur	350	
Ruang kerja	350	
Ruang komputer	350	Gunakan armatur berkisi-kisi untuk mencegah silau akibat pantulan layar monitor
Ruang rapat	300	
Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar
Gudang arsip	150	
Ruang arsip aktif	300	
<b>Lembaga Pendidikan:</b>		
Ruang kelas	250	
Perpustakaan	300	
Laboratorium	500	
Ruang gambar	750	Gunakan pencahayaan setempat pada meja gambar

Sumber: SNI 03-6575-2001, Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan Pada Bangunan Gedung.

### b. Efisiensi Penerangan

Efisiensi penerangan atau yang disebut juga efikasi luminus, menunjukkan efisiensi penerangan dari pengalihan energi listrik ke cahaya dan dinyatakan dalam lumen per watt.

Banyaknya cahaya yang dihasilkan oleh suatu lampu disebut fluks luminus dengan satuan lumen. Efikasi luminus lampu bertambah dengan bertambahnya daya lampu. Rugi-rugi *ballast* harus ikut diperhitungkan dalam menentukan efisiensi sistem lampu (daya lampu ditambah rugi-rugi balast). Persamaan tersebut (P. Van Harten II, 1974:39) yaitu:

$$\Phi_0 = \frac{E \times A}{\eta} \quad (2-8)$$

Dimana: A = luas bidang kerja (m<sup>2</sup>)

E = intensitas penerangan yang diperlukan di bidang kerja

### c. Efisiensi Armatur

Efisiensi armatur merupakan perbandingan fluks cahaya yang dipancarkan oleh armatur dengan fluks cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya.

Efisiensi ini dibagi atas bagian fluks cahaya di atas dan di bawah bidang horisontal. Efisiensi sebuah armatur ditentukan oleh konstruksi dan bahan yang digunakan. Dalam efisiensi penerangan selalu diperhitungkan armaturnya.

Klasifikasi armatur berdasarkan arah distribusi cahayanya , yaitu:

- **Sistem iluminasi langsung**, dimana pada sistem ini 90% sampai 100% dari cahaya diarahkan secara langsung kepada permukaan yang perlu diterangi. Sistem ini lebih efektif dalam menyediakan penerangan namun juga mengakibatkan adanya bayangan yang dapat mengganggu.
- **Sistem illuminasi semi langsung**, dimana pada sistem ini 60% sampai 90% dari cahaya diarahkan langsung pada permukaan yang perlu diterangi, sedangkan selebihnya menerangi langit-langit dan dinding.
- **Sistem illuminasi tak langsung**, dimana pada sistem ini 90% sampai 100% dari cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas untuk dipantulkan dan kemudian menerangi seluruh bagian ruangan berupa cahaya diffus.
- **Sistem illuminasi diffus**, dimana pada sistem ini separuh cahaya diarahkan langsung pada permukaan yang perlu diterangi sedangkan sisanya dipergunakan untuk menerangi langit-langit dan dinding.
- **Sistem illuminasi semi tak langsung**, dimana pada sistem ini 60% sampai 90% dari cahaya diarahkan ke langit-langit dan dinding bagian atas dan sisanya ke bawah. Masalah bayangan tidak ada dan kesilauan dapat dikurangi.

**d. Faktor-faktor Refleksi**

Faktor-faktor refleksi  $r_w$  dan  $r_p$  masing-masing menyatakan bagian yang dipantulkan dari fluks cahaya yang diterima oleh dinding dan langit-langit, dan kemudian mencapai bidang kerja.

Faktor refleksi semu bidang pengukuran atau bidang kerja  $r_m$ , ditentukan oleh refleksi lantai dan refleksi bagian dinding antara bidang kerja dan lantai. Umumnya  $r_m$  ini diambil 0,1. Langit-langit dan dinding berwarna terang memantulkan 50-70% dan yang berwarna gelap 10-20%.

Pengaruh dinding dan langit-langit pada sistem penerangan langsung jauh lebih kecil daripada pengaruhnya pada sistem-sistem penerangan lainnya. Sebab cahaya yang jatuh di langit-langit dan dinding hanya sebagian kecil saja dari fluks cahaya.

Dalam tabel 2.2 efisiensi penerangannya diberikan untuk tiga nilai  $r_p$  yang berbeda. Pada setiap nilai  $r_p$  terdapat tiga nilai  $r_w$ . untuk faktor refleksi

dinding  $r_w$  ini dipilih suatu nilai rata-rata, sebab pengaruh gorden dan sebagainya sangat besar.

Tabel 2.2 Efisiensi Penerangan

k	Efisiensi Penerangan untuk Keadaan Baru									Faktor Depresiasi			
	$r_p$	0,7			0,5			0,3			1thn	2thn	3thn
	$r_w$	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1			
	$r_m$	0,1			0,1			0,1					
0,5		0,32	0,26	0,22	0,29	0,24	0,21	0,27	0,23	0,20			
0,6		0,37	0,31	0,27	0,35	0,30	0,26	0,32	0,28	0,25	Pengotoran ringan		
0,8		0,46	0,41	0,36	0,43	0,38	0,35	0,40	0,36	0,33	0,90	0,80	0,75
1		0,53	0,48	0,44	0,49	0,45	0,42	0,46	0,42	0,39			
1,2		0,58	0,52	0,48	0,54	0,49	0,46	0,50	0,46	0,43	Pengotoran sedang		
1,5		0,62	0,58	0,54	0,58	0,54	0,51	0,54	0,51	0,48	0,80	0,75	0,65
2		0,68	0,64	0,60	0,63	0,59	0,57	0,58	0,55	0,53			
2,5		0,71	0,67	0,64	0,66	0,63	0,60	0,61	0,59	0,57	Pengotoran berat		
3		0,73	0,70	0,67	0,68	0,65	0,63	0,63	0,61	0,59	x	X	X
4		0,76	0,74	0,71	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,62			
5		0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64			

Sumber: P. Van Harten, 1974:II-44

### e. Indeks Ruangan

Indeks ruangan ( $k$ ) menyatakan perbandingan antara ukuran-ukuran utama suatu ruangan berbentuk bujur sangkar. Persamaan tersebut (P. Van Harten II, 1974:40) yaitu:

$$k = \frac{p \times l}{h(p+l)} \quad (2-9)$$

Dimana:  $p$  = panjang ruangan (m)

$l$  = lebar ruangan (m)

$h$  = tinggi sumber cahaya di atas bidang kerja (m)

Bidang kerja adalah suatu bidang horisontal khayal, umumnya 0,8 m di atas lantai.

**f. Faktor penyusutan atau faktor depresiasi**

Faktor depresiasi (d) merupakan perbandingan antara E dalam keadaan dipakai dengan E dalam keadaan baru. Intensitas penerangan (E) dalam keadaan dipakai adalah intensitas penerangan rata-rata suatu instalasi dengan lampu-lampu dan armatur-armatur, yang daya gunanya telah berkurang karena kotor, sudah lama dipakai atau karena sebab-sebab lain.

Efisiensi penerangan yang diberikan pada tabel 2.2 berlaku untuk suatu instalasi dalam keadaan baru. Kalau faktor depresiasinya 0,8 suatu instalasi dalam keadaan baru memberi lux 250, akan memberi hanya 200 lux saja dalam keadaan sudah dipakai.

Jadi untuk memperoleh efisiensi penerangan dalam keadaan dipakai, nilai redemen yang didapat dari tabel mesih harus dikalikan dengan faktor depresiasinya. Faktor depresiasi dibagi menjadi tiga golongan utama, yaitu untuk:

- a. Pengotoran ringan
- b. Pengotoran biasa
- c. Pengotoran berat

Masing-masing golongan utama ini dibagi lagi menjadi tiga kelompok, tergantung pada masa pemeliharaan lampu-lampu dan armaturnya, yaitu setelah 1, 2 atau 3 tahun. Pengotoran ringan terjadi di toko-toko, kantor-kantor dan gedung-gedung sekolah yang berada di daerah-daerah yang hampir tidak berdebu. Pengotoran berat akan terjadi di ruangan-ruangan yang banyak debu atau pengotoran lain, misalnya di perusahaan-perusahaan cor, pertambangan, pemintalan dan sebagainya. Pengotoran biasa terjadi di perusahaan-perusahaan lainnya.

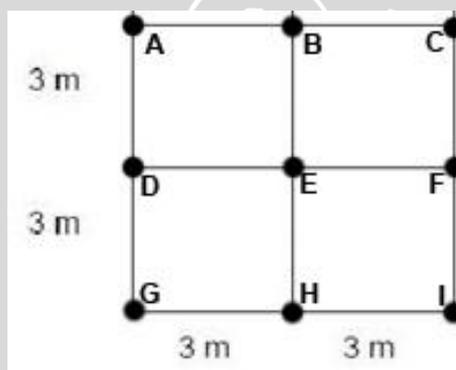
Jika tingkat pengotorannya tidak diketahui, digunakan faktor depresiasi 0,8. Dalam faktor depresiasi telah diperhitungkan pengaruh usia lampu-lampunya. Pengaruh ini tergantung pada jumlah jam lampu yang menyala. Untuk lampu-lampu TL diperhitungkan 1500 jam nyala per tahun, dan untuk lampu pijar 500 jam nyala per tahun. Angka-angka ini sesuai dengan angka rata-rata di instansi-instansi.

Jika intensitas penerangannya menurun sampai 20% di bawah yang seharusnya, lampu-lampu harus diganti atau dibersihkan. Penggantian lampu-

lampu ini sebaiknya dilakukan kelompok demi kelompok, agar tidak mengganggu kegiatan.

**g. Metode Penentuan dan Pengukuran Titik-titik Ukur Tingkat Pencahayaan**

Dalam menentukan titik-titik ukur dalam pengukuran ruang digunakan metode menurut SNI 16-7062-2004 mengenai "Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja". Untuk mencari besarnya tingkat pencahayaan dalam suatu ruang, harus melalui suatu pengukuran dengan menggunakan alat ukur berupa *luxmeter*. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan *luxmeter* diatas meja kerja yang ada. Untuk luas ruangan antara 10 m<sup>2</sup> sampai 100 m<sup>2</sup> dibuat titik potong garis horizontal panjang ruangan dan garis vertikal lebar ruangan pada jarak setiap 3 m. pengukuran akan dilakukan pada titik-titik potong tersebut, seperti pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Denah titik pengukuran  
Sumber : SNI 16-7062-2004

Keterangan:

A, B, C, D, E, F, G, H, I = Titik-titik pengukuran

Saat pengukuran dilakukan pintu ruangan dalam keadaan sesuai dengan kondisi tempat pekerjaan dilakukan. Lampu ruangan dalam keadaan dinyalakan sesuai dengan kondisi pekerjaan.

Setelah melakukan pengukuran, hal selanjutnya dilakukan adalah menentukan apakah tingkat pencahayaan minimum pada titik-titik ukur  $\geq 80\%$  dari tingkat pencahayaan rata-rata. Dari pengukuran di titik-titik ukur, maka didapatkan tingkat pencahayaan rata-rata ruang. Apabila ada titik ukur yang berada dibawah 80% tingkat pencahayaan rata-rata, berarti tidak memenuhi syarat sebagai penerangan merata.

### 2.7.2 Motor listrik

Motor listrik digunakan dalam laboratorium untuk mendukung perkuliahan. Motor listrik itu sendiri terdiri dari motor listrik arus searah, motor sinkron, dan motor induksi. Prinsip pengoperasian motor adalah prinsip sebuah penghantar yang berada dalam medan magnet dialiri arus menimbulkan gaya mekanik yang menyebabkan motor berputar.

Manajemen energi untuk motor listrik meliputi penjadwalan beban, pemeliharaan motor berkala, penanganan faktor daya, kesetimbangan tegangan *supply*, dan efisiensi pemakaian motor. Penjadwalan pembebanan motor mengakibatkan motor digunakan sesuai dengan kapasitasnya dan efisien dalam penggunaan sehingga tidak terjadi pemborosan. Pemeliharaan berkala akan sangat menguntungkan karena *losses* akibat faktor listrik dapat ditekan. Penanganan faktor daya dengan pemasangan kapasitor akan efektif dalam pemakaian konsumsi daya listrik.

### 2.7.3 Beban *Air Conditioner* (AC)

Tata udara pada bangunan yang sederhana dan yang terletak di lingkungan yang segar pada umumnya dapat dilakukan secara alami. Dalam hal ini penghuni bangunan tersebut dapat memperoleh kenyamanan secara alami pula tanpa perlu dilengkapi bangunan tersebut dengan alat pendingin ruangan (AC). Memang penggunaan alat pendingin ruangan secara benar akan meningkatkan kenyamanan dalam ruangan, namun demikian dilain pihak penggunaan energinya cukup besar. Bahkan pada umumnya lebih besar dari pada penggunaan energi listrik untuk penerangan. Satuan daya AC di pasaran biasa dikenal sebagai PK (*Paard Kracht*). PK adalah sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan BTU (*British Thermal Unit*). BTU berfungsi menentukan tingkat kesejukan udara yang dihasilkan. Semakin tinggi tingkat kedinginan, maka semakin besar PK nya.

Langkah-langkah penghematan energi dalam menggunakan AC sesuai dengan Instruksi Menteri Pekerjaan Umum No.2/IN/M/2008, yaitu:

- Mengatur suhu ruang ber-AC antara 24-25°C
- Menggunakan *Timer switch* untuk mengatur waktu “hidup dan mati” AC
- Menyalakan AC 1 jam sesudah jam kerja dimulai
- Mematikan AC 1 jam sebelum jam kerja berakhir
- Mematikan AC jika tidak digunakan

- Menghindari AC terkena langsung sinar matahari
- Memastikan udara luar tidak masuk ke dalam ruang ber-AC
- Menghindarkan sinar matahari langsung masuk ke ruang ber-AC

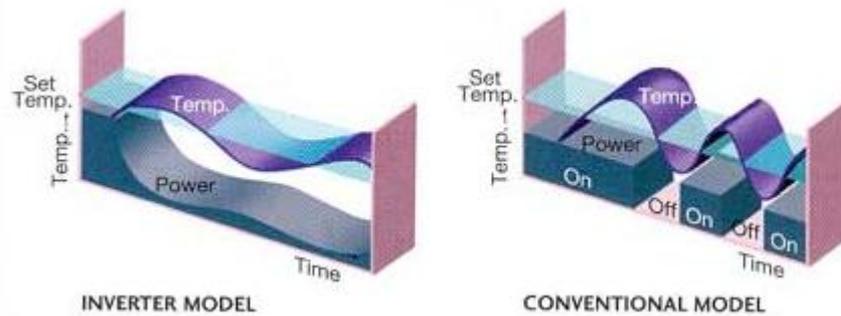
Pada peralatan pendingin (AC) berusia lebih dari 10 tahun, pemakaian energi akan lebih besar 30-50% dibandingkan dengan peralatan pendingin terkini. Untuk itu, laksanakan program penggantian peralatan pendingin (AC) dengan pendingin hemat energi dengan teknologi terbaru. Untuk mengetahui berapa PK yang dibutuhkan dalam suatu ruang, maka dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{p \times l \times t}{3} \times 500 \quad (2-10)$$

Keterangan :

$PK_{AC}$ yang dibutuhkan	= Daya AC ([BTU/jam]/PK)
p	= panjang ruangan ( m )
l	= lebar ruangan ( m )
t	= tinggi ruangan ( m )
1 PK	= 736 watt
1/2 PK	= 5000 BTU/Jam
3/4 PK	= 7000 BTU/Jam
1 PK	= 9000 BTU/Jam
1,5 PK	= 12.000 BTU/Jam
2 PK	= 18.000 BTU/Jam
2,5 PK	= 24.000 BTU/Jam

Pada AC konvensional, motor pada kompresor akan bekerja pada kecepatan maksimum jika suhu ruangan belum terpenuhi dan akan mati bila suhu ruangan sudah terpenuhi. Sedangkan arus yang dibutuhkan motor kompresor untuk start sangat tinggi sehingga menyebabkan biaya listrik meningkat. Hal tersebut yang dihindari oleh sistem AC inverter. Prinsip kerja AC inverter yaitu hidup dan mati dari motor kompresor diminimalkan, dengan menggunakan kompresor yang kecepatan motornya dapat berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan. Pada saat suhu ruangan belum mencapai suhu yang diinginkan, maka kecepatan motor kompresor akan maksimal dan kecepatan motor akan semakin berkurang jika suhu ruangan sudah mendekati suhu yang diinginkan. Perbandingan kurva temperatur terhadap waktu untuk AC inverter dan AC konvensional digambarkan pada Gambar 2.2



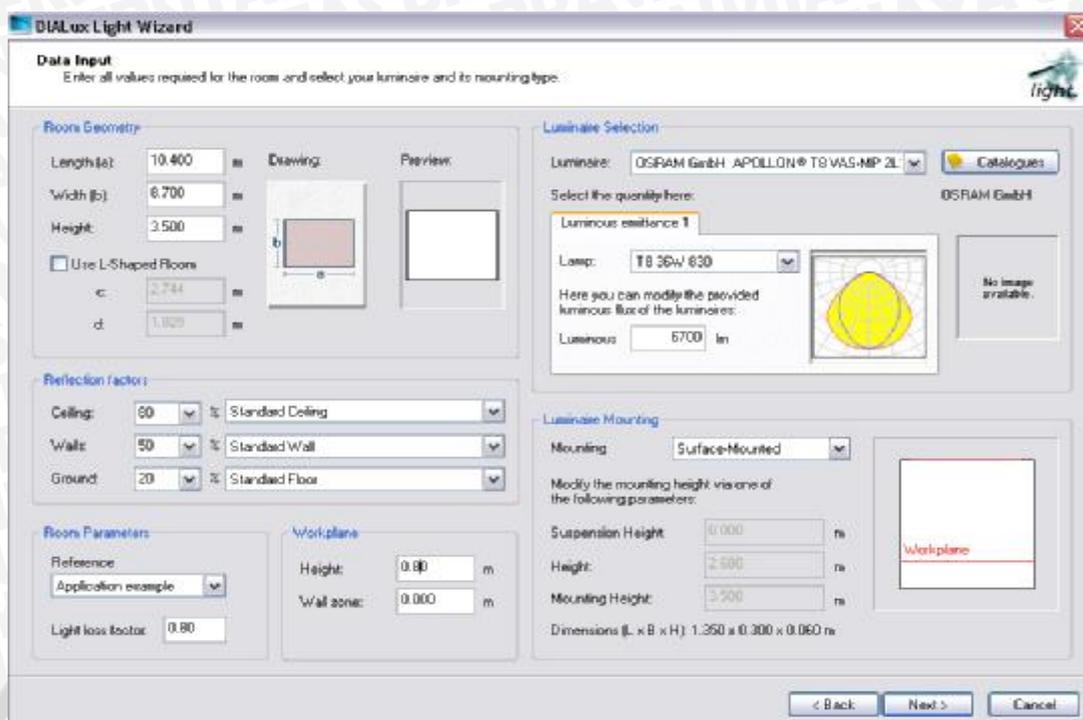
Gambar 2.2 Perbandingan kurva temperatur terhadap waktu untuk AC inverter dan AC konvensional

Sumber: [www.airconditioningfaq.com/Air-Conditioner/terminology/Air-Conditioning-Terminology.html](http://www.airconditioningfaq.com/Air-Conditioner/terminology/Air-Conditioning-Terminology.html)

## 2.8 Software DIALux

Program DIALux adalah salah satu program yang dapat digunakan untuk merancang bentuk dan dan kuat pencahayaan, baik di dalam ruangan (*indoor*), di luar ruangan (*outdoor*), maupun penerangan pada jalan raya (*road lighting*). Rancangan yang dihasilkan oleh program ini dapat dijadikan acuan dalam membuat suatu bentuk ruangan dengan standar penerangan. Program ini dapat dapat juga digunakan untuk menghitung biaya penggunaan beban lampu yang efisien untuk suatu ruangan tertentu. Program ini dapat didownload dari internet dengan alamat *website* <http://www.dialux.com>.

Agar program DIALux dapat menghasilkan output, maka diperlukan data-data dari ruangan berupa panjang ruangan, lebar ruangan, tinggi ruangan, faktor refleksi, jenis lampu, lumen lampu, dan jumlah lampu yang digunakan. Input program DIALux dapat dilihat pada Gambar 2.3.

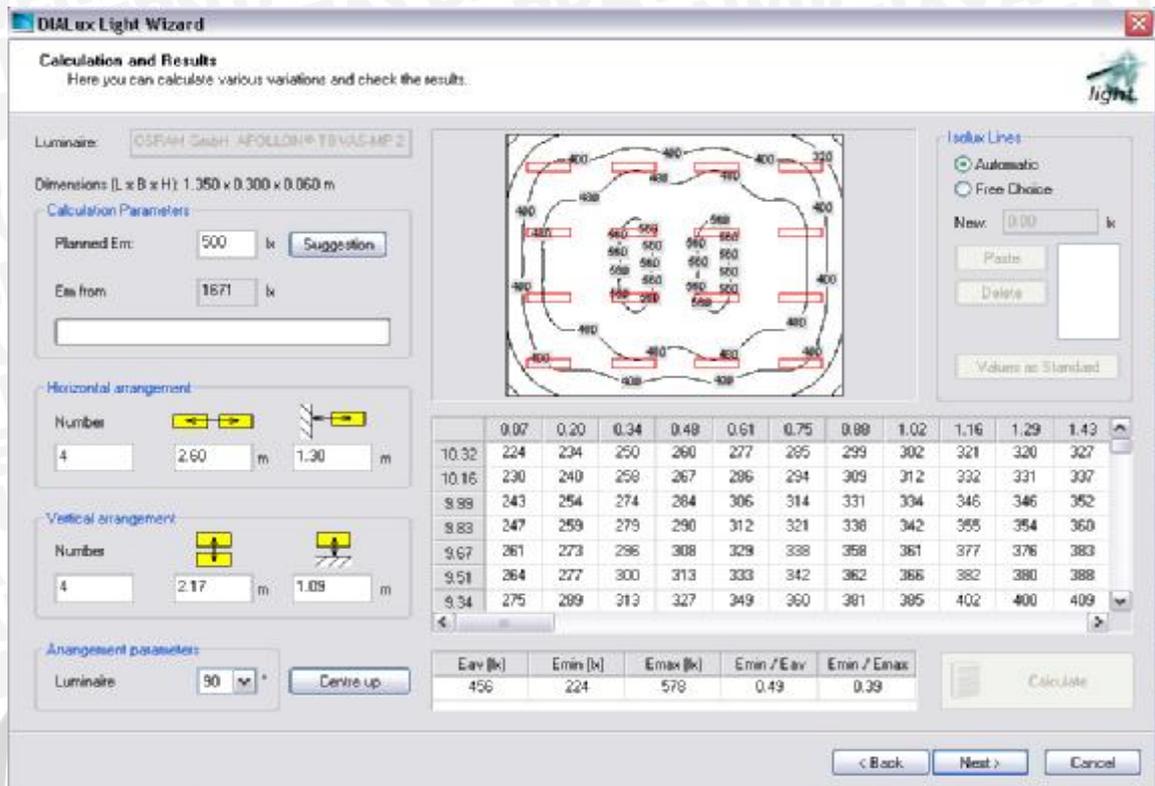


Gambar 2.3 Input program DIALux  
Sumber : Software DIALux

Langkah-langkah menggunakan program DIALux:

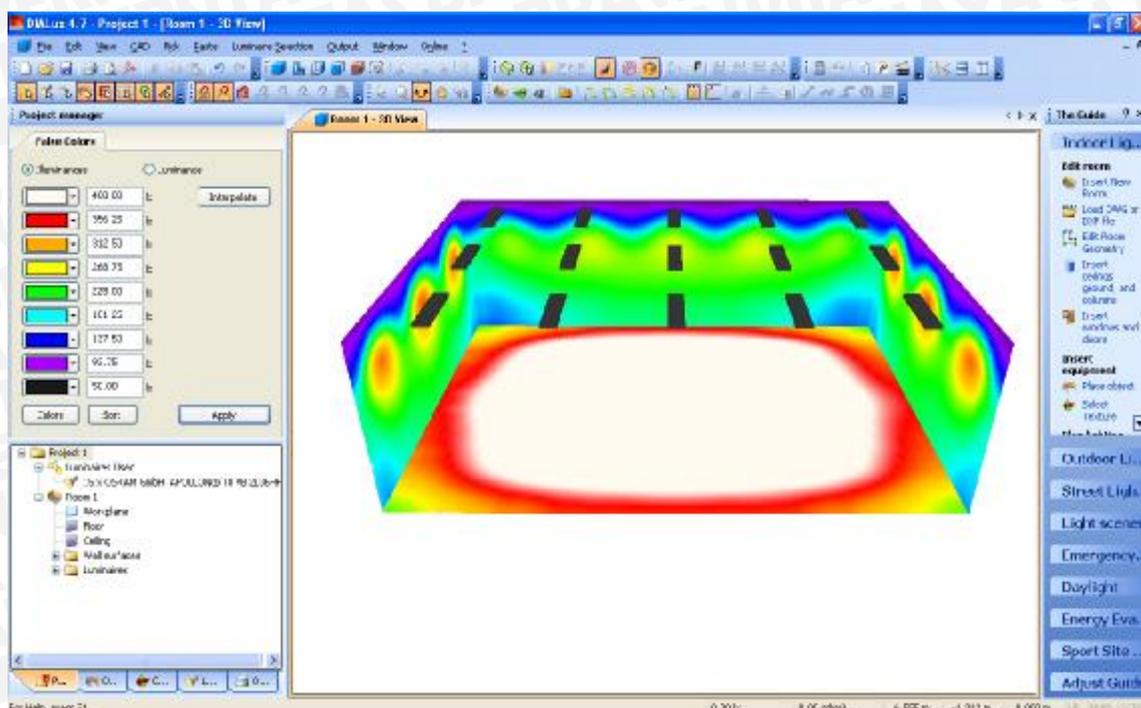
- a. Masukkan data-data yang diperlukan, seperti:
  - Panjang, lebar, tinggi ruang
  - Faktor refleksi langit-langit, dinding, lantai
  - Tinggi meja kerja
  - Pilih luminasi yang diinginkan dari katalog.
- b. Klik *next* untuk menghitung intensitas pencahayaan.
- c. Masukkan data intensitas pencahayaan sesuai standar
- d. Pilih banyaknya titik lampu yang diinginkan untuk arah vertikal maupun horizontal.
- e. Pilih juga untuk parameter posisi luminansinya.
- f. Klik *calculate* untuk menghitung tingkat intensitas cahaya rata-rata, minimum, maksimum.
- g. Klik *next* untuk mengetahui hasil dimensinya

Output akhir dari program ini berupa garis-garis isolux yaitu garis-garis penghubung titik-titik dengan kuat penerangan yang sama, dan output dapat ditampilkan sebagai grafik angka, isolux garis dan gambar 3D. Contoh output dapat dilihat pada gambar 2.4 dan gambar 2.5.



Gambar 2.4 Output program DIALux  
Sumber : Software DIALux

Dari Gambar 2.4 dapat dilihat pada *planned Em* merupakan intensitas penerangan yang diinginkan, *horizontal arrangement* merupakan jumlah lampu yang diinginkan dan *arrangement parameter* merupakan pososo dari luminer. Setelah *planned Em*, *horizontal arrangement*, *arrangement parameter* telah diisi, kemudian klik *next* maka selanjutnya akan didapatkan intensitas pencahayaan rata-rata, minimum, maksimum,  $E_{min}/E_{av}$ ,  $E_{min}/E_{max}$ . Data-data yang ada pada tabel merupakan intensitas pencahayaan pada titik-titik ruang.



Gambar 2.5 Gambar 3D dan Distribusi Pencahayaan  
Sumber : Software DIALux

Dari gambar 2.5 dapat dilihat bentuk 3D dari tata letak lampu yang dirancang dan distribusi pencahayaan yang dihasilkan lampu. Dari keterangan warna yang ada pada gambar, warna putih merupakan distribusi pencahayaan yang paling maksimal dan warna hitam merupakan distribusi pencahayaan paling minimal.

## 2.9 Jenis Saklar

Saklar digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik. Saklar sering disebut dengan saklar beban, memiliki pemutusan sesaat. Pada saat saklar akan membuka untuk memutus rangkaian, sebuah pegas akan diregangkan. Pegas inilah yang menggerakkan saklar sehingga dapat memutuskan rangkaian dalam waktu singkat. Jadi kecepatan pemutusannya ditentukan oleh pegas dan tidak tergantung pada pelayanan. Karena cepatnya pemutusan, kemungkinan timbulnya busur api antara kotak kontak pemutusannya hanya kecil.

Saklar harus memenuhi beberapa persyaratan (P. Van Harten, 1980: I-40), antara lain:

- Harus dapat melayani secara aman tanpa menggunakan alat bantu.
- Jumlahnya harus sedemikian sehingga semua pekerjaan pelayanan, pemeliharaan dan perbaikan pada instalasi dapat dilakukan dengan aman.

- c. Dalam keadaan terbuka, bagian-bagian saklar yang bergerak harus tidak bertegangan.
- d. Harus tidak dapat menghubungkan dengan sendirinya karena pengaruh gaya berat.
- e. Kemampuan saklar sekurang-kurangnya harus sesuai dengan daya alat yang dihubungkannya, tetapi tidak boleh kurang dari 5A.

Saklar-saklar dapat dikelompokkan sebagai berikut.

- a. Saklar kotak
- b. Saklar tumpuk atau saklar paket
- c. Saklar sandung
- d. Saklar tuas
- e. Saklar giling

Untuk gambar dari pengelompokan saklar dapat dilihat pada Gambar 2.6



b. Saklar Kotak



a. Saklar Tumpuk



b. Saklar Sandung



c. Saklar Tuas



d. Saklar Giling

Gambar 2.6 Gambar Jenis-Jenis Saklar

Sumber : P. Van Harten, 1980: I

Untuk instalasi penerangan umumnya digunakan saklar kotak untuk menyalakan dan mematikan lampu. Saklar tersebut diberi nama saklar kotak, karena sering dipasang diatas sebuah kotak, yaitu kotak normal.

Menurut fungsinya saklar dibedakan menjadi:

- Saklar kutub satu
- Saklar kutub dua
- Saklar seri
- Saklar tukar atau saklar dua arah
- Saklar silang

Menurut bentuknya saklar dapat berupa:

- Saklar putar
- Saklar jungkir (*tumbler*)
- Saklar tarik
- Saklar jungkit
- Saklar tombol tekan

Selain itu saklar masih dapat dibedakan menjadi:

- Saklar yang ditanam
- Saklar yang tidak ditanam

Saklar-saklar kotak memiliki pemutusan sesaat, kecuali saklar jungkit. Saklar ini berkeja hampir tanpa suara. Karena itu umurnya lebih panjang daripada saklar-saklar dengan pemutusan sesaat. Tetapi saklar jungkit ini tidak cocok untuk arus searah, karena busur api yang dapat timbul. Namun untuk arus bolak balik saklar ini makin banyak digunakan, karena mudah dalam pemakaiannya.

Langkah-langkah penghematan energi dalam pemilihan saklar sesuai dengan Instruksi Menteri Pekerjaan Umum No.2/IN/M/2008, yaitu:

- Menggunakan saklar otomatis untuk lampu taman, koridor dan teras
- Mengatur saklar berdasarkan kelompok area
- Hindari memasang sebuah saklar untuk banyak lampu

## 2.10 *Simple Payback*

*Simple payback* dalam skripsi ini digunakan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan investasi yang telah dilakukan untuk mengganti sistem yang telah ada dengan sistem baru yang lebih hemat energi. *Simple Payback* dapat dihitung dengan persamaan (Albert Thumann,2003:47):

$$SP = \frac{\text{Investasi}}{\text{Saving}} \quad (2-11)$$

Dimana:

SP = Jangka waktu pengembalian investasi

Investasi = Jumlah investasi awal yang dilakukan dengan mengganti sistem lama dengan sistem baru

Saving = penghematan yang dihasilkan dengan sistem baru



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

#### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku-buku literatur maupun dari situs internet tentang konservasi energi listrik dan segala hal yang menunjang dalam penyusunan skripsi ini.

#### 3.2 Pengambilan Data

Data yang diambil sendiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Adapun data-data yang diperlukan adalah

- a. Data Beban terpasang
- b. Konsumsi Energi
- c. Tingkat pencahayaan ruang
- d. Denah gedung

#### 3.3 Analisis dan Pembahasan

Setelah data terkumpul, maka dianalisis sesuai dengan teori-teori dan literatur. Analisis konservasi energi listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya saat ini mengacu pada rumusan masalah yang meliputi :

- a. Survei keadaan instalasi lama untuk mengetahui keadaan penggunaan konsumsi energi sekarang.
- b. Analisis konsumsi energi listrik meliputi analisa penggunaan energi listrik per jenis peralatan. Setelah diketahui total penggunaan energi listrik oleh setiap peralatan.
- c. Analisis intensitas penerangan meliputi perhitungan intensitas penerangan rata-rata dan kuat pencahayaan yang merata.
- d. Metode efisiensi dengan selektifitas pensaklaran pada ruang-ruang yang telah disekat.

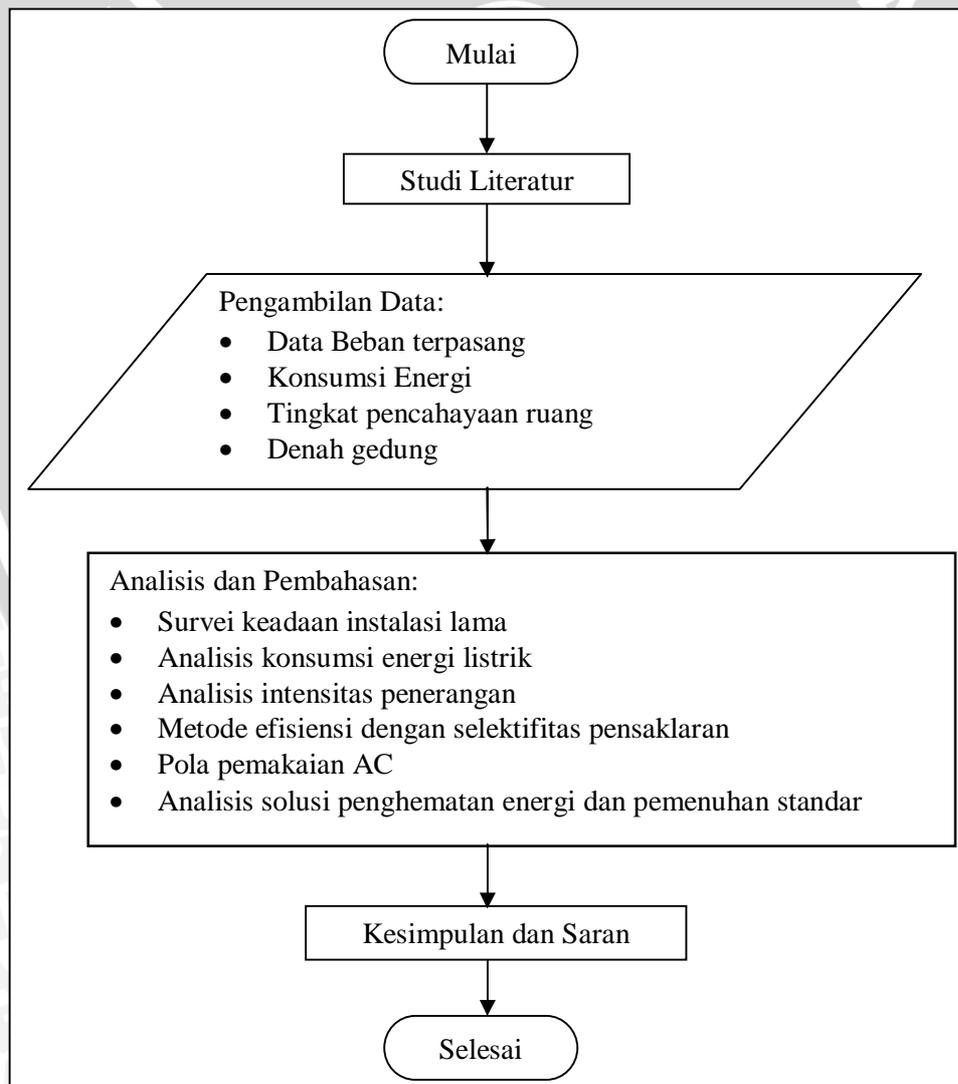


- e. Analisis pola pemakaian AC meliputi penggunaan AC pada ruang-ruang yang telah disekat.
- f. Analisis solusi penghematan energi dan pemenuhan standar yang harus dilakukan untuk mencapai tingkat efisiensi yang lebih baik di masa mendatang.

### 3.4 Penutup

Dalam bagian penutup ini akan dilakukan pengambilan kesimpulan dari hasil analisis sehingga dapat diketahui pemakaian energi listrik dan mendapatkan upaya penghematan energi yang signifikan.

Metodologi penelitian dalam skripsi ini dapat digambarkan pada *flowchart* seperti di bawah ini :



Gambar 3.1 *Flowchart*

Sumber: Penulis

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Survei Keadaan Instalasi Listrik Lama

Penggunaan atau konsumsi energi listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya setiap tahun meningkat tetapi tidak diiringi dengan perkembangan instalasi. Sudah lebih dari 20 tahun sejak pemasangan instalasi listrik di tiga gedung Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya belum pernah dilakukan evaluasi terhadap pemakaian energi listriknya. Seharusnya evaluasi terhadap pola pemakaian energi listrik dilakukan setiap tahun dengan tujuan "*energy saving*".

Pertumbuhan beban dan perubahan tata ruang pada sebagian gedung dilakukan tanpa mengubah instalasi listrik yang lama. Hal tersebut mengakibatkan timbulnya beberapa kasus yang ditemukan dari hasil pengamatan yaitu pensaklaran lampu yang tidak efisien, penambahan stop kontak pada ruangan-ruangan baru, lampu tidak berfungsi, penambahan stop kontak yang dihubungkan pada stop kontak yang telah ada sebelumnya. Hal tersebut membahayakan keamanan pengguna, tidak efisien dan jauh dari prinsip estetika. Kasus ini banyak sekali ditemukan, salah satu contoh dari hasil survei seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Contoh Temuan Pemasangan Instalasi di Teknik Elektro Universitas Brawijaya yang Berpotensi Menyebabkan Kebakaran  
Sumber: Hasil Pengamatan

Banyaknya daya yang harus diberikan ke beberapa beban yang terhubung melalui stop kontak tambahan yang dihubungkan pada sebuah stop kontak akan menimbulkan panas pada sisi konduktor. Panas ini merupakan sebuah bentuk perubahan energi dan sebagai salah satu indikasi terjadinya pemborosan energi. Selain hal tersebut, panas yang ditimbulkan dapat menurunkan kemampuan isolasi dari isolator kabel penghantar.

Selain usia instalasi yang lebih dari 20 tahun sebagai alasan utama, perubahan tata ruang pada kedua gedung tersebut membuat sistem pencahayaan yang sudah ada pada gedung tersebut tidak efisien, penyekatan yang dilakukan tanpa melakukan perubahan pada sistem penerangan membuat beberapa titik lampu kurang berguna dan menimbulkan pemborosan, letak saklar yang tidak diatur ulang menimbulkan kendala pada saat akan menyalakan beberapa titik lampu.

Lampu penerangan yang sebagian besar digunakan yaitu lampu TL yang menggunakan *ballast*. Selain itu, usia armatur, trafo dan *ballast* lampu juga sudah lama, penurunan nilai efisiensi juga dapat mengakibatkan pemborosan.

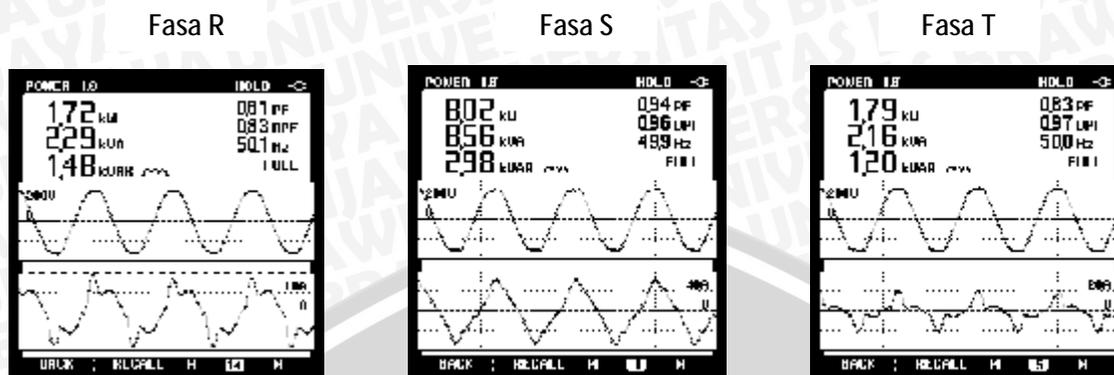
Usia instalasi listrik yang sudah lebih dari 20 tahun tentu akan mempengaruhi keadaan konduktor yang digunakan, perubahan suhu yang dapat disebabkan oleh lingkungan maupun panas yang diakibatkan arus beban akan mempengaruhi kualitas isolator dari kabel penghantar sehingga kemampuan isolasinya akan berkurang. Ini menjadi pertimbangan untuk dilakukan penggantian kabel konduktor dengan pertimbangan keamanan.

Pembenahan sistem pendingin ruangan juga perlu dilakukan. Beberapa ruang yang dahulunya hanya satu ruang yang dilengkapi pendingin udara atau AC, dilakukan pembagian ruang tanpa menata ulang penempatan AC, sehingga udara yang dihasilkan penyebarannya tidak merata karena terhambat oleh penyekatan ruangan.

Pertumbuhan beban yang pesat terutama peralatan yang menggunakan semikonduktor dan beban yang bersifat non linear mengakibatkan perubahan kualitas daya yang dihasilkan, ini dapat dilihat dari data hasil pengukuran yang menunjukkan kualitas daya dari masing-masing fasa pada panel utama untuk tiap gedung.

Pembagian beban juga tidak seimbang, untuk membuktikan terjadinya ketidakseimbangan beban yang terjadi pada sistem instalasi listrik pada Gedung A (Gedung Kuliah), Gedung B (Gedung Recording) dan Gedung C (Gedung Baru Elektro) dilakukan pengukuran arus, tegangan, daya dan harmonisa pada panel utama pada masing-masing gedung.

Gambar 4.2 memperlihatkan grafik hasil pengukuran daya penggunaan listrik pada tanggal 30 Juli 2009 pukul 10.11 WIB di Gedung C (Gedung Baru Elektro)



Gambar 4.2 Pengukuran Daya Fasa R, S dan T  
Sumber: Hasil Pengukuran

Data tersebut merupakan hasil pengukuran untuk daya tiap fasa pada panel utama:

- Fasa R daya yang terukur sebesar 1.72 kW, 2.29 kVA, 1.48 kVAR, faktor daya 0.81
- Fasa S daya yang terukur sebesar 8.02 kW, 8.56 kVA, 2.98 kVAR dan faktor daya 0.94.
- Fasa T daya yang terukur sebesar 1.79 kW, 2.16 kVA, 1.20 kVAR dan faktor daya 0.83.

Dari data yang diperoleh jika diambil sebuah nilai daya rata-rata yang terpakai untuk mengetahui besar nilai penyimpangan konsumsi daya tiap fasanya terhadap daya rata-rata maka diperoleh data sebagai berikut:

$$P_{\text{rata-rata}} = \frac{P_R + P_S + P_T}{3}$$

$$P_{\text{rata-rata}} = \frac{1,72 + 8,02 + 1,79}{3}$$

$$P_{\text{rata-rata}} = 3,843 \text{ kW}$$

Dari nilai daya rata-rata yang diperoleh, dapat diperoleh persentase nilai penyimpangan konsumsi daya tiap fasa terhadap daya rata-rata yaitu:

- fasa R
 
$$\Delta P_R = \left\| \frac{1,72 - 3,843}{3,843} \right\| \times 100\% = 55,24 \%$$
- fasa S
 
$$\Delta P_S = \left\| \frac{8,02 - 3,843}{3,843} \right\| \times 100\% = 108,69 \%$$
- fasa T
 
$$\Delta P_T = \left\| \frac{1,79 - 3,843}{3,843} \right\| \times 100\% = 53,42 \%$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat besar penyimpangan nilai daya tiap fasa dari nilai daya rata-rata. Fasa S merupakan fasa yang terjadi penyimpangan paling besar. Ini membuktikan terjadi ketidakseimbangan pembagian beban tiap fasanya sehingga perlu dilakukan pembagian beban yang lebih seragam. Dari ketidakseimbangan beban hal ini menyebabkan:

- Peningkatan rugi-rugi
- Mempengaruhi selektivitas MCB
- Menurunkan umur teknis peralatan

Persentase nilai penyimpangan konsumsi daya tiap fasa terhadap daya rata-rata pada Gedung A, Gedung B dan Gedung C dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Daya pada Panel Utama di Gedung A, B dan C

No	Tanggal	Gedung	Jam	Daya (kW)			Daya Rata-rata (kW)	Δ P (%)		
				Fasa R	Fasa S	Fasa T		Fasa R	Fasa S	Fasa T
1	23-07-2009	A	09.39	1	0,49	0,686	0,73	37,87	32,44	5,42
2	26-07-2009	B	10.05	2,62	1,41	1,64	1,89	38,62	25,40	13,23
3	27-07-2009	B	11.12	7,67	4,76	3,69	5,37	42,74	11,41	31,33
4	30-07-2009	C	10.11	1,72	8,02	1,79	3,84	55,25	108,67	53,43
5	11-08-2009	A	10.25	0,058	0,052	0,088	0,07	12,12	21,21	33,33
6	11-08-2009	B	10.37	0,788	0,599	0,391	0,59	32,96	1,07	34,03
7	08-10-2009	C	10.10	7,94	5,66	1,64	5,08	56,30	11,42	67,72

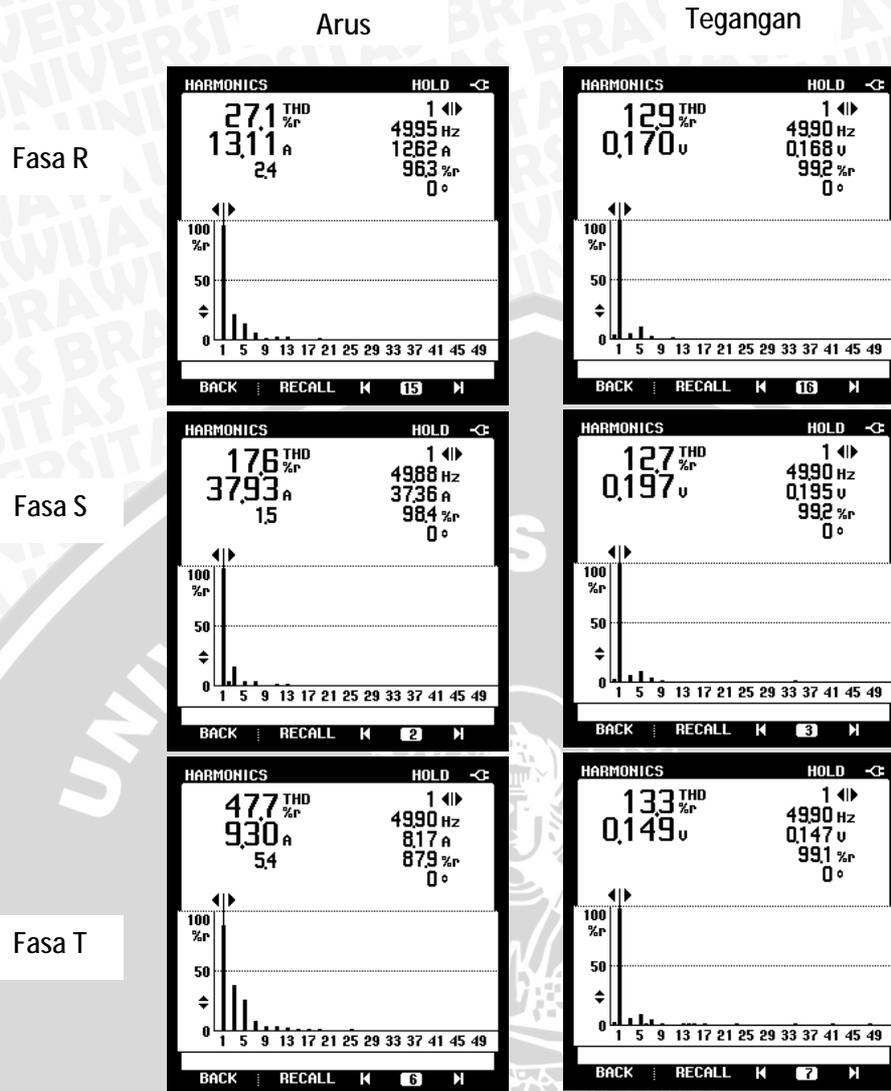
Sumber: Hasil Pengukuran

Keterangan:

- Gedung A = Gedung Kuliah
- Gedung B = Gedung *Recording*
- Gedung C = Gedung Baru Elektro

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui sebagai contoh pada tanggal 30 Juli 2009 pada pukul 10.11 beban 3 fasa tidak seimbang terlihat pada fasa S yang memiliki nilai daya melebihi daya rata-rata sebesar 3,84, jadi fasa S memiliki ketidakseimbangan beban sebesar 108,67%.

Dari segi kualitas daya yang dihasilkan juga kurang baik, hal ini dapat dilihat dari nilai faktor daya. Faktor daya fasa S mempunyai nilai yang baik, namun untuk fasa R dan fasa T nilai faktor dayanya kurang dari 0,85. Selain dari faktor daya, hasil pengukuran pada saat yang sama menunjukkan terdapat harmonisa yang nilainya berbeda untuk tiap fasanya, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Profil Kualitas Daya pada Panel Utama di Gedung C  
Sumber: Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran dapat diketahui kualitas arus dan tegangan pada masing-masing fasa. Berdasarkan data pengukuran, untuk harmonisa arus, nilai arus harmonisa pada fasa R yaitu 27,1% atau 13,11 A, nilai arus harmonisa pada fasa S adalah 17,6% atau 37,93 A, sedangkan pada fasa T memiliki nilai harmonisa arus yang besar bahkan diatas 40% yaitu 47,7% atau 9,3 A. Menurut IEEE 519-1992 batas nilai arus harmonisa atau THDI yaitu 15 %. Sedangkan dari hasil pengukuran pada fasa R, S dan T THDI diatas 15 %.

Untuk nilai harmonisa tegangan, nilai harmonisa tiap fasanya yaitu nilai tegangan harmonisa fasa R sebesar 12,9% atau 0,17 V, nilai tegangan harmonisa pada fasa S sebesar 12,7% atau 0,197 V, dan nilai tegangan harmonisa fasa T 13,3% atau 0,149 V.

Menurut IEEE 519-1992 batas nilai tegangan harmonisa atau THDV yaitu 5 %. Sedangkan dari hasil pengukuran pada fasa R, S dan T THDV diatas 5 %.

Dengan tingginya nilai *Total Harmonic Distortion* baik arus maupun tegangan tiap fasa jika dilihat dari standar batas THDV dan THDI IEEE 519-1992, maka pembenahan dari sisi instalasi dan beban juga perlu dilakukan berkaitan dengan kualitas daya yang dihasilkan instalasi listrik yang lama. Dari semua hasil survei dan pengukuran yang dilakukan, maka dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa keadaan instalasi sekarang sudah tidak layak dan perlu dilakukan perencanaan ulang sehingga dihasilkan sebuah instalasi baru yang lebih baik dan hemat energi.

#### 4.2 Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi

Dalam menghitung besarnya intensitas konsumsi energi dapat dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC (*Air Conditioner*) atau tidak menggunakan AC. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung kurang dari 10 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang tidak menggunakan AC. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 90 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 10 % dan kurang dari 90 %, maka gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC dan tidak menggunakan AC.

Perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan (2-3) dan (2- 4) dan disini yang digunakan sebagai contoh adalah perhitungan pada Gedung C (Gedung Baru Elektro) yang memiliki dua lantai dengan data sebagai berikut:

Ruang yang menggunakan AC yaitu:

- Lab komputasi & jaringan Komputer (C1.4) = 63 m<sup>2</sup>
- Lab Komputer & Kelas Multimedia I (C1.8) = 33.75 m<sup>2</sup>
- Lab Komputer & Kelas Multimedia II (C1.9) = 33.75 m<sup>2</sup>
- Ruang Pengelola Lab Komputer & Kelas Multimedia (C1.10) = 22.5 m<sup>2</sup>
- Lab Pengaturan (C2.4) = 126 m<sup>2</sup>
- Lab Transmisi dan Gelombang Mikro (C2.10) = 81 m<sup>2</sup>
- Lab Telekomunikasi (C2.11) = 81 m<sup>2</sup>

Total Luas lantai menggunakan AC	= 441 m <sup>2</sup>
Luas Lantai Total	= 1.607,04 m <sup>2</sup>
Persentase perbandingan luas lantai	= $\frac{441}{1607,04} \times 100\% = 27,44\%$
Konsumsi energi AC (kWh)	= daya nominal AC (kW) × pemakaian dalam sebulan (jam)
Konsumsi energi AC	= 0,75 kW × 8 jam × 30 hari × 9 AC = 1.620 kWh/bulan
Total konsumsi energi gedung	= 4.484,8 kWh/bulan

Dari data diatas dapat diperoleh intensitas konsumsi energi, karena presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 10 % dan kurang dari 90 %. Maka menggunakan persamaan (2-3) dan (2-4).

- $$IKE_3 = \frac{\text{Total konsumsi energi(kWh)} - \text{Konsumsi energi AC(kWh)}}{\text{Luas Lantai Total (m}^2\text{)}}$$

$$= \frac{4.484,8(\text{kWh}) - 1.620(\text{kWh})}{1.607,04(\text{m}^2)}$$

$$= 1,78 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$$
- $$IKE_4 = \frac{\text{Konsumsi energi AC(kWh)}}{\text{Luas Lantai berAC(m}^2\text{)}} + \frac{\text{Total konsumsi energi(kWh)} - \text{Konsumsi energi AC(kWh)}}{\text{Luas Lantai Total (m}^2\text{)}}$$

$$= \frac{1620(\text{kWh})}{441(\text{m}^2)} + \frac{4.484,8(\text{kWh}) - 1800(\text{kWh})}{1.607,04(\text{m}^2)}$$

$$= 5,45 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$$

Sesuai dengan pedoman pelaksanaan koversi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional dalam menentukan prestasi penghematan energi untuk gedung menggunakan AC dan tidak menggunakan AC, konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC dengan nilai 5,45 kWh/m<sup>2</sup>/bulan termasuk kategori sangat efisien. Sedangkan konsumsi energi per luas lantai tidak menggunakan AC dengan nilai 1,78 kWh/m<sup>2</sup>/bulan termasuk kategori Cukup efisien.

Dari hasil perhitungan konsumsi energi per luas lantai, baik yang menggunakan AC dan tidak menggunakan AC pada Gedung C masih termasuk dalam kategori efisien. Hal ini dikarenakan penggunaan AC dan peralatan listrik lainnya masih digunakan dalam keadaan insidentil. Tetapi Hal tersebut tidak menutup kemungkinan untuk terjadi pemborosan energi dari beberapa hal lainnya, sehingga perlu dilakukan audit atau evaluasi energi.

### 4.3 Analisis Intensitas Penerangan

#### 4.3.1 Perhitungan Intensitas Penerangan Rata-rata

Untuk menentukan kuat penerangan rata-rata pada ruangan, dapat menggunakan persamaan (2-7). Contoh perhitungan menggunakan ruang B 1.5 (Lab. Mesin Elektrik) di Gedung B (*Recording*), data penerangan di setiap titik dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Kuat penerangan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{Rata-rata}} &= \frac{\sum_{x=1}^n Ex}{n} \\
 &= \frac{320+135+170+250+150+200+300+120+200}{9} \\
 &= \mathbf{205 \text{ lux}}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Data Pengukuran Intensitas Penerangan

Ruang	Titik Pengukuran (lux)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A 1.3	100	130	100	105	130	105	300	130	90
A 2.1	210	120	65	95	125	100	85	105	80
A 2.3	100	125	100	100	130	100	320	130	85
A 2.7	120	140	230	120	145	120	120	140	100
B 1.5	320	135	170	250	150	200	300	120	200
B 1.11	275	220	220	110	85	65	63	85	65
B 1.15	180	170	210	205	105	140	195	75	110
B 2.11	200	120	120	270	185	200	240	185	160
B 2.4	65	78	100	120	205	200	180	80	75
C 1.1	60	45	100	75	70	100	65	75	100
C 2.4	230	320	270	250	320	480	150	235	360
C 2.11	65	150	310	100	130	300	90	110	30

Sumber: Hasil perhitungan

#### Keterangan:

A, B, C, D, E, F, G, H, I	= Titik-titik pengukuran
A 1.3, A 2.1, A 2.3, A 2.7	= Ruang Kelas
B 1.5, B2.11, C 2.4, C2.11	= Laboratorium
B 1.11, B 2.4	= Ruang Kerja Dosen
B 1.15	= Ruang Rapat
C 1.1	= Ruang Baca

Sesuai dengan standar SNI 03-6575-2001 untuk laboratorium direkomendasikan tingkat pencahayaannya sebesar 500 lux. Sedangkan dari hasil pengukuran yang dilakukan di ruang B 1.5 (Lab. Mesin Elektrik) memiliki kuat penerangan rata-rata sebesar 205 lux. Hal ini menunjukkan bahwa ruang B 1.5 memiliki intensitas

penerangan rata-rata jauh dari standar yang digunakan. Tabel 4.3 menunjukkan perbandingan rata-rata intensitas penerangan terhadap standar SNI 03-6575-2001 pada beberapa ruang dari hasil pengukuran.

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Standar SNI 03-6575-2001

Ruang	Intensitas Penerangan (lux)		Kekurangan Intensitas Penerangan (lux)	Keterangan (memenuhi/tidak memenuhi standar)
	Pengukuran	Standar		
A 1.3	132.22	250	117.78	Tidak memenuhi
A 2.1	109.44	250	140.56	Tidak memenuhi
A 2.3	132.22	250	117.78	Tidak memenuhi
A 2.7	137.22	250	112.78	Tidak memenuhi
B 1.5	205	500	295	Tidak memenuhi
B 1.11	132	350	218	Tidak memenuhi
B 1.15	154.44	300	145.56	Tidak memenuhi
B 2.11	186,67	500	313,33	Tidak memenuhi
B 2.4	122.56	350	227.44	Tidak memenuhi
C 1.1	76.67	300	223.33	Tidak memenuhi
C 2.4	290.56	500	209.44	Tidak memenuhi
C 2.11	142.78	500	357.22	Tidak memenuhi

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa semua ruang memiliki kekurangan intensitas penerangan yang menyebabkan pencahayaan pada ruang-ruang tersebut tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001. Dari beberapa contoh ruang di atas terdapat 5 ruang yang memiliki kekurangan intensitas penerangan kurang dari 200 lux, yaitu pada ruang A 1.3, A 2.1, A 2.3, A 2.7 yang merupakan ruang kuliah dan B 1.15 (ruang Seminar). Pada ruang B 1.5, B 1.11, B 2.4, C 1.1, dan C 2.4 merupakan ruang-ruang yang memiliki kekurangan intensitas penerangan kurang dari 300 lux. Sedangkan pada Ruang B 2.11 dan C 2.11 merupakan ruang laboratorium yang memiliki kekurangan intensitas penerangan diatas 300 lux. Oleh karena itu perlunya pemenuhan standar intensitas penerangan untuk memenuhi standar penerangan pada ruang-ruang tersebut.

#### 4.4 Metode Efisiensi dengan Selektifitas Pensaklaran

Saklar merupakan alat memutuskan atau menghubungkan jaringan listrik. Jadi saklar pada dasarnya adalah alat penyambung atau pemutus aliran listrik. Penempatan saklar yang tidak tepat dan selektifitas saklar yang kurang baik dapat menyebabkan pemborosan energi listrik.

Pada Gedung B (Gedung *Recording*) dan Gedung C (Gedung Baru Elektro) telah dilakukan penyekatan ruangan tanpa dilakukan perubahan saklar lampu. Hal ini menyebabkan saklar menjadi tidak efisien karena pemampatan yang menjadi tidak ideal dan tidak selektif. Kasus ini terjadi pada beberapa ruang berikut.

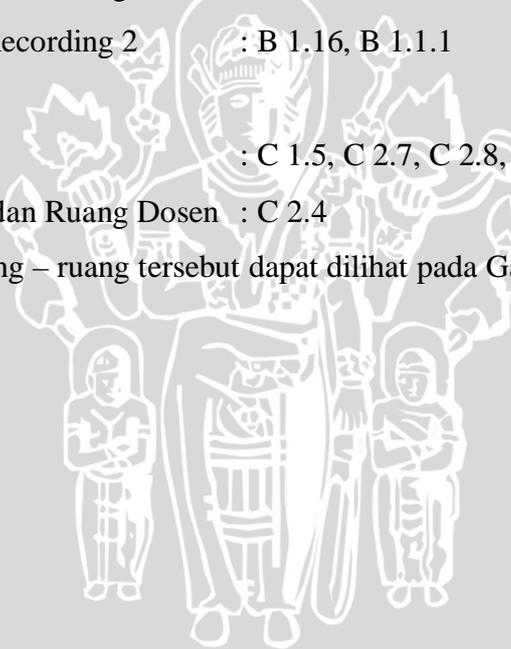
##### Gedung B

- Ruang Dosen : B 1.3, B 1.4, B 1.9, B 1.11, B 2.3, B 2.4, B 2.7, B 2.8, B2.9, B 2.12
- Laboratorium dan Ruang Dosen : B 1.5, B 1.12, B 2.5, B 2.6, B 2.10, B 2.11
- Mushola dan Recording 2 : B 1.16, B 1.1.1

##### Gedung C

- Ruang Dosen : C 1.5, C 2.7, C 2.8, C 2.9
- Laboratorium dan Ruang Dosen : C 2.4

Adapun denah ruang – ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4





Gambar 4.4 Denah Instalasi Penerangan Lantai 2 Gedung B Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya

#### 4.4.1 Selektifitas Saklar pada Ruang Dosen di Gedung B

Pada ruang dosen seperti yang telah disebutkan di atas dilakukan penyekatan ruang tanpa melakukan perubahan selektifitas saklar. Hal tersebut dapat menyebabkan pemborosan energi listrik. Beberapa ruang dosen memiliki kasus yang sama, dengan demikian dapat digunakan salah satu contoh ruang yaitu pada ruang B 1.3. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4

Untuk mengetahui tingkat pemborosannya, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\emptyset \text{ Lampu TL40W} = 3 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 2$$

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 3 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 1,32 kWh per hari.

Contoh penerangan pada ruang B 1.3, jika dosen pada ruang B 1.3.1 membutuhkan penerangan, maka dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 2 titik lampu TL 40W atau dengan kata lain ruangan yang menyala yaitu ruang dosen B 1.3.1 dan B 1.3.3.

$$W_{1 \text{ titik lampu}} = 1 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 0,44 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{2 \text{ titik lampu}} = 2 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 0,88 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 0,88 - 0,44 = 0,44 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 0,44 \times 255 \text{ hari} = 112,2 \text{ kWh per tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang B 1.3 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 112,2 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 67.320 \text{ per tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang B 1.3 yaitu Rp 67.320 per tahun.

#### 4.4.2 Selektifitas Saklar pada Laboratorium di Gedung B

Laboratorium dan ruang dosen yang menjadi satu dalam satu ruang pada Gedung B memiliki beberapa kasus. Hal ini disebabkan karena penyekatan ruang yang berbeda-beda. Beberapa ruang tersebut yaitu:

- **Ruang B 1.4 dan Ruang B 1.5**

Pada ruang B 1.5 (Laboratorium Mesin Elektrik) telah dilakukan penyekatan untuk menjadi ruang dosen yaitu menjadi ruang B 1.4. Pemindahan saklar untuk pada ruang B 1.5 telah dilakukan. Tetapi pemindahan saklar yang dilakukan tidak selektif. Hal ini dapat dibuktikan dengan perhitungan sebagai berikut. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 8 \times (2 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 2$$

$\emptyset$  Jumlah pembagian titik lampu yaitu 2 deret masing-masing 4 titik lampu.

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 16 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 7,04 kWh per hari.

Contoh penerangan yang dibutuhkan pada meja kerja pada ruang tersebut yaitu 1 titik lampu ( $2 \times \text{TL 40W}$ ), dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 4 titik lampu ( $2 \times \text{TL 40W}$ ).

$$W_{1 \text{ titik lampu}} = 2 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 0,88 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{4 \text{ titik lampu}} = 8 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 3,52 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 3,52 - 0,88 = 2,64 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 2,64 \times 255 \text{ hari} = 673,2 \text{ kWh/ tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang B 1.5 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 673,2 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 403.920/\text{tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang B 1.5 yaitu Rp 403.920 per tahun.

Sedangkan pada ruang B 1.4 menggunakan penerangan dari hasil penyekatan dan saklar yang digunakan yaitu saklar yang lama. Pada ruang B 1.4.1 dan B 1.4.2 hanya terdapat 1 titik lampu untuk menerangi 2 ruang tersebut.

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 2 \times (2 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 4$$

Saklar pada ruang B 1.4 hanya 2 saklar yang berfungsi, hal ini menunjukkan tidak berfungsinya penggunaan saklar.

#### • Ruang B 1.12

Pada ruang B 1.12 telah dilakukan penyekatan untuk menjadi 2 ruang dosen dan 2 laboratorium, tanpa melakukan selektifitas dan pemindahan saklar. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4. Perhitungan nilai pemborosan pada ruang tersebut sebagai berikut.

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 10 \times (2 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 4$$

$$\emptyset \text{ Jumlah pembagian titik lampu yaitu 2 deret masing-masing 5 titik lampu.}$$

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 10 titik lampu ( $2 \times \text{TL 40W}$ ) mengkonsumsi energi sebesar 8,8 kWh per hari.

Contoh penerangan yang dibutuhkan pada ruang B 1.12.1 yaitu 2 titik lampu ( $2 \times \text{TL } 40\text{W}$ ), dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 5 titik lampu ( $2 \times \text{TL } 40\text{W}$ ).

$$W_{2 \text{ titik lampu}} = 4 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 1,76 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{5 \text{ titik lampu}} = 10 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 4,4 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 4,4 - 1,76 = 2,64 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar  $W_{\text{Hilang}} = 2,64 \times 255 \text{ hari} = 673,2 \text{ kWh/ tahun}$ .

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang B 1.5 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 673,2 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 403.920/\text{tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang B 1.5 yaitu Rp 403.920 per tahun.





Gambar 4.5 Denah Instalasi Penerangan Lantai 2 Gedung B Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya

- **Ruang B 2.5**

Pada ruang B 2.5 (Laboratorium Mikroprosesor) telah dilakukan penyekatan menjadi 4 ruang dosen tanpa melakukan selektifitas dan pemindahan saklar. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5. Perhitungan nilai pemborosan pada ruang tersebut sebagai berikut.

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 21 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 6$$

$\emptyset$  Jumlah pembagian titik lampu yaitu 3 deret masing-masing 7 titik lampu.

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 21 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 9,24 kWh per hari.

Contoh penerangan yang dibutuhkan pada ruang - ruang dosen (B 2.5.1.1, B 2.5.1.2, B 2.5.1.3, B 2.5.1.4) dengan keadaan penerangan saat ini yaitu 6 titik lampu (1  $\times$  TL 40W), dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 21 titik lampu (1  $\times$  TL 40W).

$$W_{6 \text{ titik lampu}} = 6 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 2,64 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{21 \text{ titik lampu}} = 21 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 9,24 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 9,24 - 2,64 = 6,6 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 6,6 \times 255 \text{ hari} = 1.683 \text{ kWh/ tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang B 2.5 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 1.683 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 1.009.800/\text{tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang B 2.5 yaitu Rp 1.009.800 per tahun.

- **Ruang B 2.6**

Pada ruang B 2.6 telah dilakukan penyekatan untuk menjadi 3 ruang dosen dan 2 laboratorium, tanpa melakukan selektifitas dan pemindahan saklar. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5. Perhitungan nilai pemborosan pada ruang tersebut sebagai berikut.

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 21 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 6$$

$\emptyset$  Jumlah pembagian titik lampu yaitu 3 deret masing-masing 7 titik lampu.

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 21 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 9,24 kWh per hari.

Contoh penerangan yang dibutuhkan pada meja kerja pada ruang B 2.6.1 2 titik lampu TL 40 W dan 3 ruang dosen yaitu 4 titik lampu TL 40W, dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 6 titik lampu TL 40W.

$$W_{6 \text{ titik lampu}} = 6 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 2,64 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{15 \text{ titik lampu}} = 15 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 6,6 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 6,6 - 2,64 = 3,96 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 3,96 \times 255 \text{ hari} = 1009,8 \text{ kWh/ tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang B 2.6 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 1009,8 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 605.880/\text{tahun}$$

- Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang B 2.6 yaitu Rp 605.880 per tahun.

- **Ruang B 2.10**

Pada ruang B 2.10 (Laboratorium) telah dilakukan penyekatan untuk menjadi 4 ruang dosen dan 2 Leboratorium tanpa melakukan selektifitas dan pemindahan saklar. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5. Perhitungan nilai pemborosan pada ruang tersebut sebagai berikut.

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 21 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 6$$

$\emptyset$  Jumlah pembagian titik lampu yaitu 3 deret masing-masing 7 titik lampu.

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 21 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 9,24 kWh per hari.

Contoh penerangan yang dibutuhkan pada meja kerja pada ruang ruang B 2 10.1 sebanyak 2 titik lampu TL 40 W dan ruang dosen menggunakan penerangan sebanyak 5 titik lampu TL 40W yaitu 7 titik lampu TL 40W, dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 15 titik lampu ( $2 \times \text{TL 40W}$ ).

$$W_{7 \text{ titik lampu}} = 7 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 3,08 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{15 \text{ titik lampu}} = 15 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 6,6 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 6,6 - 3,08 = 3,52 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 3,52 \times 255 \text{ hari} = 897,6 \text{ kWh/ tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang B 2.10 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 897,6 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 538.560/\text{tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang B 2.10 yaitu Rp 538.560per tahun.

- **Ruang B 2.11**

Pada ruang B 2.11 (Laboratorium Elektronika Daya) telah dilakukan penyekatan untuk menjadi 3 ruang dosen dan laboratorium tanpa melakukan selektifitas dan pemindahan saklar. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5. Perhitungan nilai pemborosan pada ruang tersebut sebagai berikut.

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 21 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 6$$

$\emptyset$  Jumlah pembagian titik lampu yaitu 3 deret masing-masing 7 titik lampu.

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 21 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 9,24 kWh per hari.

Contoh penerangan yang dibutuhkan pada ruang dosen yaitu 4 titik lampu TL 40W, dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 15 titik lampu TL 40W.

$$W_{4 \text{ titik lampu}} = 4 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 3,52 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{15 \text{ titik lampu}} = 15 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 6,6 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 6,6 - 3,52 = 3,08 \text{ kWh/hari}$$

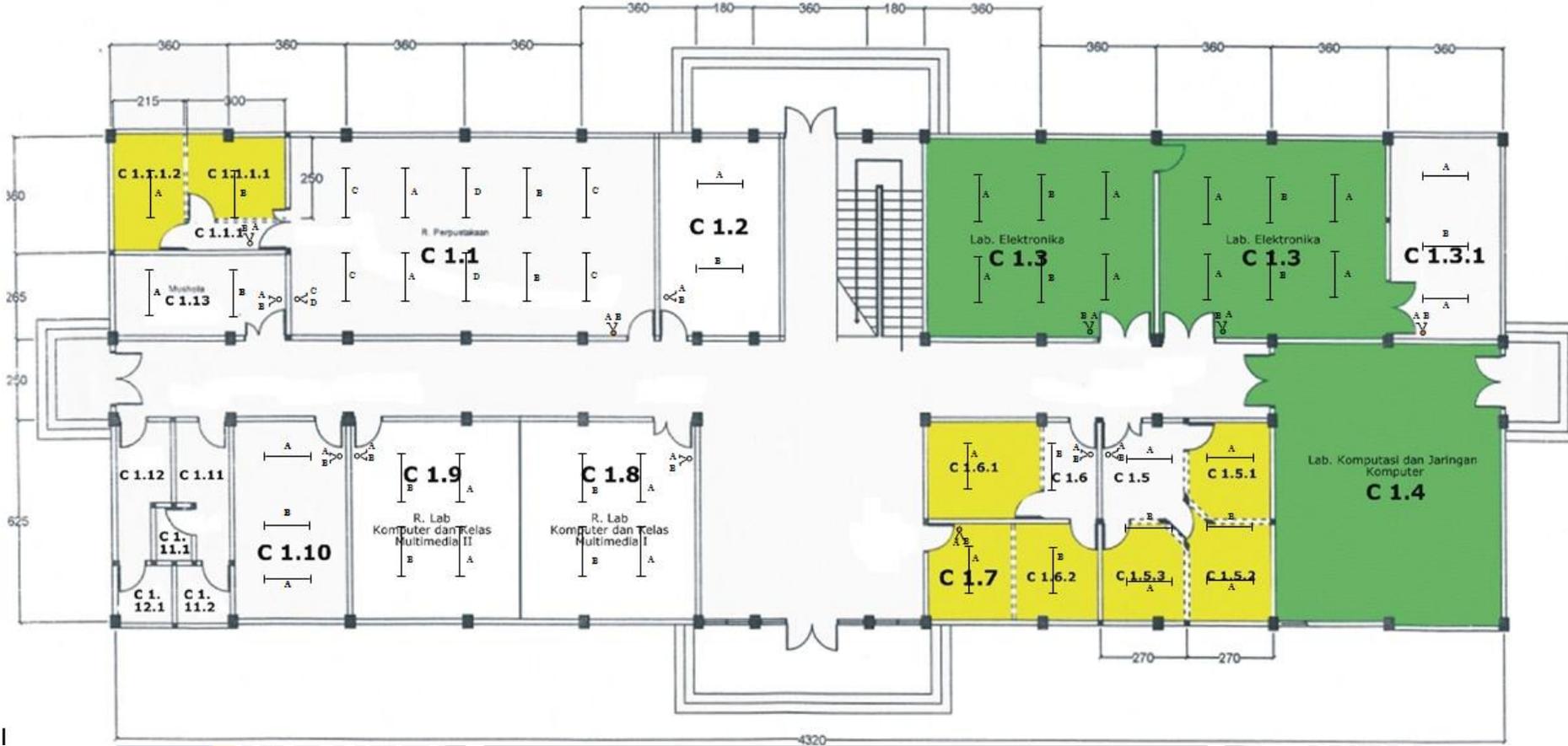
Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 3,08 \times 255 \text{ hari} = 785,4 \text{ kWh/ tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang B 2.11 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 785,4 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 471.240/\text{tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang B 2.11 yaitu Rp 471.240 per tahun.



Gambar 4.6 Denah Instalasi Penerangan Lantai 1 Gedung C Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya

#### 4.4.3 Selektifitas Saklar pada Ruang Dosen di Gedung C

Ruang dosen yang berada pada Gedung C memiliki beberapa kasus antara lain pada ruang C 1.5, C 2.7, C 2.8, C 2.9, seperti yang telah disebutkan di atas dilakukan penyekatan ruang tanpa melakukan perubahan selektifitas saklar. Hal tersebut dapat menyebabkan pemborosan energi listrik. Beberapa ruang dosen lainnya yang tidak disebutkan masih memiliki selektifitas pensaklaran yang memadai. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6

- **Ruang C 1.5**

Ruang C 1.5 telah dilakukan penyekatan menjadi 3 ruang dosen tanpa melakukan perubahan penerangan dan tempat saklar. Hal tersebut dapat menyebabkan pemborosan dan kekurangan intensitas penerangan pada ruang-ruang dosen tersebut. Ruang dosen tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6

Untuk mengetahui tingkat pemborosannya, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\emptyset \text{ Lampu TL40W} = 6 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 2$$

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 6 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 2,64 kWh per hari.

Contoh penerangan pada ruang C 1.5.2 membutuhkan penerangan 2 titik lampu TL 40W, maka dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 6 titik lampu TL 40 W atau dengan kata lain ruangan yang menyala yaitu ruang dosen C 1.5.1 , C 1.5.2 dan C 1.5.3.

$$W_{2 \text{ titik lampu}} = 2 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 0,88 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{6 \text{ titik lampu}} = 6 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 2,64 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 2,64 - 0,88 = 1,76 \text{ kWh/hari}$$

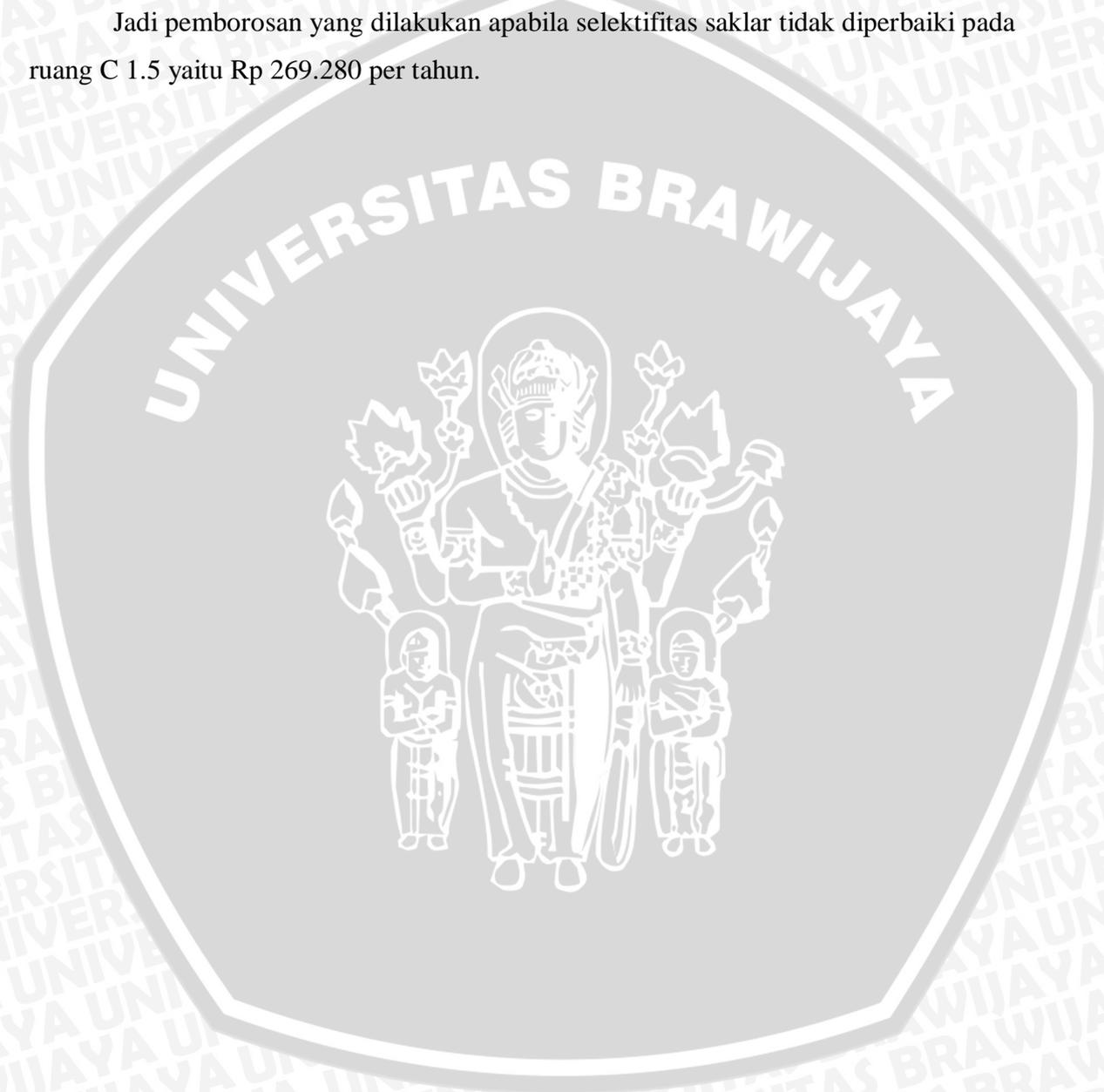
Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 1,76 \times 255 \text{ hari} = 448,8 \text{ kWh per tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang C 1.5 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 448,8 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 269.280 \text{ per tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang C 1.5 yaitu Rp 269.280 per tahun.





Gambar 4.7 Denah Instalasi Penerangan Lantai 2 Gedung C Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya

- **Ruang C 2.7 dan C 2.8**

Ruang C 2.7 dan C 2.8 merupakan ruang hasil penyekatan tanpa melakukan perubahan selektifitas dan tempat saklar. Hal tersebut dapat menyebabkan pemborosan dan kekurangan intensitas penerangan pada ruang-ruang dosen tersebut. Karena ruang C 2.7 sama dengan ruang C 2.8, maka untuk perhitungan menggunakan ruang C 2.7 sebagai contoh. Ruang dosen tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7

Untuk mengetahui tingkat pemborosannya, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\emptyset \text{ Lampu TL40W} = 2 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 1$$

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 2 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,88 kWh per hari.

Contoh penerangan pada ruang C 2.7 membutuhkan penerangan 1 titik lampu TL 40W, maka dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 2 titik lampu TL 40 W.

$$W_{1 \text{ titik lampu}} = 1 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 0,44 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{2 \text{ titik lampu}} = 2 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 0,88 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 0,88 - 0,44 = 0,44 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 0,446 \times 255 \text{ hari} = 112,2 \text{ kWh per tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang C 1.5 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 112,2 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 67,320 \text{ per tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang C 2.7 yaitu Rp 67,320 per tahun.

#### 4.4.4 Selektifitas Saklar pada Laboratorium dan Ruang Dosen di Gedung C

##### • Ruang C 2.4

Pada ruang C 2.4 telah dilakukan penyekatan untuk menjadi 2 ruang dosen dan laboratorium tanpa melakukan selektifitas dan pemindahan saklar. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7. Perhitungan nilai pemborosan pada ruang tersebut sebagai berikut.

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 21 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 6$$

$\emptyset$  Jumlah pembagian titik lampu yaitu 3 deret masing-masing 7 titik lampu.

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 21 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 9,24 kWh per hari.

Contoh penerangan yang dibutuhkan pada ruang dosen dan meja kerja pada lab pengaturan yaitu 4 titik lampu TL 40W, dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 15 titik lampu TL 40W.

$$W_{4 \text{ titik lampu}} = 4 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 3,52 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{15 \text{ titik lampu}} = 15 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 6,6 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 6,6 - 3,52 = 3,08 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 3,08 \times 255 \text{ hari} = 785,4 \text{ kWh/ tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang C 2.4 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 785,4 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 471.240/\text{tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang C 2.4 yaitu Rp 471.240 per tahun.

- **Ruang C 2.5**

Pada ruang C 2.5 telah dilakukan penyekatan untuk menjadi ruang tim robot dan laboratorium tanpa melakukan selektifitas dan pemindahan saklar. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7. Perhitungan nilai pemborosan pada ruang tersebut sebagai berikut.

$$\emptyset \text{ Lampu TL 40W} = 6 \times (1 \times \text{TL 40W})$$

$$\emptyset \text{ Saklar} = 2$$

$\emptyset$  Jumlah pembagian titik lampu yaitu 2 deret masing-masing 3 titik lampu.

Dari hasil pengukuran didapat bahwa satu lampu TL 40W yang ada membutuhkan daya sebesar 55 W. Apabila dalam sehari penggunaan lampu selama 8 jam, maka konsumsi energi per hari yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-6), yaitu:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 0,055 \times 8 \\ &= 0,44 \text{ kWh/hari} \end{aligned}$$

Jadi satu titik lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 0,44 kWh per hari.

Dengan demikian untuk 6 lampu TL 40 W mengkonsumsi energi sebesar 2,64 kWh per hari.

Contoh penerangan yang dibutuhkan pada ruang tersebut yaitu 2 titik lampu TL 40W, dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 6 titik lampu TL 40W.

$$W_{2 \text{ titik lampu}} = 2 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 0,88 \text{ kWh/hari}$$

$$W_{6 \text{ titik lampu}} = 6 \times 0,44 \text{ kWh/hari} = 2,64 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Selisih pemakaian} = 2,64 - 0,88 = 1,76 \text{ kWh/hari}$$

Apabila penggunaan dilakukan selama 1 tahun (255 hari kerja) dengan konsumsi energi perhari sebesar 0,44kWh/hari, maka terjadi pemborosan energi sebesar

$$W_{\text{Hilang}} = 1,76 \times 255 \text{ hari} = 448,8 \text{ kWh/ tahun.}$$

Tarif listrik rata - rata Rp 600/ kWh. Maka pemborosan dengan uang senilai energi yang hilang untuk ruang C 2.5 selama 1 tahun sebesar

$$\text{Rp } 600/\text{kWh} \times 448,8 \text{ kWh/tahun} = \text{Rp } 269.280/\text{tahun}$$

Jadi pemborosan yang dilakukan apabila selektifitas saklar tidak diperbaiki pada ruang C 2.5 yaitu Rp 269.280 per tahun.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.4 yang memperlihatkan nilai pemborosan pada ruang-ruang yang dilakukan penyekatan.

Tabel 4.4 Nilai Pemborosan pada Ruang – Ruang yang Dilakukan Penyekatan

Ruang	Jumlah Titik Lampu ( TL 40W)	Penggunaan Titik Lampu	Titik Lampu yang Menyala	Nilai Pemborosan dalam 1 Tahun	
				Energi (kWh)	Nilai Uang (Rp)
B 1.3	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 1.4	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 1.5	8 × (2× TL 40W)	1 × 2	4 × 2	673,2	403.920
B 1.9	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 1.11	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 1.12	6 × (2× TL 40W)	2 × 2	5 × 2	673,2	403.920
B 2.3	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 2.4	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 2.5	21 × (1× TL 40W)	6	21	16 83	1.009.800
B 2.6	21 × (1× TL 40W)	6	15	1009,8	605.880
B 2.7	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 2.8	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 2.9	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
B 2.10	21 × (1× TL 40W)	7	15	897,6	538.560
B 2.11	21 × (1× TL 40W)	4	15	785,4	471.240
B 2.12	3 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
C 1.5	6 × (1× TL 40W)	2	6	448,8	269.280
C 2.4	21 × (1× TL 40W)	4	15	785,4	471.240
C 2.5	6 × (1× TL 40W)	2	6	448,8	269.280
C 2.7	2 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
C 2.8	2 × (1× TL 40W)	1	2	112,2	67.320
Total				7.068,6	5.250.960

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa nilai pemborosan energi dan biaya yang dikeluarkan dalam 1 tahun yaitu 7.068,6 kWh dan Rp 5.250.960. Oleh karena itu perlu dilakukannya perubahan penempatan dan selektifitas saklar agar pemborosan tersebut dapat dihindari.

#### 4.5 Pola Pemakaian AC

Pada Gedung B dan Gedung C terdapat beberapa ruang yang telah dilengkapi dengan pendingin ruangan atau AC. *Air conditioning* atau biasa disebut dengan AC adalah suatu peralatan penyejuk udara dengan cara mengkondisikan suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan sesuai kebutuhan ruangan tersebut. Kondisi atau lingkungan yang nyaman dapat meningkatkan produktivitas kerja bagi penghuninya dengan cara mensirkulasikan udara dengan jumlah yang cukup, kecepatan alir yang sesuai serta suhu dan kelembaban yang sesuai untuk menciptakan rasa nyaman. Penggunaan AC pada Gedung di Teknik Elektro Universitas Brawijaya tidak terlalu banyak, karena hanya beberapa ruangan yang menggunakan AC yaitu

##### **Pada Gedung B ( Gedung Recording)**

- Ruang seminar
- Ruang Kujur dan Sekjur
- Lab. Sistem Digital
- Ruang dosen B(2.8)
- Lab. Elektronika Daya
- Ruang Sinergi
- Lab. Informatika dan komputer

##### **Pada Gedung C (Gedung Baru Elektro)**

- Lab. komputasi & jaringan Komputer
- Lab. Komputer & Kelas Multimedia I
- Lab. Komputer & Kelas Multimedia II
- Ruang Pengelola Lab. Komputer & Kelas Multimedia
- Lab. Pengaturan
- Lab. Transmisi dan Gelombang Mikro
- Lab. Telekomunikasi

Walaupun hanya beberapa ruang saja yang menggunakan AC, tetapi pemilihan dan penggunaan AC di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya belum efisien.

Seperti contoh pada Ruang Seminar (B 1.15) memiliki dimensi ruang panjang 10,8 m, lebar 8 m dan tinggi 3,2 m menggunakan 2 AC masing-masing dengan kapasitas 2860 W, dan kapasitas 860 W.



Gambar 4.8 Penggunaan AC pada Ruang B 1.5  
Sumber: Hasil pengamatan

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat terdapat tanda berwarna merah pada ventilasi. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan AC pada ruang yang memiliki ventilasi tidak tertutup rapat. Hal tersebut tidak sesuai dengan langkah-langkah penghematan energi dalam menggunakan AC sesuai Instruksi Menteri Pekerjaan Umum No.2/IN/M/2008. Dan hal tersebut dapat mengurangi pendinginan pada ruang, untuk itu perlu dilakukan evaluasi pada ruang-ruang yang menggunakan pendingin atau AC.

Untuk menentukan berapa besar PK AC yang akan digunakan pada suatu ruangan. Maka digunakan persamaan (2-10):

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{p \times l \times t}{3} \times 500$$

Keterangan :

$PK_{AC}$ yang dibutuhkan	= Daya AC ([BTU/jam]/PK)
p	= panjang ruangan ( m )
l	= lebar ruangan ( m )
t	= tinggi ruangan ( m )
1 PK	= 736 watt
1/2 PK	= 5000 BTU/Jam
3/4 PK	= 7000 BTU/Jam
1 PK	= 9000 BTU/Jam
1,5 PK	= 12.000 BTU/Jam
2 PK	= 18.000 BTU/Jam
2,5 PK	= 24.000 BTU/Jam

maka daya AC yang digunakan pada ruang tersebut adalah

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{10,8 \times 8 \times 3,2}{3} \times 500$$

$$= 46080 \text{ BTU/jam}$$

Jika menggunakan 1 PK = 9000 BTU/Jam, maka PK AC yang dibutuhkan sebesar:

$$\text{PK}_{\text{AC}} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{46080}{9000} = 5,2 \text{ PK}$$

Jadi kapasitas AC pada ruang tersebut dibutuhkan sebesar 5,2 PK. Dengan keadaan pada saat ini pemilihan AC kapasitas 2860 W, dan kapasitas 860 W tidak efektif. Karena jika hanya menggunakan 1 titik kerja berada dalam ruang tersebut dengan menggunakan AC kapasitas 2860 W dalam waktu 1 jam maka mengkonsumsi energi per jam sebesar:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 2.860 \times 1 \\ &= 2,86 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Agar penyebaran udara sejuk lebih merata maka dilakukan pemilihan AC menjadi  $(4 \times 1 \text{ PK}) + 1,5 \text{ PK}$ . Penggunaan AC hemat energi dapat dijadikan sebagai solusi, karena AC hemat energi untuk kapasitas 1 PK menggunakan daya sebesar 300W. Dengan melakukan pemilihan AC hemat energi, maka kebutuhan pendinginan ruang akan tercapai dan penghematan energi listrik juga terlaksana. Sehingga apabila dalam ruang tersebut hanya menggunakan 1 titik kerja, maka pada ruang tersebut mengkonsumsi energi per jam sebesar:

$$\begin{aligned} W_{1 \text{ PK}} &= 300 \text{ W} \times 1 \\ &= 0,3 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\text{Selisih penggunaan} = 2,86 - 0,3 = 2,56 \text{ kWh.}$$

Jadi dengan melakukan pemilihan AC dapat dilakukan penghematan sebesar 2,124 kWh per jam.

Pada Gedung B (Gedung *Recording*) dan Gedung C (Gedung Baru Elektro) ada beberapa kasus pola pemakaian AC pada ruang-ruang yang disekat. Ruang-ruang tersebut diantaranya yaitu:

- **Ruang B 2.1 dan B 2.2**

Ruang B 2.1 dan B 2.2 merupakan ruang hasil penyekatan dan pada ruang tersebut terdapat 1 unit AC dengan daya 2440W (pada Gambar 4.8 ditandai dengan warna merah) yang digunakan untuk dua ruang tersebut. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Penggunaan AC pada Ruang B 2.1 dan B2.2  
Sumber: Hasil pengamatan

Ruang B 2.1 dan B 2.2 memiliki dimensi ruang yang sama yaitu panjang 8 m, lebar 3,6 m dan tinggi 3,2. Untuk menentukan berapa besar PK AC yang akan digunakan pada suatu ruangan. Maka digunakan persamaan (2-10):

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{p \times l \times t}{3} \times 500$$

Keterangan :

$PK_{AC}$ yang dibutuhkan	= Daya AC ([BTU/jam]/PK)
p	= panjang ruangan ( m )
l	= lebar ruangan ( m )
t	= tinggi ruangan ( m )
1 PK	= 736 watt
1/2 PK	= 5000 BTU/Jam
3/4 PK	= 7000 BTU/Jam
1 PK	= 9000 BTU/Jam
1,5 PK	= 12.000 BTU/Jam
2 PK	= 18.000 BTU/Jam
2,5 PK	= 24.000 BTU/Jam

maka daya AC yang digunakan pada ruang tersebut adalah

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{8 \times 3,6 \times 3,2}{3} \times 500$$

$$= 15.360 \text{ BTU/jam}$$

Jika menggunakan 1 PK = 9000 BTU/Jam, maka PK AC yang dibutuhkan sebesar:

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{15.360}{9000} = 1,7 \text{ PK}$$

Jadi ruang B 2.1 dan B 2.2 membutuhkan AC masing-masing 1,7 PK.

Dengan melakukan pemecahan AC menjadi 2 AC pendinginan ruang akan lebih selektif dan merata. Pemilihan AC hemat energi untuk 1,5 PK menggunakan daya sebesar 792 W, dapat menghemat energi sebesar:

Kapasitas daya AC saat ini 2.440W, maka mengkonsumsi energi per jam sebesar:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 2.440 \times 1 \\ &= 2,44 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jika dilakukan pemecahan AC apabila dalam ruang tersebut hanya menggunakan 1 titik kerja, maka pada ruang tersebut mengkonsumsi energi per jam sebesar:

$$\begin{aligned} W_{1,5 \text{ PK}} &= 620 \text{ W} \times 1 \\ &= 0,62 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\text{Selisih penggunaan} = 2,44 - 0,62 = 1,82 \text{ kWh.}$$

Jadi dengan melakukan pemilihan AC dapat dilakukan penghematan sebesar 1,82 kWh per jam. Dengan melakukan pemilihan AC hemat energi, maka kebutuhan pendinginan ruang akan tercapai dan penghematan energi listrik juga terlaksana.

- **Ruang B 2.5.1**

Ruang B 2.5.1 merupakan ruang hasil penyekatan yang disekat lagi menjadi ruang laboran dan tiga ruang dosen. Ruang tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5. Ruang B 2.5.1 menggunakan 1 unit AC dengan daya 2440 W (pada Gambar 4.10 ditandai dengan warna merah). Penggunaan AC pada ruang yang disekat memerlukan penataan



Gambar 4.10 Penggunaan AC pada Ruang B 2.5.1

Sumber: Hasil perhitungan

Ruang B 2.5.1 memiliki dimensi ruang yaitu panjang 9,25 m, lebar 2,7 m dan tinggi 3,2. Untuk menentukan berapa besar PK AC yang akan digunakan pada suatu ruangan. Maka digunakan persamaan (2-10):

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{p \times l \times t}{3} \times 500$$

Keterangan :

$PK_{AC}$ yang dibutuhkan	= Daya AC ([BTU/jam]/PK)
p	= panjang ruangan ( m )
l	= lebar ruangan ( m )
t	= tinggi ruangan ( m )
1 PK	= 736 watt
1/2 PK	= 5000 BTU/Jam
3/4 PK	= 7000 BTU/Jam
1 PK	= 9000 BTU/Jam
1,5 PK	= 12.000 BTU/Jam
2 PK	= 18.000 BTU/Jam
2,5 PK	= 24.000 BTU/Jam

maka PK AC yang digunakan pada ruang tersebut adalah

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{9,25 \times 2,7 \times 3,2}{3} \times 500$$

$$= 13.320 \text{ BTU/jam}$$

$$= 1,48 \text{ PK}$$

Jadi ruang B 2.5.1 membutuhkan AC 1,48 PK  $\approx$  1,5 PK. Pemilihan AC hemat energi untuk 1,5 PK menggunakan daya sebesar 792 W, dapat menghemat energi sebesar:

Kapasitas daya AC saat ini 2.440W, maka mengkonsumsi energi per jam sebesar:

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 2.440 \times 1 \\ &= 2,44 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jika dilakukan pemecahan AC apabila dalam ruang tersebut hanya menggunakan 1 titik kerja, maka pada ruang tersebut mengkonsumsi energi per jam sebesar:

$$\begin{aligned} W_{1,5 \text{ PK}} &= 620 \text{ W} \times 1 \\ &= 0,62 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\text{Selisih penggunaan} = 2,44 - 0,62 = 1,82 \text{ kWh.}$$

Jadi dengan melakukan pemilihan AC dapat dilakukan penghematan sebesar 1,82 kWh per jam. Dengan melakukan pemilihan AC hemat energi, maka kebutuhan pendinginan ruang akan tercapai dan pengetahuan energi listrik juga terlaksana.

- **Ruang B 2.11**

Pada ruang B 2.11 telah dilakukan penyekatan menjadi laboratorium dan tiga ruang dosen. Penyekatan yang dilakukan mempengaruhi sirkulasi udara yang dihasilkan oleh pendingin ruang tersebut atau AC (pada Gambar 4.11 ditandai dengan warna merah). Keadaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Penggunaan AC pada Ruang B 2.11  
Sumber: Hasil pengamatan

Ruang B 2.11 menggunakan 1 unit AC dengan daya 2440 W. Ruang B 2.11 memiliki dimensi ruang yaitu panjang 14,4 m, lebar 9,25 m dan tinggi 3,2. Untuk menentukan berapa besar PK AC yang akan digunakan pada suatu ruangan. Maka digunakan persamaan (2-10):

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{p \times l \times t}{3} \times 500$$

Keterangan :

$PK_{AC}$ yang dibutuhkan	= Daya AC ([BTU/jam]/PK)
p	= panjang ruangan ( m )
l	= lebar ruangan ( m )
t	= tinggi ruangan ( m )
1 PK	= 736 watt
1/2 PK	= 5000 BTU/Jam
3/4 PK	= 7000 BTU/Jam
1 PK	= 9000 BTU/Jam
1,5 PK	= 12.000 BTU/Jam
2 PK	= 18.000 BTU/Jam
2,5 PK	= 24.000 BTU/Jam

maka PK AC yang digunakan pada ruang tersebut adalah

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{14,4 \times 9,25 \times 3,2}{3} \times 500$$

$$= 71.040 \text{ BTU/jam}$$

Jika menggunakan 1 PK = 9000 BTU/Jam, maka PK AC yang dibutuhkan sebesar:

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{71.040}{9000} = 7,89 \text{ PK}$$

Jadi ruang B 2.11 membutuhkan AC 7,89 PK  $\approx$  8 PK. Tetapi dengan pertimbangan estetika penggunaan 8 unit AC kapasitas 1PK terlalu banyak, maka ruang tersebut dapat menggunakan 4 unit AC kapasitas 2 PK. Dari keadaan saat ini, penggunaan 1 unit AC kapasitas daya 2440W tidak mencukupi untuk mendinginkan ruang tersebut.

- **Ruang C 2.4**

Pada ruang C 2.4 telah dilakukan penyekatan ruang menjadi laboratorium dan dua ruang dosen. Ruang tersebut menggunakan 2 unit AC masing-masing dengan daya 2860W dan 790W. Keadaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Penggunaan AC pada Ruang C 2.4  
Sumber: Hasil pengamatan

Ruang C2.4 memiliki dimensi ruang yaitu panjang 14,4 m, lebar 8,75 m dan tinggi 3,4 m. Untuk menentukan berapa besar daya AC yang akan digunakan pada suatu ruangan. Maka digunakan persamaan (2-10):

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{p \times l \times t}{3} \times 500$$

Keterangan :

$PK_{AC}$ yang dibutuhkan	= Daya AC ([BTU/jam]/PK)
p	= panjang ruangan ( m )
l	= lebar ruangan ( m )
t	= tinggi ruangan ( m )
1 PK	= 736 watt
1/2 PK	= 5000 BTU/Jam

3/4 PK	= 7000 BTU/Jam
1 PK	= 9000 BTU/Jam
1,5 PK	= 12.000 BTU/Jam
2 PK	= 18.000 BTU/Jam
2,5 PK	= 24.000 BTU/Jam

maka daya AC yang digunakan pada ruang tersebut adalah

$$\begin{aligned} PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} &= \frac{14,4 \times 8,75 \times 3,4}{3} \times 500 \\ &= 71.400 \text{ BTU/jam} \\ &= 7,93 \text{ PK} \end{aligned}$$

Jika menggunakan 1 PK = 9000 BTU/Jam, maka PK AC yang dibutuhkan sebesar:

$$PK_{AC} \text{ yang dibutuhkan} = \frac{71.400}{9000} = 7,93 \text{ PK}$$

Jadi ruang B 2.11 membutuhkan AC 7,93 PK  $\approx$  8 PK. Tetapi dengan pertimbangan estetika penggunaan 8 unit AC kapasitas 1PK terlalu banyak, maka ruang tersebut dapat menggunakan 4 unit AC kapasitas 2 PK. Dari keadaan saat ini, ruang tersebut menggunakan 2 unit AC masing-masing dengan daya 2860W dan 790W tidak mencukupi untuk mendinginkan ruang tersebut. Dengan melakukan pemilihan AC hemat energi, maka kebutuhan pendinginan ruang akan tercapai dan penghematan energi listrik juga terlaksana.

#### 4.6 Solusi Penghematan Energi dan Pemenuhan Standar Penerangan

Intensitas penerangan di ruang-ruang pada ketiga gedung tidak memenuhi standar rekomendasi dari SNI 03-6575-2001. Oleh karena itu perlu dilakukan penggantian dan penambahan lampu hemat energi agar intensitas penerangannya memenuhi standar rekomendasi tersebut. Menurut data dari Osram (referensi), penggunaan *ballast* elektronik dapat menghemat energi 20-30% dibandingkan menggunakan *ballast* standar. Selain harga yang relatif mahal, *ballast* elektronik tidak memiliki efek negatif.

Penggantian lampu ini akan dihitung secara teori dan menggunakan simulasi DIALux. Pada tiap gedung memiliki berbagai macam ukuran ruangan, ada beberapa ruang yang memiliki dimensi hampir sama, sehingga akan diambil contoh perhitungan. Untuk itu diperlukan data-data ruangan sebagai berikut.

Pada Gedung A (Gedung Kuliah) terdapat beberapa macam ukuran ruangan.

- Ruang A 2.1 dan A 2.7 yaitu lebar 7,8 m, panjang 10,5 m dan tinggi 4,2 m.
- Ruang A 1.3 dan A 2.3 yaitu lebar 7,8 m, panjang 6,9 m dan tinggi 4,2 m.

Pada gedung B (Gedung *Recording*) terdapat beberapa macam ukuran ruangan.

- Ruang B 1.5 dan B 1.7 yaitu lebar 8 m, panjang 10,8 m dan tinggi 3,2 m.
- Ruang B 1.11 dan B 2.4 yaitu lebar 3,6 m, panjang 8 m dan tinggi 3,2 m.

Pada gedung C (Gedung Baru Elektro) terdapat beberapa macam ukuran ruangan.

- Ruang C 1.1 yaitu lebar 6,25 m, panjang 10,8 m dan tinggi 3,4 m.
- Ruang C 2.4 yaitu lebar 8,75 m, panjang 10,8 m dan tinggi 3,4 m.
- Ruang C 2.11 yaitu lebar 8 m, panjang 10,8 m dan tinggi 3,4 m.

Pada input data program DIALux, nilai refleksi menggunakan nilai minimum refleksi untuk ruang kelas yaitu 0,7 untuk langit-langit, 0,5 untuk dinding, 0,1 untuk lantai, dengan menggunakan faktor kesalahan 0,8.

#### 4.6.1 Perubahan Susunan dan Jenis Lampu untuk Ruang A 2.1 dan A 2.7

Ruangan A 2.1 dan A 2.7 memiliki ukuran  $7,8 \times 10,5$  m dan tinggi 4,2 m. Kedua ruangan ini berfungsi sebagai ruang kelas. Jenis lampu dan armatur yang akan digunakan yaitu OSRAM T8 Fluorescent lamps 26 mm Ø, LUMILUX®, base G13, L 36 W/830 dan terdapat dua lampu tipe armatur APOLLON T8 VB 2L36HF dan lumen yang dihasilkan sebesar 6700 lumen. Dengan fluks cahaya yang dihasilkan adalah  $2 \times 3350$  lumen per armatur.

Ruangan ini menggunakan penerangan langsung sehingga membutuhkan faktor indeks ruangan. Dalam penentuan faktor indeks ruangan dibutuhkan faktor-faktor refleksinya berdasarkan warna dinding, langit-langit dan lantai ruangan yaitu

Faktor refleksi langit-langit ( $r_p$ ) : 0,7

Faktor refleksi dinding ( $r_w$ ) : 0,5

Faktor refleksi lantai ( $r_m$ ) : 0,1

Perhitungan Indeks ruangan ( $k$ ) menggunakan persamaan (2-9). Karena lampu-lampu dipasang pada langit-langit, dan bidang kerjanya 0,8 m diatas lantai, maka

$$h = 4,2 - 0,8 \text{ m} = 3,4 \text{ m.}$$

$$k = \frac{p \times l}{h(p + l)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10,5 \times 7,8}{3,4 (10,5 + 7,8)} \\
 &= 1,32
 \end{aligned}$$

Penentuan efisiensi penerangannya dilihat dari Tabel 2.2 dengan nilai-nilai  $k$ ,  $r_p$ ,  $r_w$ ,  $r_m$  seperti tersebut diatas.

Dari tabel dapat dibaca:

Untuk  $k = 1,2$  :  $\eta = 0,58$

Untuk  $k = 1,5$  :  $\eta = 0,62$

Efisiensi penerangan untuk  $k = 1,32$  ditentukan dengan interpolasi:

$$\begin{aligned}
 \eta &= 0,58 + \frac{1,32 - 1,2}{1,5 - 1,2} (0,62 - 0,58) \\
 &= 0,596
 \end{aligned}$$

Intensitas penerangan yang diperlukan untuk ruangan A 2.1 dan A 2.7 yaitu 250 lux. Fluksi cahaya yang diperlukan dapat dihitung dari persamaan (2-8)

$$\Phi_O = \frac{E \times A}{\eta} \quad \text{untuk keadaan baru}$$

atau

$$\Phi_O = \frac{E \times A}{\eta \times d} \quad \text{untuk keadaan dipakai}$$

Dimana:

$\Phi_O$  = total fluks cahaya yang jatuh pada area pencahayaan (lumen)

$E$  = intensitas penerangan yang diperlukan di bidang kerja (lux)

$A$  = luas bidang ( $m^2$ )

Jumlah titik lampu atau armatur ( $n$ ) yang diperlukan dapat juga ditentukan langsung dari:

$$n = \frac{\Phi_O}{\Phi \text{ lampu}} = \frac{E \times A}{\Phi \text{ lampu} \times \eta \times d}$$

Dimana:

$n$  = jumlah titik lampu

$\Phi_O$  = total fluks cahaya yang jatuh pada area pencahayaan (lumen)

$\Phi_{\text{Lampu}}$  = fluks cahaya lampu (lumen)

$\eta$  = efisiensi penerangan

$d$  = faktor depresiasi

Fluks cahaya lampu yaitu

$$\Phi_{\text{Lampu}} = 2 \times 3350 = 6700 \text{ lumen}$$

Jumlah armatur yang diperlukan dapat dihitung setelah ditentukan faktor depresiasinya. Untuk ruangan ini dapat diperkirakan bahwa hanya akan terjadi pengotoran ringan. Kalau lampu-lampunya diperbaharui setiap 2 tahun sekali, maka  $d = 0,8$  (lihat Tabel 2.2).

Untuk:

$$E = 250 \text{ lux}$$

$$A = 10,5 \times 7,8 = 81,9 \text{ m}^2$$

$$d = 0,8$$

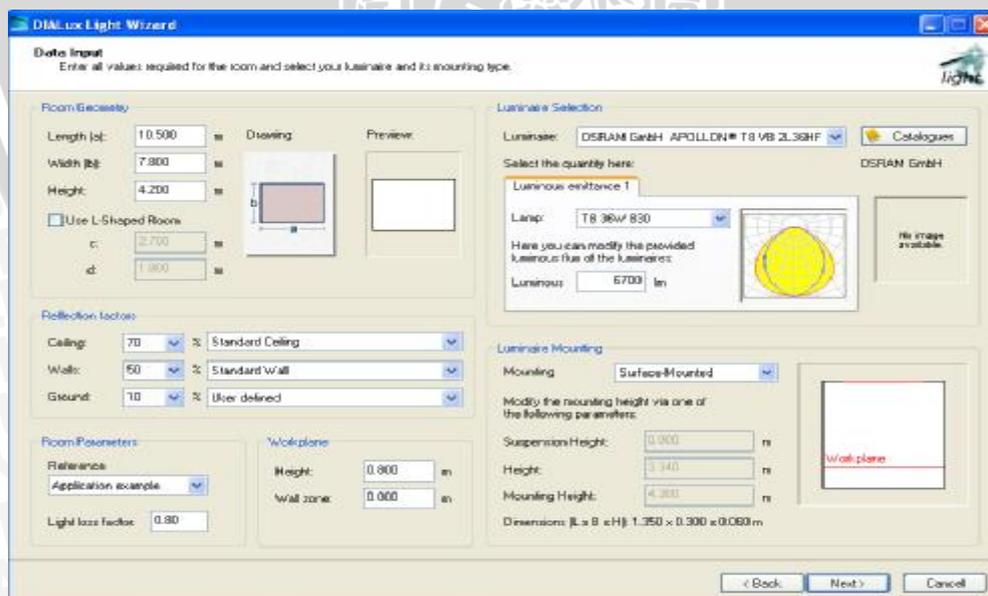
$$\Phi_{\text{Lampu}} = 6700 \text{ lumen}$$

$$\eta = 0,596$$

sehingga:

$$n = \frac{250 \times 81,9}{6700 \times 0,596 \times 0,8} = 6,41 \approx 7 \text{ titik lampu}$$

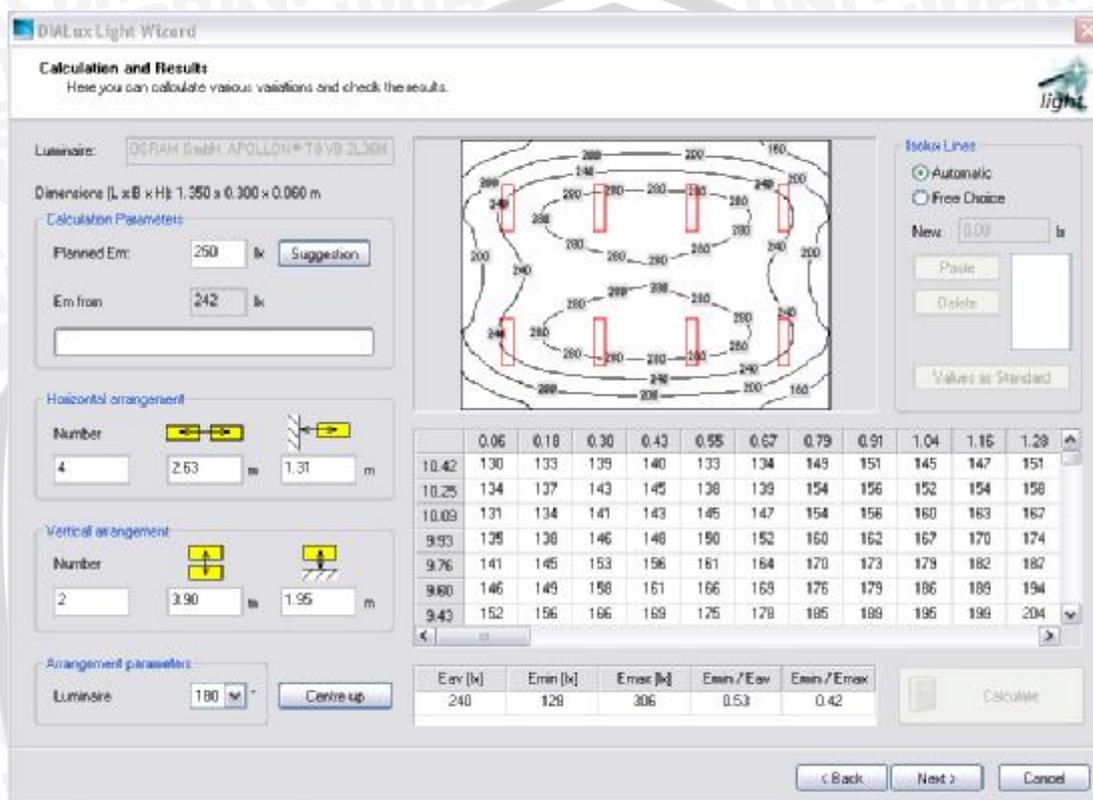
Setelah melakukan perhitungan manual, penggantian lampu juga akan disimulasikan dengan program DIALux. Untuk ruang A 2.1 dan A 2.7, input data yang perlu diperhatikan adalah lebar 7,8 m, panjang 10,5 m, tinggi 4,2 m tinggi meja kerja 0,8 m. Faktor refleksi untuk atap 70%, dinding 50% dan lantai 10%. Armatur yang digunakan OSRAM APOLLON T8 VB 2L26HF dengan luminansi yang dihasilkan lampu 6700 lm simulasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 Input Data pada Ruang A 2.1 dan A 2.7

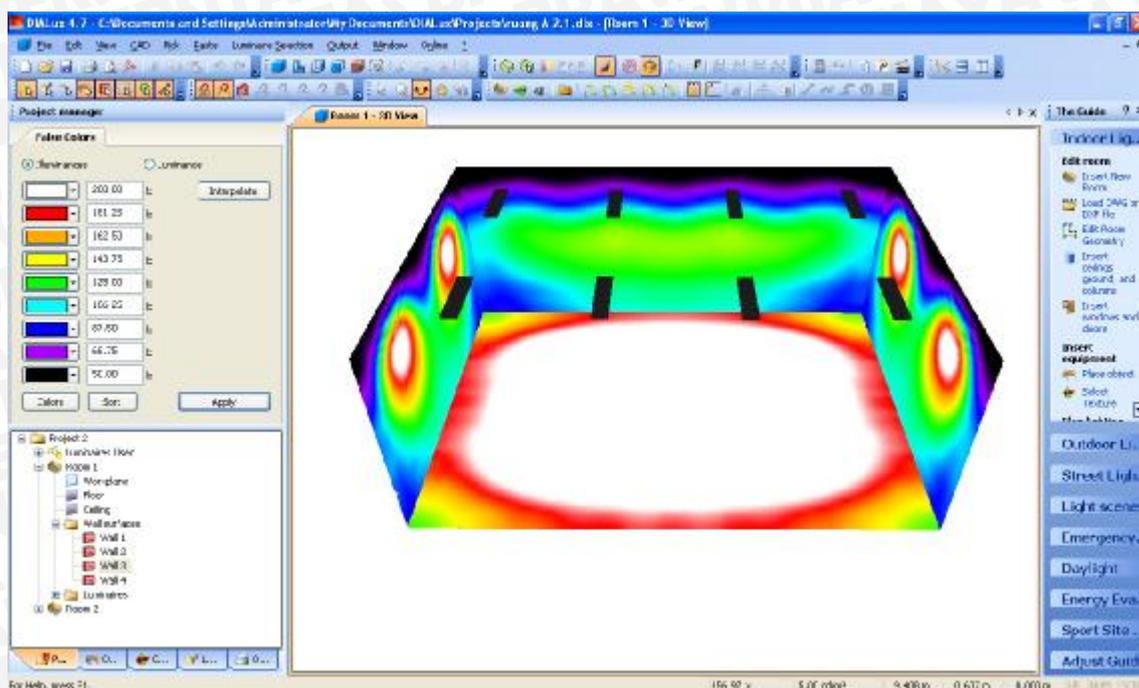
Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan Software DIALux

Dengan simulasi program DIALux, didapatkan perubahan lampu menjadi 8 titik lampu seperti pada Gambar 4.14. Tiap titik lampu terdiri dari 2 lampu L 36 W/830. Susunan lampu seperti Gambar 4.14 merupakan susunan terbaik menurut program. Intensitas penerangan pada area kerja sudah mendapatkan nilai yang memadai sesuai standar SNI 03-6575-200.



Gambar 4.14 Susunan Lampu ruang A 2.1 dan A 2.7  
Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan Software DIALux

Dari Gambar 4.14 dapat dilihat pola pencahayaan yang dihasilkan oleh lampu. Hasil yang didapatkan dari perhitungan menggunakan DIALux yaitu intensitas cahaya maksimum yg dihasilkan 306 lux, intensitas cahaya minimum 128 lux, dan intensitas cahaya rata-rata pada ruangan sebesar 240 lux. Sedangkan untuk keadaan distribusi pencahayaan pada ruang A 2.1 dan A 2.7 yang diperoleh dari program DIALux adalah seperti Gambar 4.15



Gambar 4.15 Distribusi Intensitas Penerangan ruang A 2.1 dan A 2.7  
Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan Software DIALux

Dari Gambar 4.15 dapat dilihat pola distribusi intensitas penerangan pada ruang A 2.1 dan A 2.7. Warna putih menunjukkan daerah yang memiliki intensitas penerangan diatas 200 lux, warna merah menunjukkan daerah yang memiliki intensitas penerangan antara 181,25 sampai 200 lux, dan seterusnya. Warna putih merupakan daerah intensitas penerangan yang paling tinggi berada pada daerah kerja, sedangkan warna hitam merupakan daerah intensitas penerangan yang paling rendah berada pada langit-langit ruang.

Perbandingan antara perhitungan manual dengan program DIALux dalam melakukan pergantian susunan dan jenis lampu untuk ruang A 2.1 dan A 2.7 dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan pada Ruang A 2.1 dan A 2.7

Faktor Perbandingan	Keadaan Lapangan	Manual	Software DIALux
Intensitas Penerangan Rata-rata	137,22 lux	250 lux	240 lux
Jumlah Titik Lampu	6 buah	7 buah	8 buah

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan melihat tabel perbandingan diatas, dapat diketahui bahwa perhitungan manual dan software mengalami perbedaan. Untuk perhitungan manual dengan menggunakan program DIALux memiliki selisih 1 titik lampu. Dengan pertimbangan

estetika, penggunaan 8 titik lampu merupakan tata letak lampu yang paling ideal. Namun perbedaan jauh dari sisi jumlah lampu maupun intensitas pencahayaan jika dibandingkan dengan keadaan pada lapangan. Peninjauan dari sisi ekonomis perlu diperhatikan dalam investasi disamping pemenuhan standar penerangan.

Dari perhitungan dengan standar pencahayaan minimum SNI 03-6575-2001, terdapat penambahan jumlah titik lampu yang sangat signifikan jumlahnya, dengan adanya penambahan jumlah titik lampu yang sangat banyak, maka kebutuhan investasi yang diperlukan sangat besar. Untuk itu dilakukan penurunan standar pencahayaan untuk menekan biaya investasi. Untuk standar yang baru digunakan nilai 75% dari standar acuan SNI 03-6575-2001. Dengan pertimbangan hampir sebagian besar ruangan yang ada juga menggunakan pencahayaan alami, dan penggunaan ruangan di siang hari. Sehingga perhitungan dengan standar baru adalah sebagai berikut:

#### 4.6.2 Perhitungan 75% dari Standar SNI 03-6575-2001 Untuk Ruang A 2.1 Dan A2.7

Ruangan A 2.1 dan A 2.7 memiliki ukuran  $7,8 \times 10,5$  m dan tinggi 4,2 m. Kedua ruangan ini berfungsi sebagai ruang kelas. Jenis lampu dan armatur yang akan digunakan yaitu OSRAM T8 Fluorescent lamps 26 mm Ø, LUMILUX®, base G13, L 36 W/830 dan terdapat dua lampu tipe armatur APOLLON T8 VB 2L36HF dan lumen yang dihasilkan sebesar 6700 lumen. Dengan fluks cahayanya  $2 \times 3350$  lumen per armatur.

Intensitas penerangan 75 % dari standar SNI 03-6575-2001 yang diperlukan untuk ruangan A 2.1 dan A 2.7 yaitu  $250 \times 75\% = 187,5$  lux. Fluksi cahaya yang diperlukan dapat dihitung dari persamaan

$$\Phi_{075\%} = \frac{E_{75\%} \times A}{\eta \times d}$$

Dimana:

- $\Phi_{075\%}$  = total fluks cahaya yang jatuh pada area pencahayaan dari referensi (lumen)
- E = intensitas penerangan 75% dari referensi
- $\eta$  = efisiensi penerangan
- d = faktor depresiasi

Jumlah lampu atau armatur ( $n$ ) yang diperlukan dapat juga ditentukan langsung dari:

$$n_{75\%} = \frac{\Phi_{075\%}}{\Phi_{\text{lampu}}} = \frac{E_{75\%} \times A}{\Phi_{\text{lampu}} \times \eta \times d}$$

Dimana:

$n_{75\%}$  = jumlah titik lampu 75% dari referensi

$\Phi_{075\%}$  = total fluks cahaya yang jatuh pada area pencahayaan dari referensi (lumen)

$\Phi_{\text{Lampu}}$  = fluks cahaya lampu (lumen)

$E$  = intensitas penerangan 75% dari referensi

$\eta$  = efisiensi penerangan

$d$  = faktor depresiasi

Fluks cahaya lampu atau armatur yaitu

$$\Phi_{\text{Lampu}} = 2 \times 3350 = 6700 \text{ lumen}$$

Jumlah armatur yang diperlukan dapat dihitung setelah ditentukan faktor depresiasinya. Untuk ruangan ini dapat diperkirakan bahwa hanya akan terjadi pengotoran ringan. Kalau lampu-lampunya diperbaharui setiap 2 tahun sekali, maka  $d = 0,8$  (lihat Tabel 2.2).

Untuk:

$$E_{75\%} = 250 \text{ lux} \times 75\% = 187,5 \text{ lux}$$

$$A = 10,5 \times 7,8 = 81,9 \text{ m}^2$$

$$d = 0,8$$

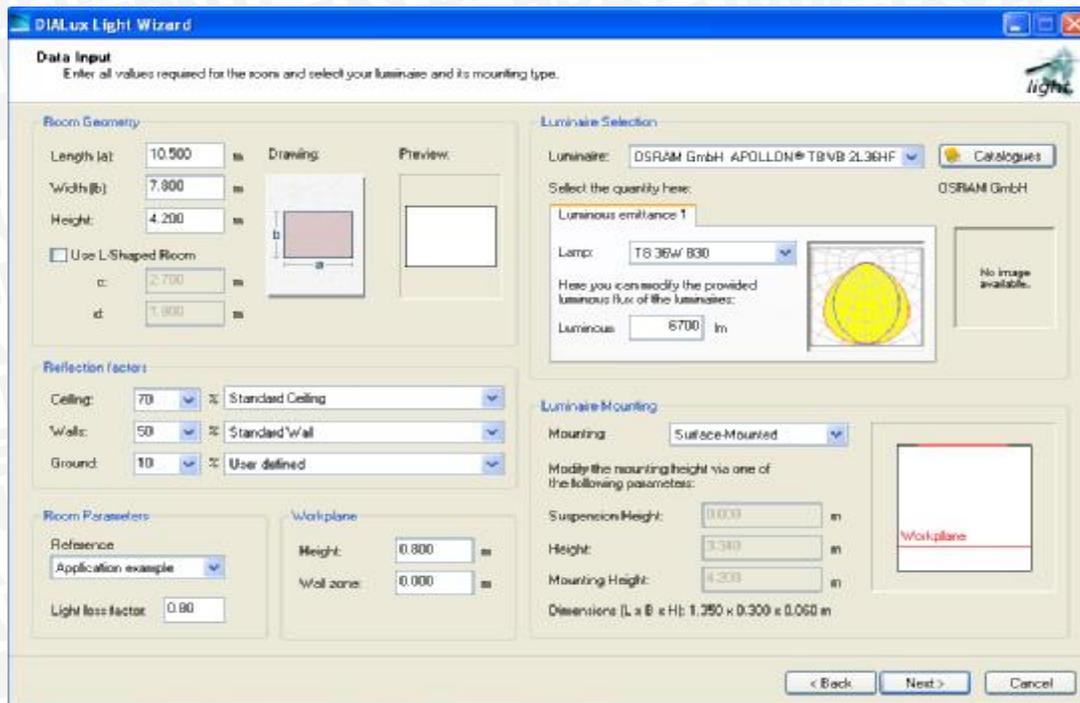
$$\Phi_{\text{Lampu}} = 6700 \text{ lumen}$$

$$\eta = 0,596$$

sehingga:

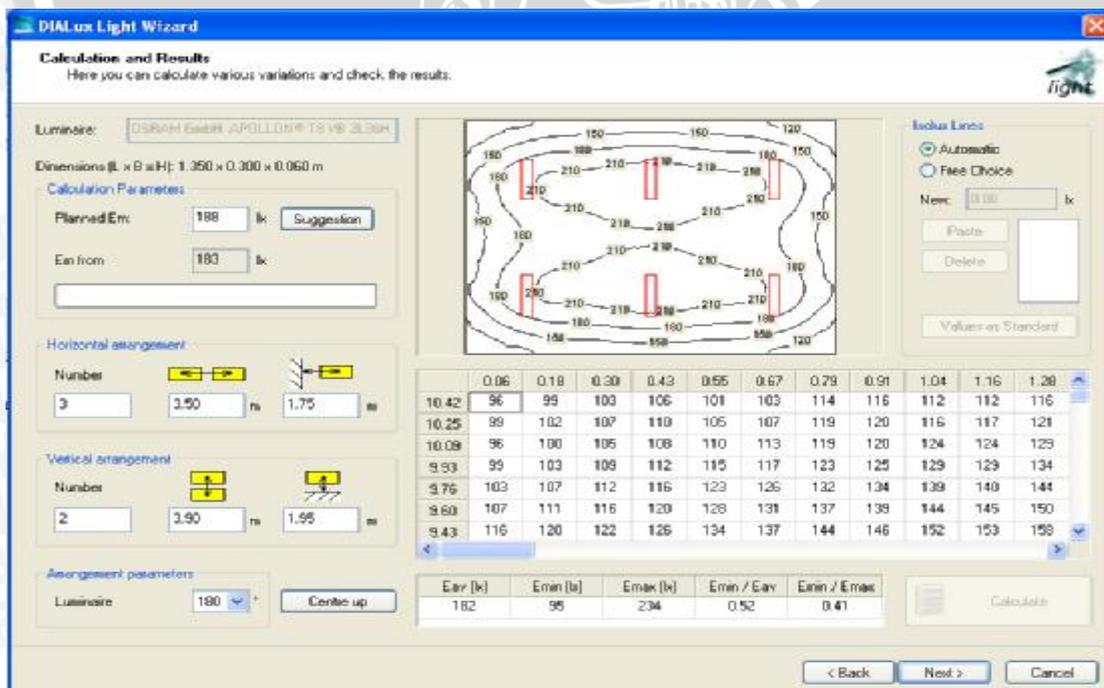
$$n_{75\%} = \frac{187,5 \times 81,9}{6700 \times 0,596 \times 0,8} = 4,8 \approx 5 \text{ titik lampu}$$

Setelah melakukan perhitungan manual, penggantian lampu juga akan disimulasikan dengan program DIALux. Untuk ruang A 2.1 dan A 2.7, input data yang perlu diperhatikan adalah lebar 7,8 m, panjang 10,5 m, tinggi 4,2 m tinggi meja kerja 0,8 m. Faktor refleksi untuk atap 70%, dinding 50% dan lantai 10%. Armatur yang digunakan OSRAM APOLLON T8 VB 2L26HF dengan luminansi yang dihasilkan lampu 6700 lm simulasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.16.



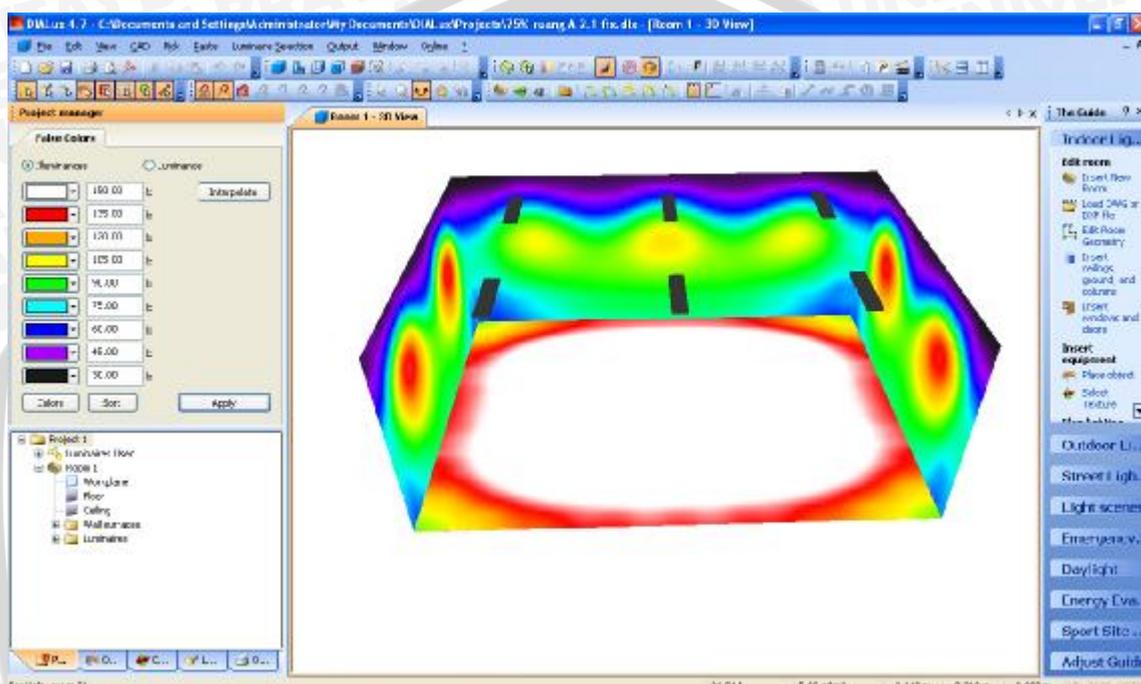
Gambar 4.16 Input Data 75% dari SNI 03-6575-2001 pada Ruang A 2.1 dan A 2.7  
Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan Software DIALux

Dengan simulasi program DIALux, didapatkan perubahan lampu menjadi 6 titik lampu. Tiap titik lampu terdiri dari 2 lampu L 36W/830. Susunan lampu seperti Gambar 4.17 merupakan susunan terbaik. Intensitas penerangan pada area kerja sudah mendapatkan nilai yang memadai sesuai 75% dari standar SNI 03-6575-2001.



Gambar 4.17 Susunan Lampu 75% dari SNI 03-6575-2001 pada Ruang A 2.1 dan A 2.7  
Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan Software DIALux

Dari Gambar 4.17 dapat dilihat pola pencahayaan yang dihasilkan oleh lampu. Hasil yang didapatkan dari perhitungan menggunakan DIALux yaitu intensitas cahaya maksimum yg dihasilkan 234 lux, intensitas cahaya minimum 95 lux, dan intensitas cahaya rata-rata pada ruangan sebesar 182 lux. Sedangkan untuk keadaan distribusi pencahayaan pada ruang A 2.1 dan A 2.7 yang diperoleh dari program DIALux adalah seperti Gambar 4.18 berikut ini.



Gambar 4.18 Distribusi Intensitas Penerangan 75% dari Standar SNI 03-6575-2001 pada Ruang A 2.1 dan A 2.7

Sumber: Hasil Perhitungan Menggunakan Software DIALux

Dari Gambar 4.18 dapat dilihat pola distribusi intensitas penerangan pada ruang A 2.1 dan A 2.7. Warna putih menunjukkan daerah yang memiliki intensitas penerangan diatas 150 lux, warna merah menunjukkan daerah yang memiliki intensitas penerangan antara 135 sampai 150 lux, dan seterusnya. Warna putih merupakan daerah intensitas penerangan yang paling tinggi berada pada daerah kerja, sedangkan warna hitam merupakan daerah intensitas penerangan yang paling rendah berada pada langit-langit ruang.

Perbandingan antara perhitungan manual dengan program DIALux dalam melakukan pergantian susunan dan jenis lampu untuk ruang A 2.1 dan A 2.7 dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan 75% dari Standar SNI 03-6575-2001 pada Ruang A 2.1 dan A 2.7

Faktor Perbandingan	Keadaan Lapangan	Manual	Software DIALux
Intensitas Penerangan Rata-rata	137,22 lux	187,5 lux	182 lux
Jumlah Titik Lampu	6 buah	5 buah	6 buah

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan melihat tabel perbandingan diatas, selisih perhitungan manual dan software DIALux yaitu 1 titik lampu. Sedangkan untuk keadaan lapangan dengan software DIALux tidak memiliki selisih perhitungan jumlah titik lampu. Namun perbedaan jauh dari sisi jumlah lampu maupun intensitas pencahayaan jika dibandingkan dengan keadaan pada lapangan. Dari hasil perhitungan menggunakan software DIALux intensitas penerangan rata-rata mendekati nilai 75% standar SNI 03-6575-2001 dengan pertimbangan aspek ekonomis pada investasi.

Tabel 4.7 perbandingan intensitas penerangan sesuai standar SNI 03-6575-2001 dengan intensitas penerangan 75% dari standar SNI 03-6575-2001. Tabel 4.8 memperlihatkan perbandingan jumlah titik lampu sesuai standar SNI 03-6575-2001 dengan jumlah titik lampu 75% dari standar SNI 03-6575-2001.

Tabel 4.7 Perbandingan Intensitas Penerangan Sesuai Standar SNI 03-6575-2001 dengan Intensitas Penerangan 75% dari Standar SNI 03-6575-2001

Ruang	Keadaan Lapangan (lux)	Intensitas Penerangan sesuai Standar SNI 03-6575-2001		Intensitas Penerangan 75% dari Standar SNI 03-6575-2001	
		Manual (lux)	DIALux (lux)	Manual (lux)	DIALux (lux)
A 2.1 dan A 2.7	137,22	250	240	187,5	182
A 1.3 dan A 2.3	132,22	250	252	187,5	172
B 1.5 dan B 1.7	164	500	475	375	324
B 1.11 dan B 2.4	132	350	325	263	249
C 1.1	76,67	300	310	225	234
C 2.4	290,56	500	433	375	346
C 2.11	142,78	500	468	375	372

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.7 dapat dilihat perbandingan antara intensitas penerangan yang sesuai standar SNI 03-6575-2001 dengan intensitas penerangan 75% dari standar SNI 03-6575-2001. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa dengan menggunakan intensitas penerangan 75% dari standar SNI 03-6575-2001 sudah memiliki intensitas penerangan jauh lebih baik dari keadaan lapangan. Dengan pertimbangan hampir sebagian besar ruangan yang ada juga menggunakan pencahayaan alami, dan

penggunaan ruangan di siang hari, maka dilakukan perubahan jumlah titik lampu 75% dari standar SNI 03-6575-2001.

Tabel 4.8 Perbandingan Jumlah Titik Lampu Sesuai Standar SNI 03-6575-2001 dengan Jumlah Titik Lampu 75% dari Standar SNI 03-6575-2001

Ruang	Keadaan Lapangan	Jumlah Titik Lampu sesuai Standar SNI 03-6575-2001		Jumlah Titik Lampu 75% dari Standar SNI 03-6575-2001	
		Manual	DIALux	Manual	DIALux
A 2.1 dan A 2.7	6	7	8	5	6
A 1.3 dan A 2.3	4	5	6	4	4
B 1.5 dan B 1.7	8	14	15	10	10
B 1.11 dan B 2.4	3	4	4	3	3
C 1.1	6	7	8	5	6
C 2.4	21	14	15	11	12
C 2.11	13	13	15	10	12

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat perbandingan antara intensitas penerangan dan jumlah titik lampu yang sesuai standar SNI 03-6575-2001 dengan intensitas penerangan 75% dari standar SNI 03-6575-2001. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dengan menggunakan jumlah titik lampu sesuai standar SNI 03-6575-2001, penambahan jumlah titik lampu baru terlalu signifikan. Dengan pertimbangan hampir sebagian besar ruangan yang ada juga menggunakan pencahayaan alami, dan penggunaan ruangan di siang hari, maka dilakukan perubahan jumlah titik lampu 75% dari standar SNI 03-6575-2001.

## 4.7 Perhitungan Biaya dan Penghematan

### 4.7.1 Penghematan Terhadap Pencahayaan

Pada gedung A, B dan C intensitas penerangan belum memenuhi standar rekomendasi SNI 03-6575-2001, maka perlu dilakukan perubahan susunan dan penambahan jumlah lampu. Setelah intensitas penerangan pada gedung A, B dan C sudah memenuhi standar, dapat dilakukan penggantian *ballast* standar menjadi *ballast* elektronik untuk penghematan energi.

Intensitas penerangan pada gedung A, B dan C yang didapat setelah adanya penggantian *ballast* bernilai sama dengan intensitas penerangan saat belum ada penggantian jenis *ballast*, karena intensitas penerangan lebih banyak dipengaruhi oleh lumen yang dihasilkan lampu. Perbedaan hanya pada jumlah penggunaan energi dimana dengan menggunakan *ballast* elektronik akan lebih menghemat energi. Perbandingan

biaya lampu hemat energi menggunakan *ballast* elektronik dengan lampu konvensional dapat dilihat pada Tabel 4.9, dan Tabel 4.10, Tabel 4.11.

Tabel 4.9 Perbandingan Biaya antara Lampu Hemat Energi Menggunakan *Ballast* Elektronik dengan Lampu Konvensional Menggunakan *Ballast* Standar Di Gedung A

Sistem Lampu	Satuan	Lampu Konvensional	Lampu Hemat Energi
Tipe <i>ballast</i>		Standar	Elektronik
Konfigurasi	W	2 × L 40W	2 × L 36W
Jumlah titik lampu		80(2 × 40 W)	80(2 × 36W)
Lumen lampu	Lm	3350	3350
Konsumsi daya per lampu	W	55	36
Total daya per armatur	W	110	72
Penggunaan lampu dalam 1 tahun (8 jam × 255 hari)	Jam	2.040	2.040
Total daya (jumlah titik lampu × total daya per armatur)	kW	8,8	5,76
Konsumsi energi per tahun	kWh	17.952	11.750,4
Tarif listrik	Rp/kWh	600	600
Usia teknis lampu	Jam	10.000	18.000
Harga lampu	Rp	16.500	21.450
Biaya konsumsi energi per tahun	Rp	10.771.200	7.050.240
Biaya lampu per tahun (berdasarkan usia teknis lampu)	Rp	2.019.600	1.458.600
Biaya operasional per tahun	Rp	12.790.800	8.508.840
Penghematan per tahun	Rp	0	4.281.960
Biaya penghematan operasional dalam persen	%		33,5

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.9 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan lampu hemat energi pada Gedung A dalam setahun dapat menghemat sebesar 33,5% atau Rp 4.281.960. Walaupun penggunaan lampu hemat energi dengan *ballast* elektronik untuk investasi awal lebih mahal, tetapi dari usia teknis dan konsumsi energi dapat memberikan penghematan yang besar.

Tabel 4.10 Perbandingan Biaya antara Lampu Hemat Energi Menggunakan *Ballast* Elektronik dengan Lampu Konvensional Menggunakan *Ballast* Standar Di Gedung B

Sistem Lampu	Satuan	Lampu Konvensional	Lampu Hemat Energi
Tipe <i>ballast</i>		Standar	Elektronik
Konfigurasi	W	2 × L 40W	2 × L 36W
Jumlah titik lampu		154 (2 × L 36W)	154 (2 × L 36W)
Lumen lampu	Lm	3350	3350
Konsumsi daya per lampu	W	55	36
Total daya per armatur	W	110	72
Penggunaan lampu dalam 1 tahun (8 jam × 255 hari)	Jam	2.040	2.040
Total daya (jumlah titik lampu × total daya per armatur)	kW	16.940	11,088
Konsumsi energi per tahun	kWh	34.557,6	22.619,52
Tarif listrik	Rp/kWh	600	600
Usia teknis lampu	Jam	10.000	18.000
Harga lampu	Rp	16.500	21.450
Biaya konsumsi energi per tahun	Rp	20.734.560	13.571.712
Biaya lampu per tahun (berdasarkan usia teknis lampu)	Rp	2.019.600	1.458.600
Biaya operasional per tahun	Rp	22.754.160	15.030.312
Penghematan per tahun	Rp	0	7.723.848
Biaya penghematan operasional dalam persen	%		34

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan lampu hemat energi pada Gedung B dalam setahun dapat menghemat sebesar 34% atau Rp 7.723.848. Walaupun penggunaan lampu hemat energi dengan *ballast* elektronik untuk investasi awal lebih mahal, tetapi dari usia teknis dan konsumsi energi dapat memberikan penghematan yang besar.

Tabel 4.11 Perbandingan Biaya antara Lampu Hemat Energi Menggunakan *Ballast* Elektronik dengan Lampu Konvensional Menggunakan *Ballast* Standar Di Gedung C

Sistem Lampu	Satuan	Lampu Konvensional	Lampu Hemat Energi
Tipe <i>ballast</i>		Standar	Elektronik
Konfigurasi	W	2 × L 40W	2 × L 36W
Jumlah titik lampu		115 (2 × L 36W)	115 (2 × L 36W)
Lumen lampu	lm	3350	3350
Konsumsi daya per lampu	W	55	36
Total daya per armatur	W	110	72
Penggunaan lampu dalam 1 tahun (8 jam × 255 hari)	Jam	2.040	2.040
Total daya (jumlah titik lampu × total daya per armatur)	kW	12,65	8,28
Konsumsi energi per tahun	kWh	25.806	16.891,2
Tarif listrik	Rp/kWh	600	600
Usia teknis lampu	Jam	10.000	18.000
Harga lampu	Rp	16.500	21.450
Biaya konsumsi energi per tahun	Rp	15.483.600	10.134.720
Biaya lampu per tahun (berdasarkan usia teknis lampu)	Rp	2.019.600	1.458.600
Biaya operasional per tahun	Rp	17.503.200	11.593.320
Penghematan per tahun	Rp	0	5.909.880
Biaya penghematan operasional dalam persen	%		33,8

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan lampu hemat energi pada Gedung C dalam setahun dapat menghemat sebesar 33,8% atau Rp 5.909.880. Walaupun penggunaan lampu hemat energi dengan *ballast* elektronik untuk investasi awal lebih mahal, tetapi dari usia teknis dan konsumsi energi dapat memberikan penghematan yang besar.

Perhitungan biaya berdasarkan pada *price list* dan ongkos yang dikeluarkan. Biaya yang diperlukan untuk menambah jumlah lampu dan merubah susunan lampu untuk pemenuhan standar. Setelah mengetahui nilai penghematan per tahun, diperlukan biaya investasi di Gedung A. Hasil perhitungan biaya investasi dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Biaya Investasi Di Gedung A

Jenis Barang	Volume	Satuan	Harga satuan	Jumlah
Lampu OSRAM tipe T8 L 36 W/830	160	Rp	21.450	3.432.000
Armatur OSRAM tipe APOLLON T8 VB 2L36HF	80	Rp	175.000	14.000.000
<i>Ballast</i> elektronik tipe QTIS E 2x36	80	Rp	210.000	16.800.000
Ongkos pemasangan titik lampu	80	Rp	196.500	15.720.000
Biaya total penggantian di Gedung A		Rp		49.952.000

Sumber: Hasil perhitungan

Dengan melihat kondisi penerangan pada Gedung A yang tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001, penambahan jumlah lampu dan penggantian lampu hemat energi dan *ballast* elektronik perlu dilakukan untuk memenuhi standar tersebut. Jadi perhitungan investasi dilakukan dengan membandingkan dengan kondisi yang memenuhi standar dengan kondisi yang mengarah pada penghematan energi.

Jangka waktu pengembalian investasi yang dilakukan digedung A dapat dihitung dengan persamaan (2-11), yaitu:

$$\begin{aligned} SP &= \frac{\text{Investasi}}{\text{Saving}} \\ &= \frac{\text{Rp } 49.952.000}{\text{Rp } 4.281.960} \\ &= 11,67 \end{aligned}$$

Jadi investasi pada Gedung A akan kembali setelah 11 tahun 7 bulan. Jangka waktu pengembalian investasi dipengaruhi oleh harga *ballast* elektronik yang relatif mahal.

Setelah mengetahui nilai penghematan per tahun pada Gedung B, diperlukan biaya investasi di Gedung B. Hasil perhitungan biaya investasi dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Biaya Investasi Di Gedung B

Jenis Barang	Volume	Satuan	Harga satuan	Jumlah
Lampu OSRAM tipe T8 L 36 W/830	308	Rp	21.450	6.606.600
Armatur OSRAM tipe APOLLON T8 VB 2L36HF	154	Rp	175.000	26.950.000
<i>Ballast</i> elektronik tipe QTIS E 2x36	154	Rp	210.000	32.340.000
Ongkos pemasangan titik lampu	154	Rp	196.500	30.261.000
Biaya total penggantian di Gedung A		Rp		96.157.600

Sumber: Hasil perhitungan

Dengan melihat kondisi penerangan pada Gedung B yang tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001, penambahan jumlah lampu dan penggantian lampu hemat energi dan *ballast* elektronik perlu dilakukan untuk memenuhi standar tersebut. Jadi perhitungan investasi dilakukan dengan membandingkan dengan kondisi yang memenuhi standar dengan kondisi yang mengarah pada penghematan energi.

Jangka waktu pengembalian investasi yang dilakukan digedung B dapat dihitung dengan persamaan (2-11), yaitu:

$$SP = \frac{\text{Investasi}}{\text{Saving}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Rp } 96.157.600}{\text{Rp } 7.723.848} \\
 &= 12,45
 \end{aligned}$$

Jadi investasi pada Gedung B akan kembali setelah 12 tahun 5 bulan. Jangka waktu pengembalian investasi dipengaruhi oleh harga *ballast* elektronik yang relatif mahal.

Setelah mengetahui nilai penghematan per tahun pada Gedung C, diperlukan biaya investasi di Gedung C. Hasil perhitungan biaya investasi dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Biaya Investasi Di Gedung C

Jenis Barang	Volume	Satuan	Harga satuan	Jumlah
Lampu OSRAM tipe T8 L 36 W/830	230	Rp	21.450	4.933.500
Armatur OSRAM tipe APOLLON T8 VB 2L36HF	115	Rp	175.000	20.125.000
<i>Ballast</i> elektronik tipe QTIS E 2x36	115	Rp	210.000	24.150.000
Ongkos pemasangan titik lampu	115	Rp	196.500	22.597.500
Biaya total penggantian di Gedung A		Rp		71.806.000

Sumber: Hasil perhitungan

Dengan melihat kondisi penerangan pada Gedung C yang tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001, penambahan jumlah lampu dan penggantian lampu hemat energi dan *ballast* elektronik perlu dilakukan untuk memenuhi standar tersebut. Jadi perhitungan investasi dilakukan dengan membandingkan dengan kondisi yang memenuhi standar dengan kondisi yang mengarah pada penghematan energi.

Jangka waktu pengembalian investasi yang dilakukan digedung C dapat dihitung dengan persamaan (2-11), yaitu:

$$\begin{aligned}
 SP &= \frac{\text{Investasi}}{\text{Saving}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 71.806.000}{\text{Rp } 5.909.880} \\
 &= 12,15
 \end{aligned}$$

Jadi investasi pada Gedung C akan kembali setelah 12 tahun 2 bulan. Jangka waktu pengembalian investasi dipengaruhi oleh harga *ballast* elektronik yang relatif mahal.

#### 4.7.2 Penghematan Terhadap Pendinginan Ruang (AC)

Pada ruang-ruang yang menggunakan pendingin ruang (AC) di Gedung B dan C Teknik Elektro Universitas Brawijaya pemilihan dan penggunaan AC belum efisien. Hal tersebut menyebabkan pendinginan ruang tidak merata dan pemborosan terhadap energi listrik. Untuk itu diperlukan evaluasi terhadap penggunaan dan pemilihan AC. Pemilihan AC hemat energi berteknologi inverter dapat menghemat konsumsi energi dan pendinginan ruang dapat terpenuhi. Perbandingan biaya AC hemat energi menggunakan teknologi inverter dengan AC konvensional dapat dilihat pada Tabel 4.15, Tabel 4.16, dan Tabel 4.17.

Tabel 4.15 Perbandingan Biaya Konsumsi Energi AC Konvensional dengan AC Hemat Energi Teknologi Inverter untuk AC 1 PK

Sistem Pendingin AC	Satuan	AC Konvensional	AC Hemat Energi
Konfigurasi	PK	1	1
Suhu	°C	25	25
Konsumsi daya per AC	W	840	300
Penggunaan AC dalam 1 tahun (1 jam × 255 hari)	Jam	255	255
Konsumsi energi per tahun	kWh	214.200	76.500
Tarif listrik	Rp/kWh	600	600
Biaya konsumsi energi per tahun	Rp	128.520.000	45.900.000
Penghematan per tahun	Rp	0	82.620.000
Biaya penghematan operasional dalam persen	%		64,3

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.15 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan AC hemat energi 1 PK pada suhu 25° (suhu pendinginan ruang yang dianjurkan oleh pemerintah) dalam setahun dapat menghemat sebesar 64,3% atau Rp 82.620.000. Walaupun penggunaan AC hemat energi berteknologi inverter untuk investasi awal lebih mahal, tetapi konsumsi energi dapat memberikan penghematan yang besar.

Tabel 4.16 Perbandingan Biaya Konsumsi Energi AC Konvensional dengan AC Hemat Energi Teknologi Inverter untuk AC 1,5 PK

Sistem Pendingin AC	Satuan	AC Konvensional	AC Hemat Energi
Konfigurasi	PK	1,5	1,5
Suhu	°C	25	25
Konsumsi daya per AC	W	1175	620
Penggunaan AC dalam 1 tahun (1 jam × 255 hari)	Jam	255	255
Konsumsi energi per tahun	kWh	299.625	158.100
Tarif listrik	Rp/kWh	600	600
Biaya konsumsi energi per tahun	Rp	179.775.000	94.860.000
Penghematan per tahun	Rp	0	84.915.000
Biaya penghematan operasional dalam persen	%		47,23

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.16 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan AC hemat energi 1,5 PK pada suhu 25° (suhu pendinginan ruang yang dianjurkan oleh pemerintah) dalam setahun dapat menghemat sebesar 47,23% atau Rp 84.915.000. Walaupun penggunaan AC hemat energi berteknologi inverter untuk investasi awal lebih mahal, tetapi konsumsi energi dapat memberikan penghematan yang besar.

Tabel 4.17 Perbandingan Biaya Konsumsi Energi AC Konvensional dengan AC Hemat Energi Teknologi Inverter untuk AC 2 PK

Sistem Pendingin AC	Satuan	AC Konvensional	AC Hemat Energi
Konfigurasi	PK	2	2
Suhu	°C	25	25
Konsumsi daya per AC	W	1.920	1000
Penggunaan AC dalam 1 tahun (1 jam × 255 hari)	Jam	255	255
Konsumsi energi per tahun	kWh	489.600	255.000
Tarif listrik	Rp/kWh	600	600
Biaya konsumsi energi per tahun	Rp	293.760.000	153.000.000
Penghematan per tahun	Rp	0	140.760.000
Biaya penghematan operasional dalam persen	%		47,92

Sumber: Hasil perhitungan

Dari Tabel 4.17 dapat diketahui bahwa dengan menggunakan AC hemat energi 2 PK pada suhu 25° (suhu pendinginan ruang yang dianjurkan oleh pemerintah) dalam setahun dapat menghemat sebesar 47,92% atau Rp 140.760.000. Walaupun penggunaan AC hemat energi berteknologi inverter untuk investasi awal lebih mahal, tetapi konsumsi energi dapat memberikan penghematan yang besar.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari semua hasil survei dan pengukuran yang dilakukan, penyebab pemanfaatan energi listrik yang tidak efisien di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya yaitu:
  - Terdapat fasa yang tidak seimbang yaitu fasa S di Gedung C, memiliki besar penyimpangan nilai daya dari nilai daya rata-rata sebesar 108,69%.
  - Pada Gedung C harmonisa arus untuk tiap fasa memiliki THDI diatas 15% yaitu fasa R 27,1% fasa S 17,6% fasa T 47,7% dan harmonisa tegangan untuk tiap fasa memiliki THDV diatas 5% yaitu fasa R sebesar 12,9% fasa S sebesar 12,7% fasa T 13,3%.
  - Intensitas Penerangan pada ketiga gedung tidak memenuhi standar SNI 03-6575-2001, seperti contoh pada Laboratorium Telekomunikasi C 2.11 memiliki intensitas penerangan 142.78 lux dari standar penerangan pada laboratorium 500 lux.
  - Penyekatan ruang tanpa perubahan penempatan saklar lampu pada Gedung B dan Gedung C menyebabkan penggunaan saklar tidak efisien dan tidak selektif. Seperti contoh pada Ruang B 2.5, penerangan yang dibutuhkan pada ruang dosen (B 2.5.1.1, B 2.5.1.2, B 2.5.1.3, B 2.5.1.4) dengan keadaan penerangan saat ini yaitu 6 titik lampu (1×TL40W), dengan keadaan selektifitas saklar yang ada pada saat ini lampu yang akan menyala yaitu 21 titik lampu (1×TL40W). Hal tersebut menyebabkan pemborosan energi dalam 1 tahun 1.683 kWh atau Rp 1.009.800. Karena tidak selektifnya saklar menyebabkan pemborosan energi dan biaya di Gedung B dan Gedung C dalam 1 tahun yaitu 7.068,6 kWh dan Rp 5.250.960.
  - Banyak ruang ber-AC yang disekat, hal ini menyebabkan pendinginan udara tidak merata. Dan penggunaan AC tidak selektif dari segi pembagian AC dalam suatu ruangan.

2. Tindakan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi listrik di Gedung Teknik Elektro Universitas Brawijaya yaitu
  - Dengan menyeimbangkan fasa-fasa yang tidak seimbang
  - Melakukan selektifitas saklar.
  - Mengganti lampu konvensional dengan lampu hemat energi yang menggunakan *ballast* elektronik
  - Melakukan pembagian AC dan mengganti dengan AC hemat energi berteknologi inverter, agar pendinginan lebih merata dan penghematan energi dapat terlaksana.
3. Potensi penghematan energi listrik dari tindakan konservasi energi listrik yaitu:
  - Dengan menggunakan lampu hemat energi dan *ballast* elektronik, didapatkan penghematan per tahun sebesar 33,5% pada Gedung A, 34% pada Gedung B dan 33,9% pada Gedung C.
  - Dengan menggunakan AC hemat energi berteknologi inverter untuk AC 1 PK didapatkan penghematan per tahun sebesar 64,3%, AC 1,5 PK penghematan per tahun sebesar 47,23% dan AC 2 PK penghematan per tahun sebesar 47,92%.

## 5.2 Saran

Banyaknya kekurangan yang ada sehingga saran untuk penelitian dan Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan ulang instalasi listrik sehingga dihasilkan sebuah instalasi baru yang lebih baik dan hemat energi. dan melakukan pemenuhan standar intensitas penerangan.
2. Melakukan perubahan penempatan dan selektifitas saklar dan melakukan pembagian AC agar penyebaran udara sejuk pada ruang dapat merata.
3. Mengganti lampu konvensional dengan lampu hemat energi dan *ballast* elektronik. Dan mengganti AC konvensional dengan AC hemat energi berteknologi inverter.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 03-6196-2000, Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 03-6197-2000, Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. SNI 04-0225-2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: BSN
- Badan Standardisasi Nasional. 2001. SNI 03-6575-2001, Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2001. SNI 03-65-72-2001, Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 16-7062-2004, Pengukuran Intensitas Penerangan di Tempat Kerja. Jakarta: BSN.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2006. Teknik Penghematan Energi Pada Rumah Tangga dan Gedung. Jakarta: DPN.
- Kadir, Abdul, Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, Universitas Indonesia (UI-Press)
- Kadir, Abdul. 1990. Energi, Penerbit Universitas Indonesia pres .
- Pabla, A.S. 1994. Sistem Distribusi Daya Listrik, Ir. Abdul Hadi. Jakarta: Airlangga.
- Patric, Dale R. & Stephen W. Fardo. 2006. Energy Conservation Guidebook Second Edition, Georgia: The Fairmont Press, inc.
- Thumann, Albert, P.E., C.E.M. & William J. Younger, C.E.M. 2003. Handbook Of Energy Audits Sixth Edition, Georgia: The Fairmont Press, inc.
- Turner, Dr. Wayne C. 2004. Energy Management Handbook Fifth Edition. School of industrial engineering and management Oklahoma state university.
- Van, P. Harten. 1974. Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid I, Bina Cipta.
- Van, P. Harten. 1974. Instalasi Listrik Arus Kuat Jilid II, Bina Cipta.
- Vreuls, Harry. 2005. IEA DSM Evaluation Guidebook Volume I, Operating Agent Senter Novem The Netherlands.
- Vreuls, Harry. 2005. IEA DSM Evaluation Guidebook Volume II, Operating Agent Senter Novem The Netherlands.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# LAMPIRAN

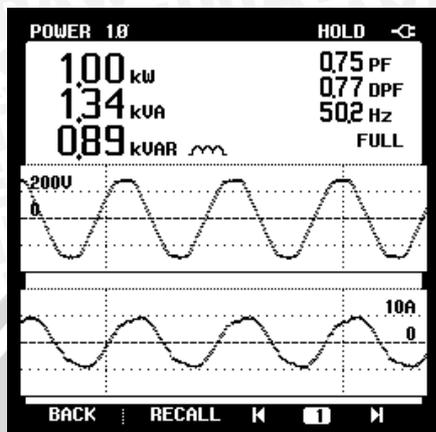


## Lampiran 1. Hasil Pengukuran

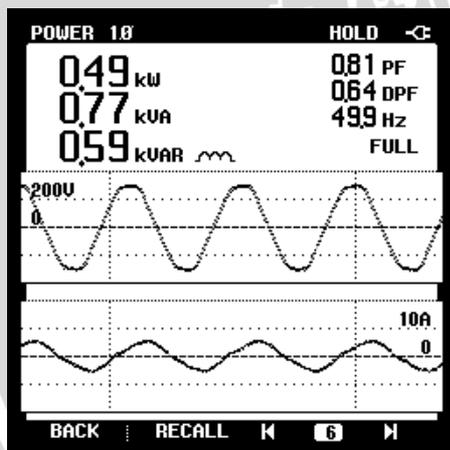
## PENGUKURAN TANGGAL 23 JULI 2009 DI GEDUNG A

Daya :

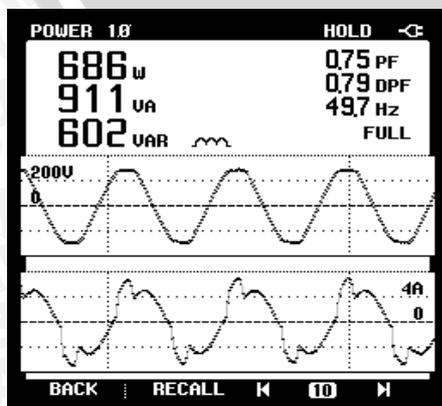
Fasa R



Fasa S



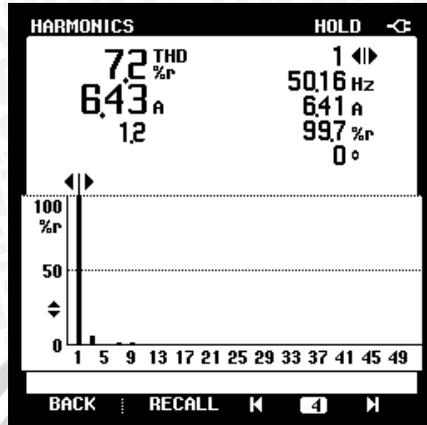
Fasa T



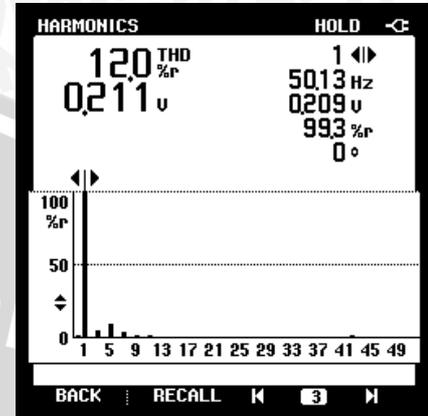
Harmonisa:

Arus

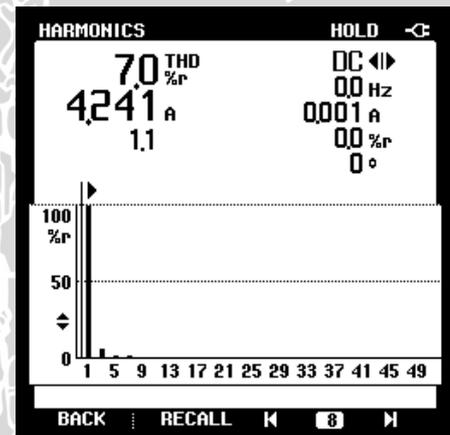
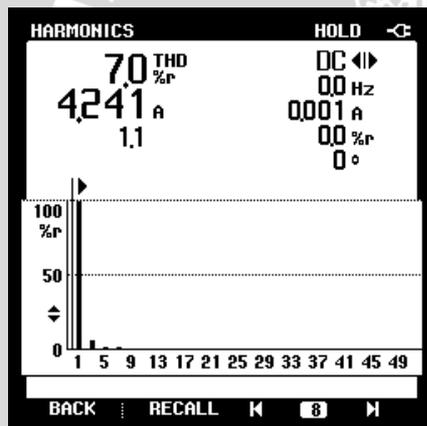
Fasa R



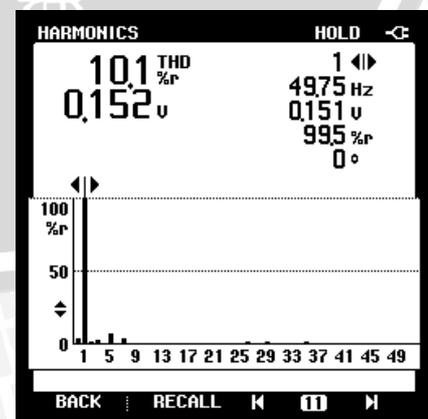
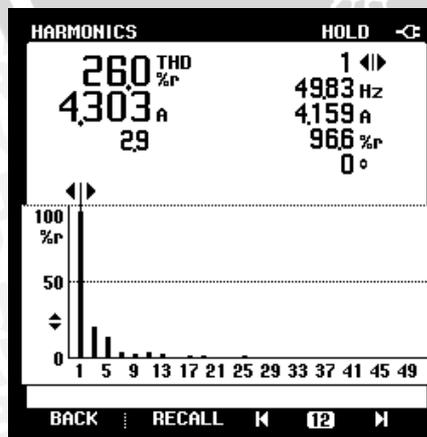
Tegangan



Fasa S

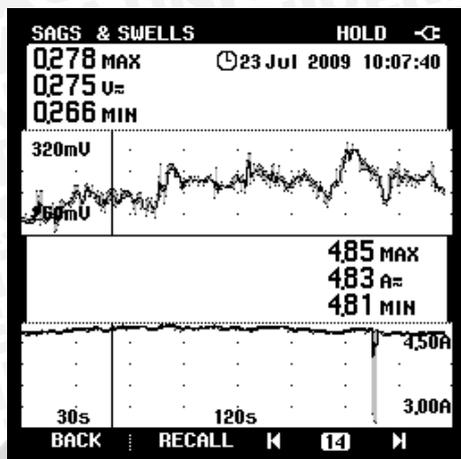


Fasa T

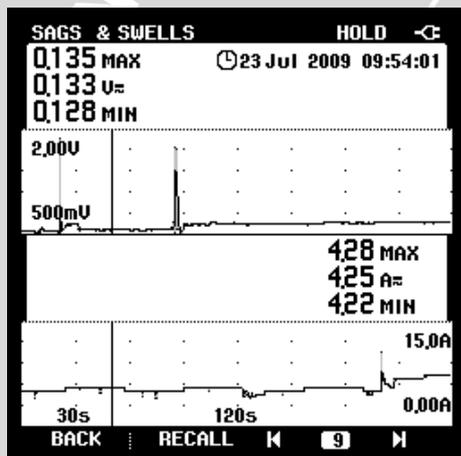


Sags & Swells:

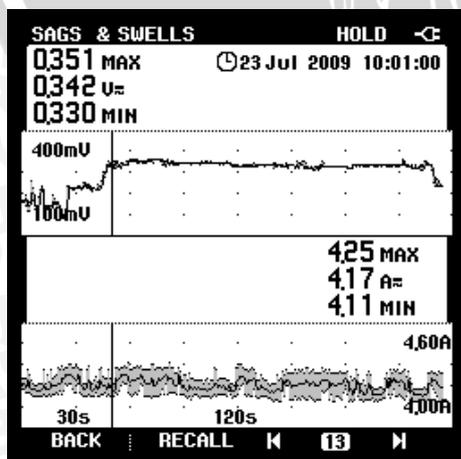
Fasa R



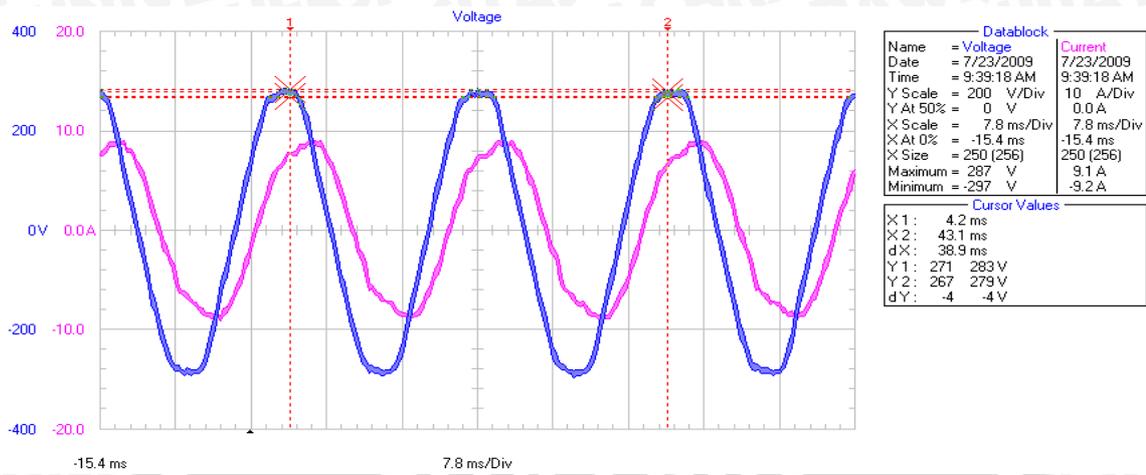
Fasa S



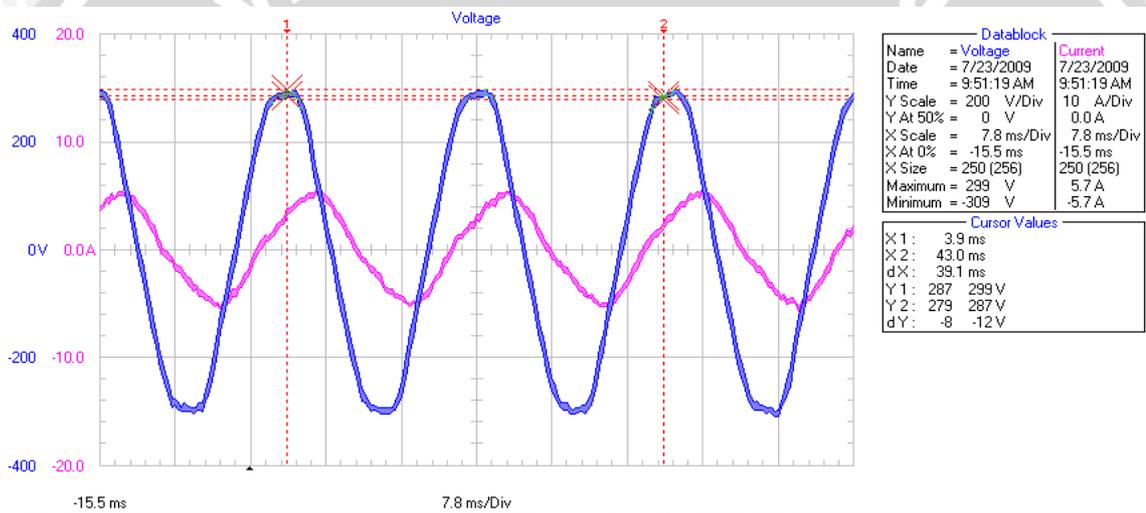
Fasa T



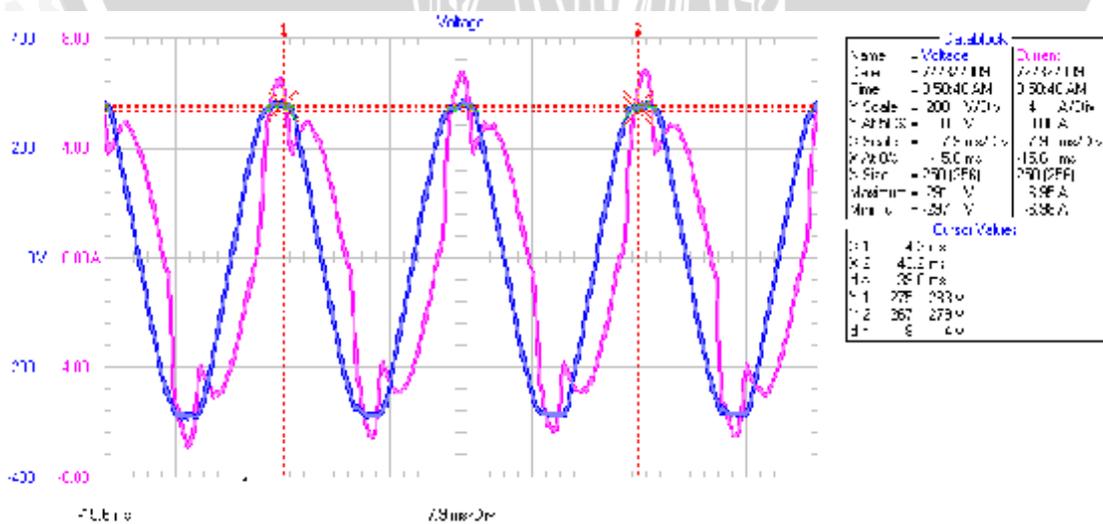
### Fasa R



### Fasa S



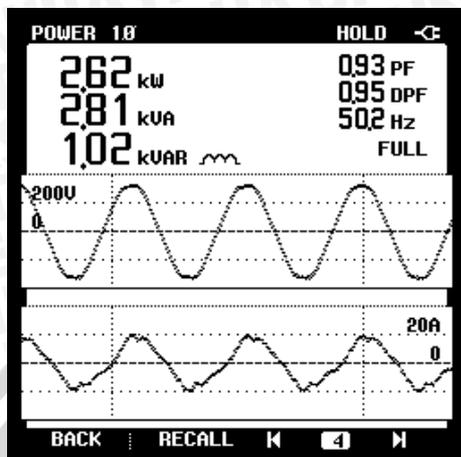
### Fasa T



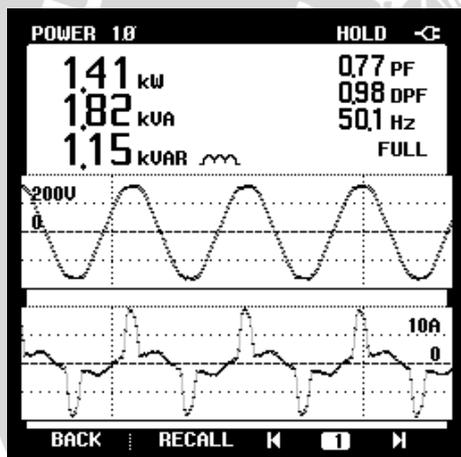
## PENGUKURAN TANGGAL 26 JULI 2009 DI GEDUNG B

Daya :

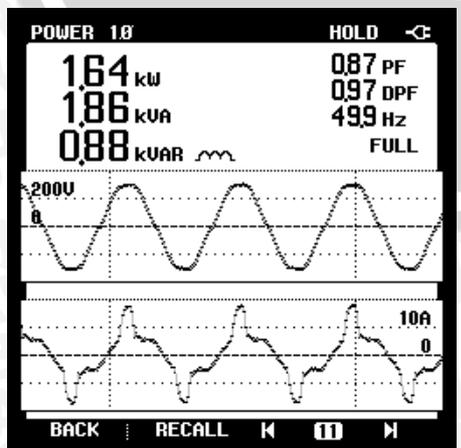
Fasa R



Fasa S



Fasa T

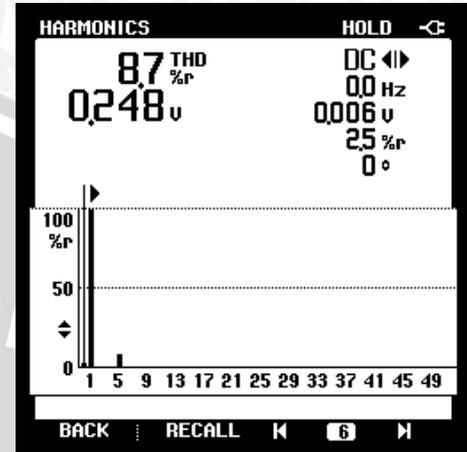
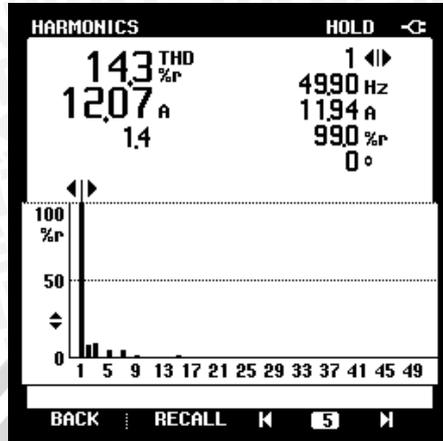


Harmonisa:

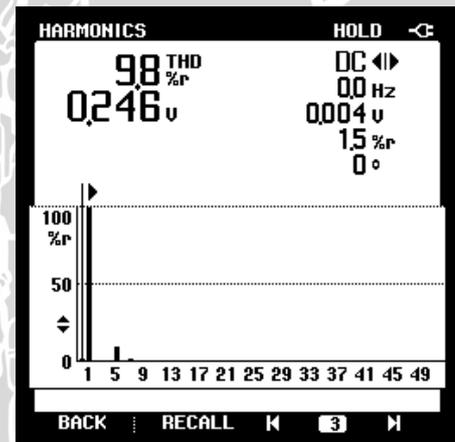
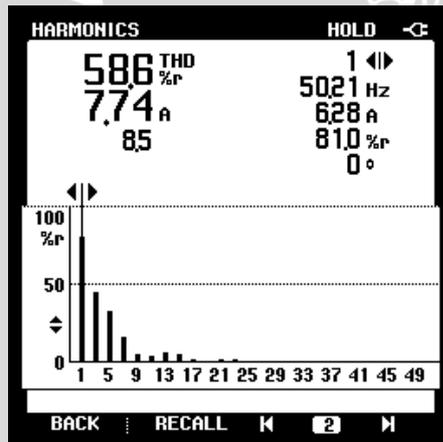
Arus

Tegangan

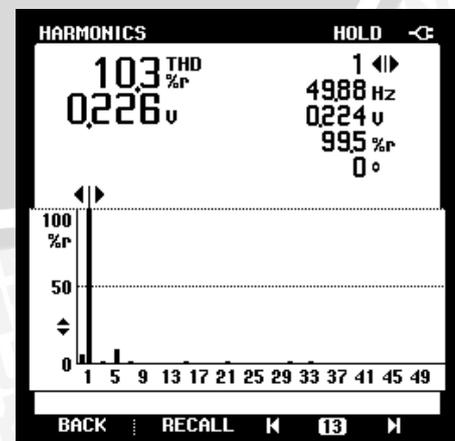
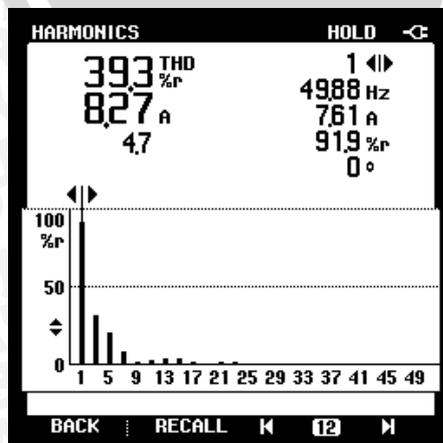
Fasa R



Fasa S

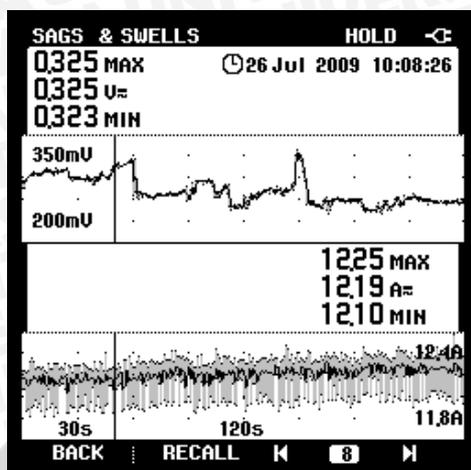


Fasa T

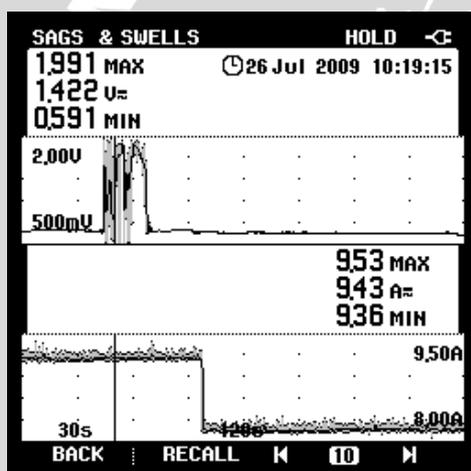


### Sags & Swells:

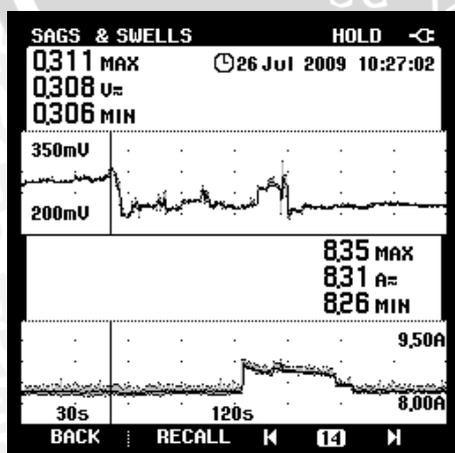
#### Fasa R



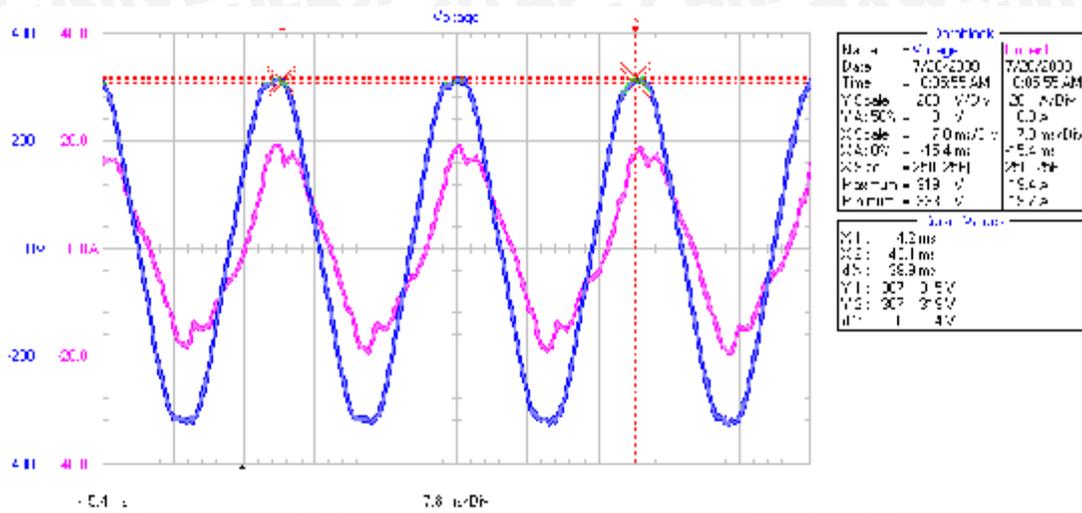
#### Fasa S



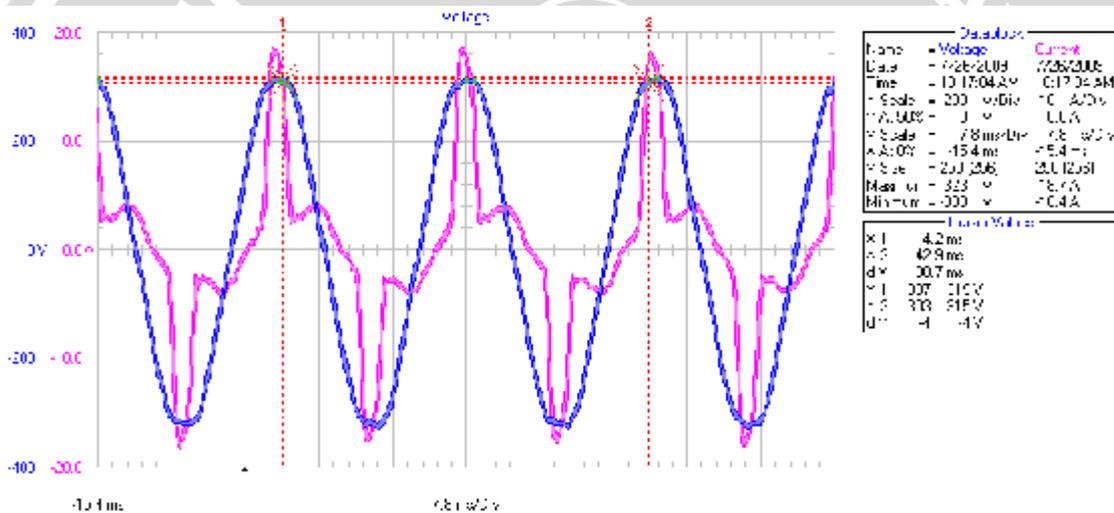
#### Fasa T



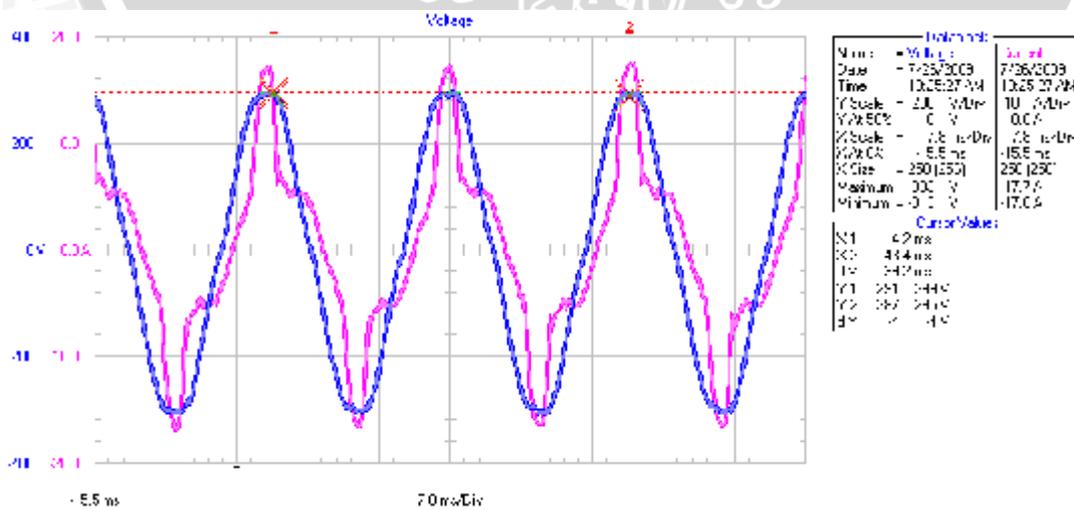
### Fasa R



### Fasa S



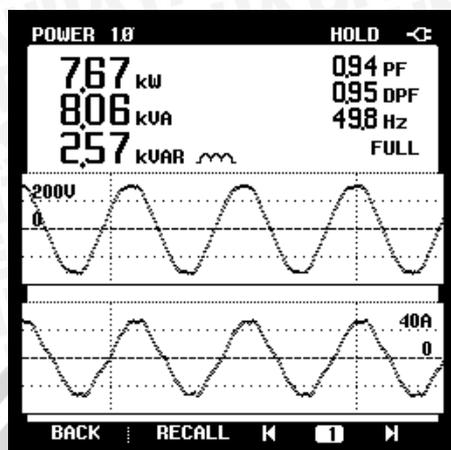
### Fasa T



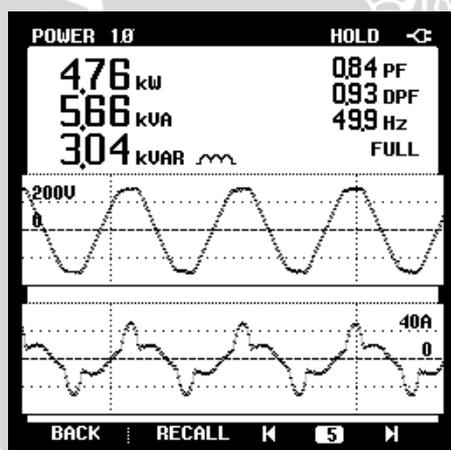
**PENGUKURAN TANGGAL 27 JULI 2009 DI GEDUNG B**

**Daya :**

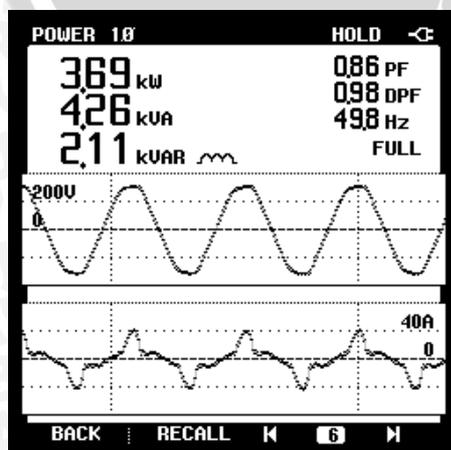
**Fasa R**



**Fasa S**



**Fasa T**

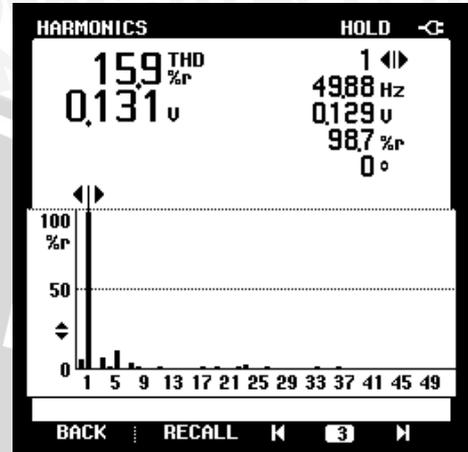
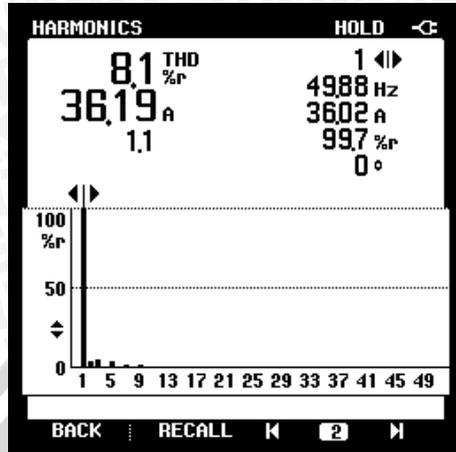


Harmonisa:

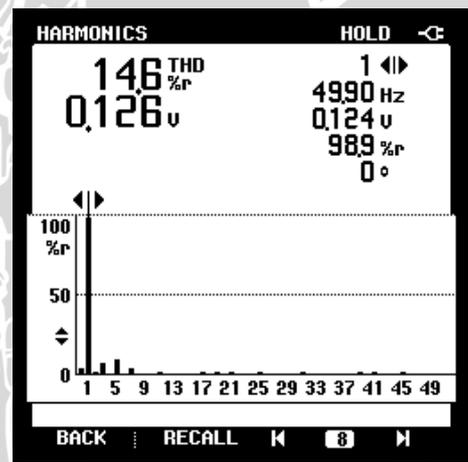
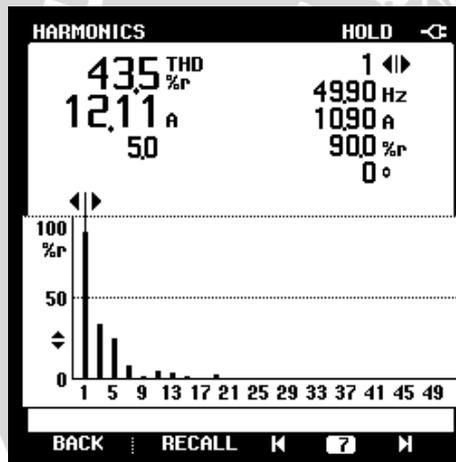
Arus

Tegangan

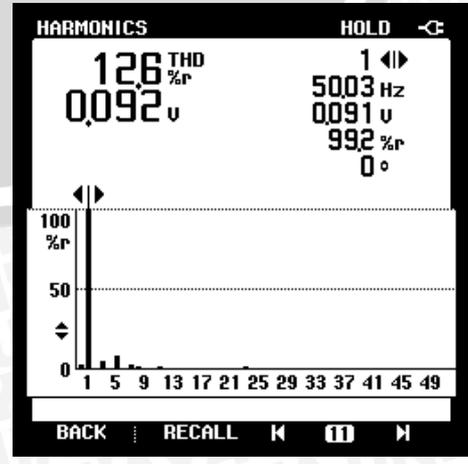
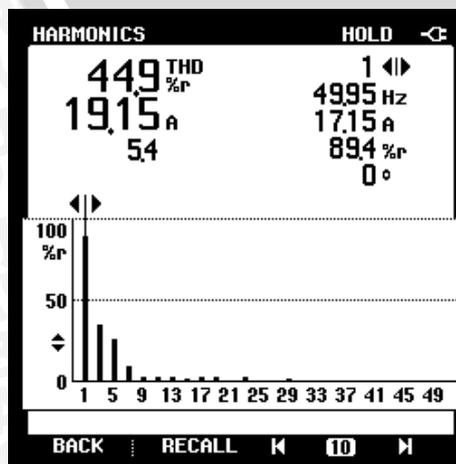
Fasa R



Fasa S

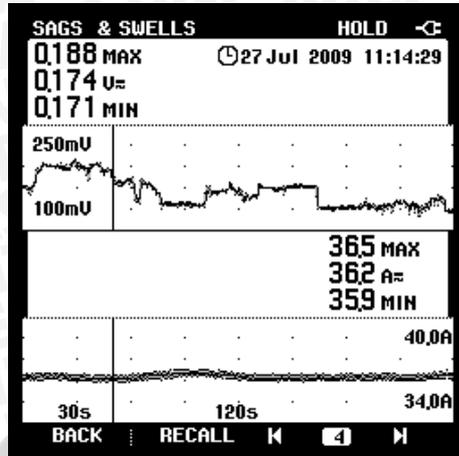


Fasa T

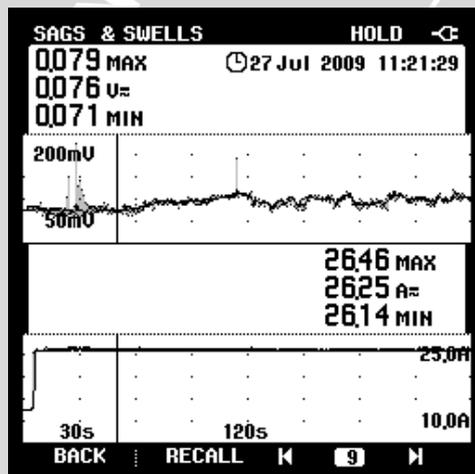


Sags & Swells:

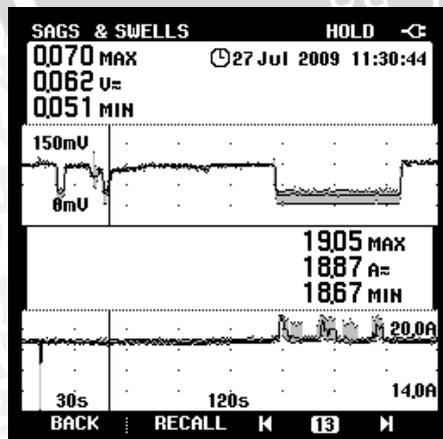
Fasa R



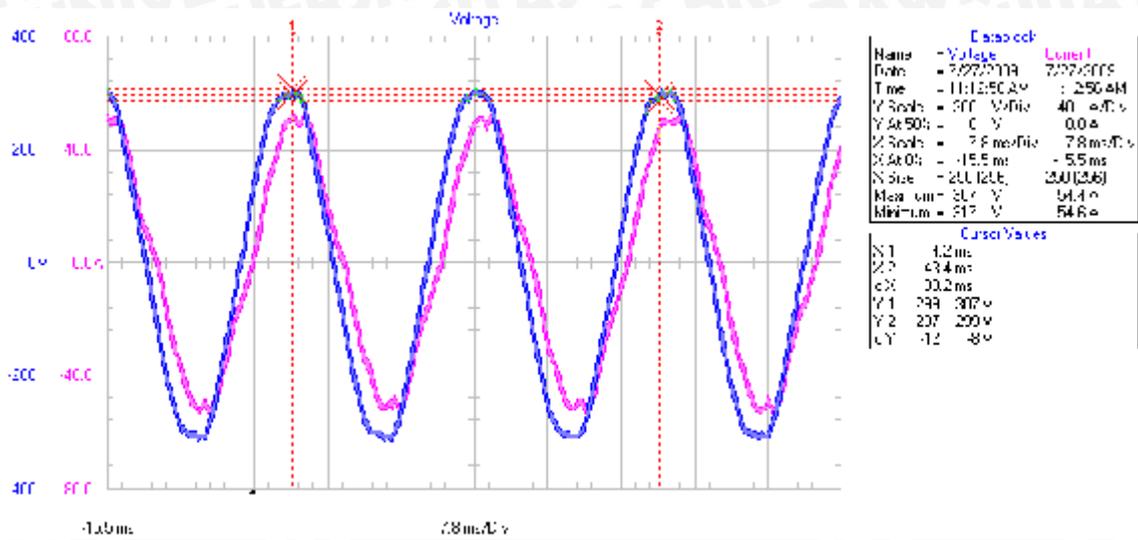
Fasa S



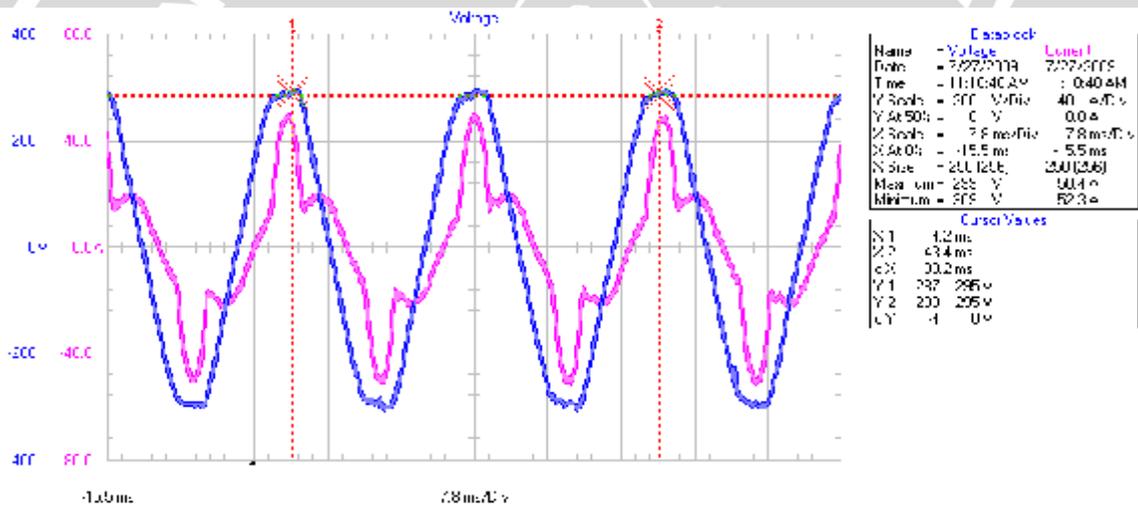
Fasa T



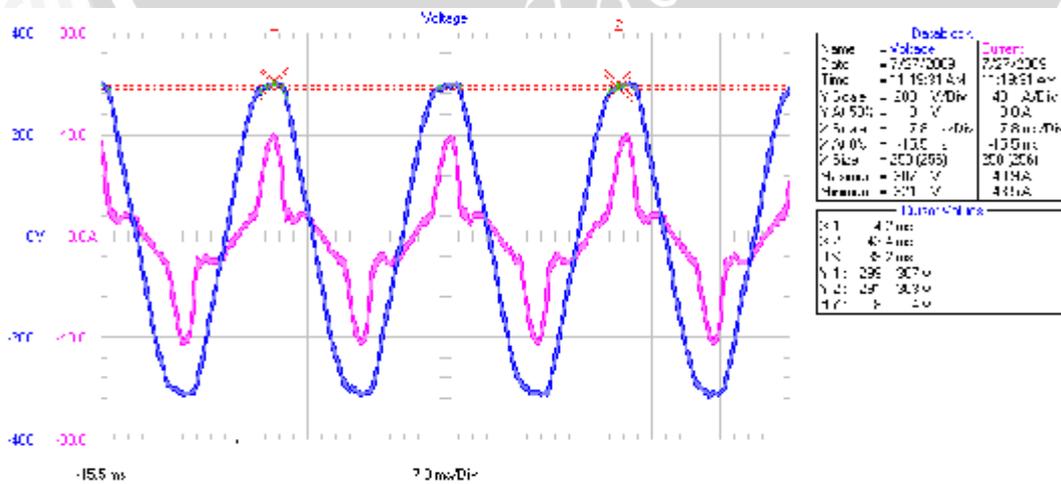
### Fasa R



### Fasa S



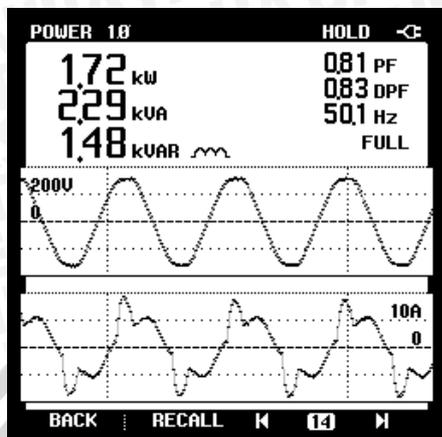
### Fasa T



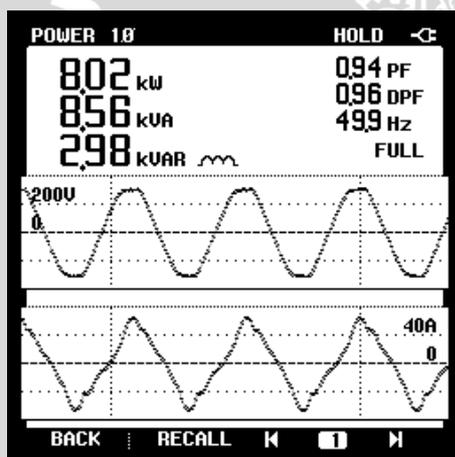
**PENGUKURAN TANGGAL 30 JULI 2009 DI GEDUNG C**

**Daya :**

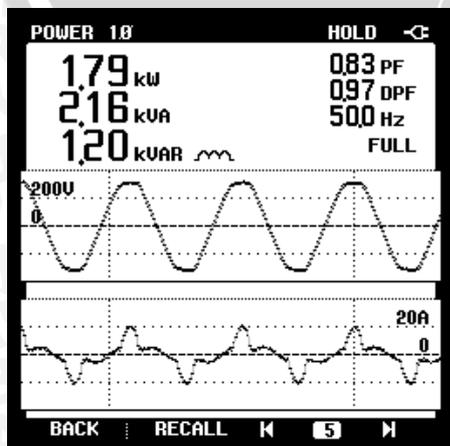
**Fasa R**



**Fasa S**



**Fasa T**

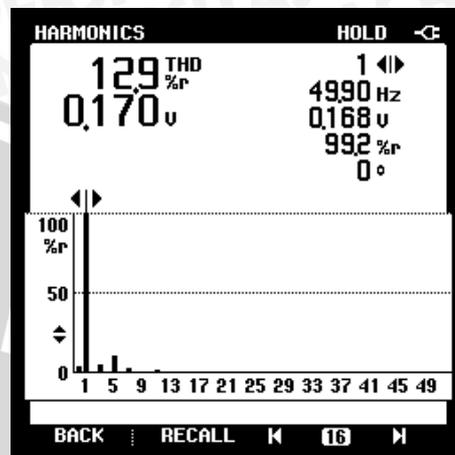
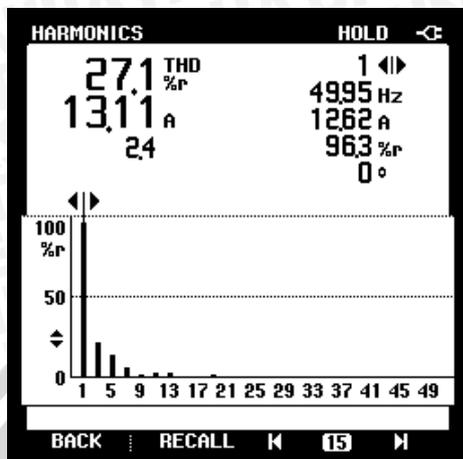


Harmonisa:

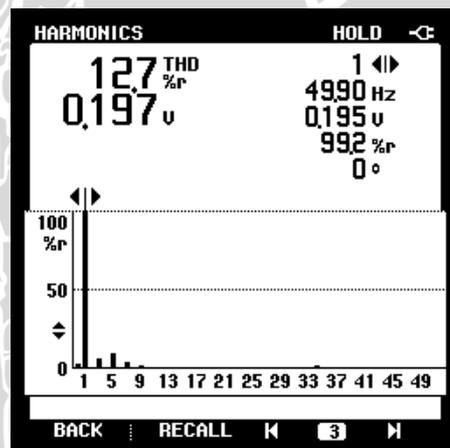
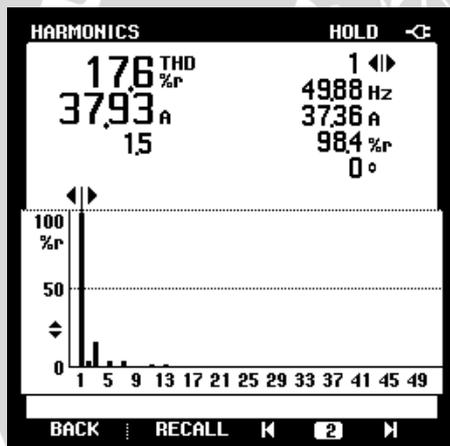
Arus

Tegangan

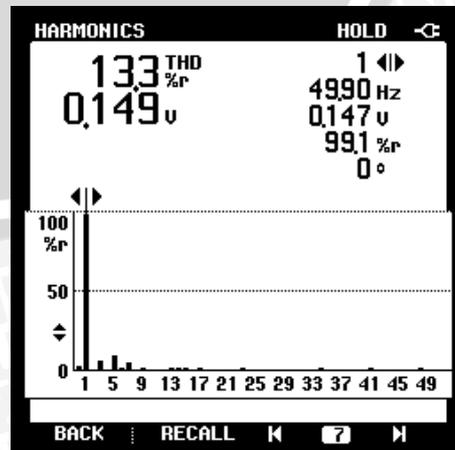
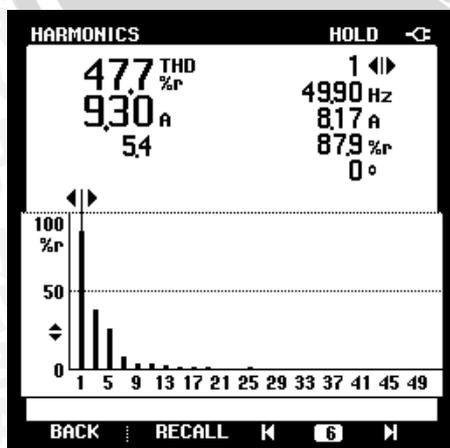
Fasa R



Fasa S

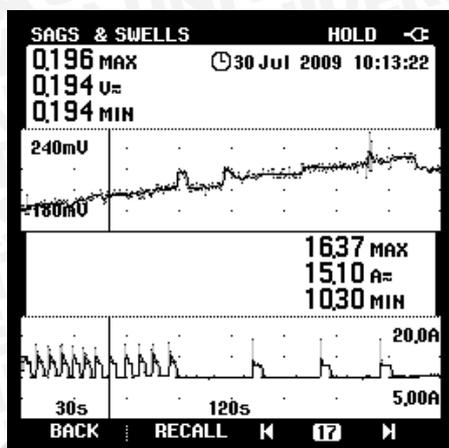


Fasa T

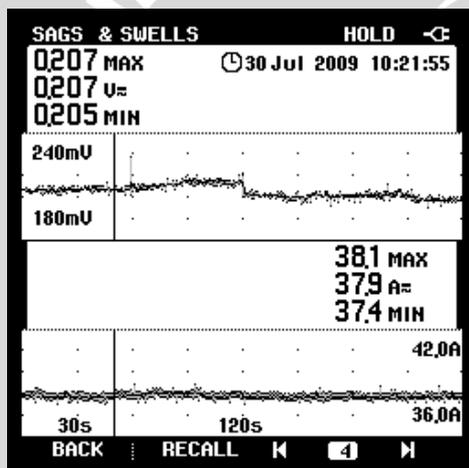


Sags & Swells:

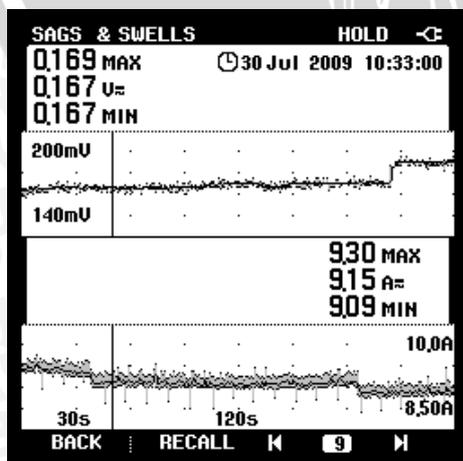
Fasa R



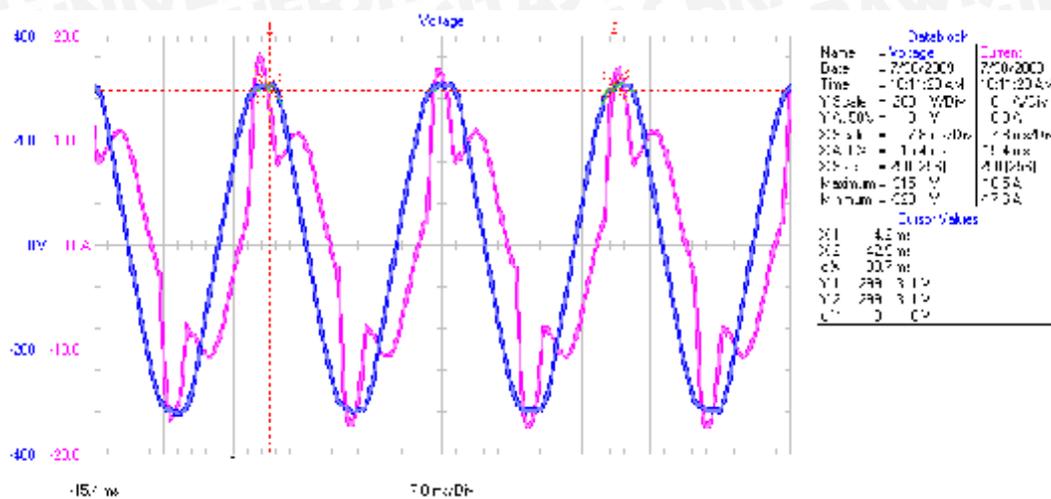
Fasa S



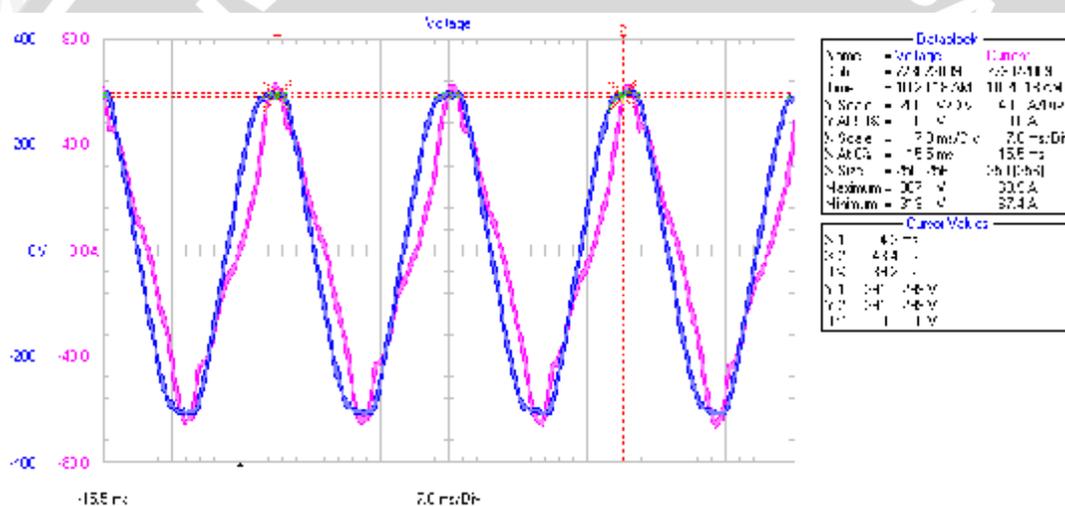
Fasa T



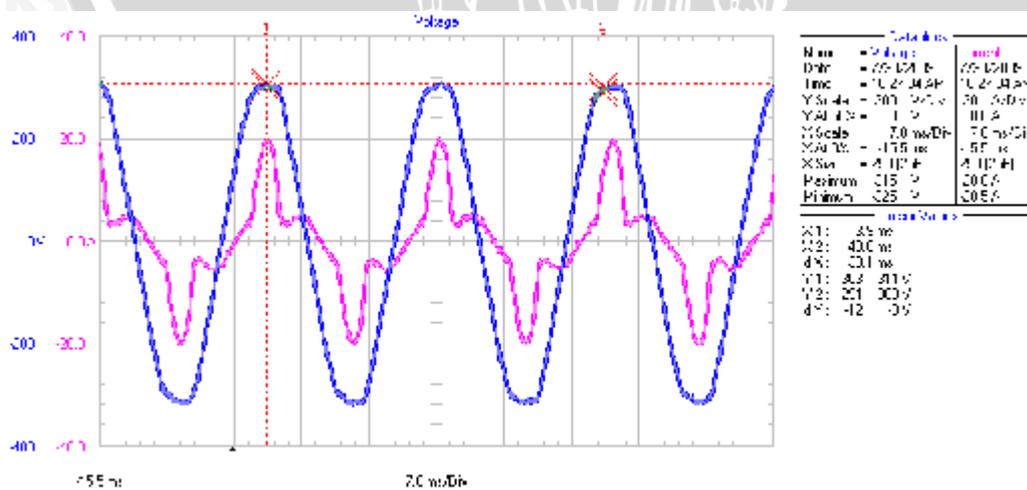
### Fasa R



### Fasa S



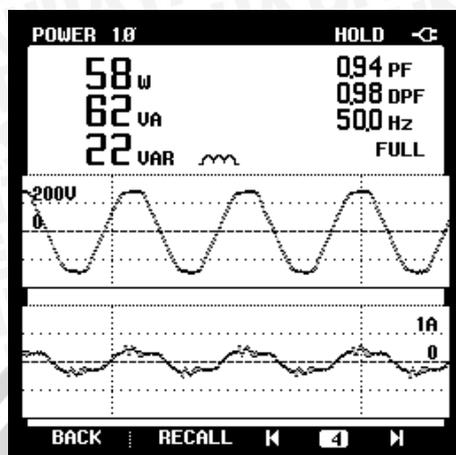
### Fasa T



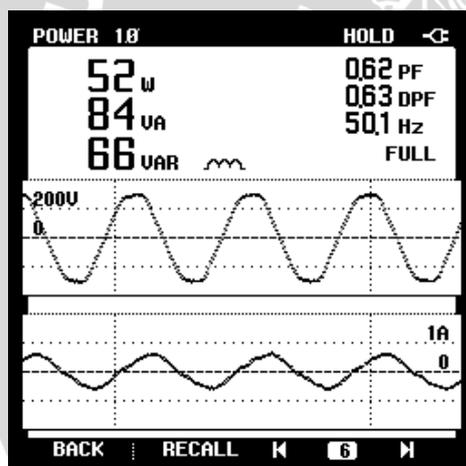
## PENGUKURAN TANGGAL 11 AGUSTUS 2009 DI GEDUNG A

Daya:

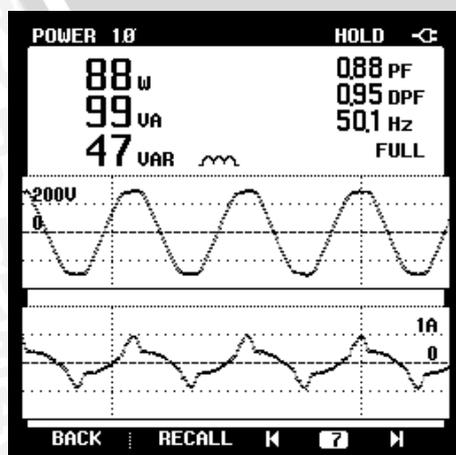
Fasa R



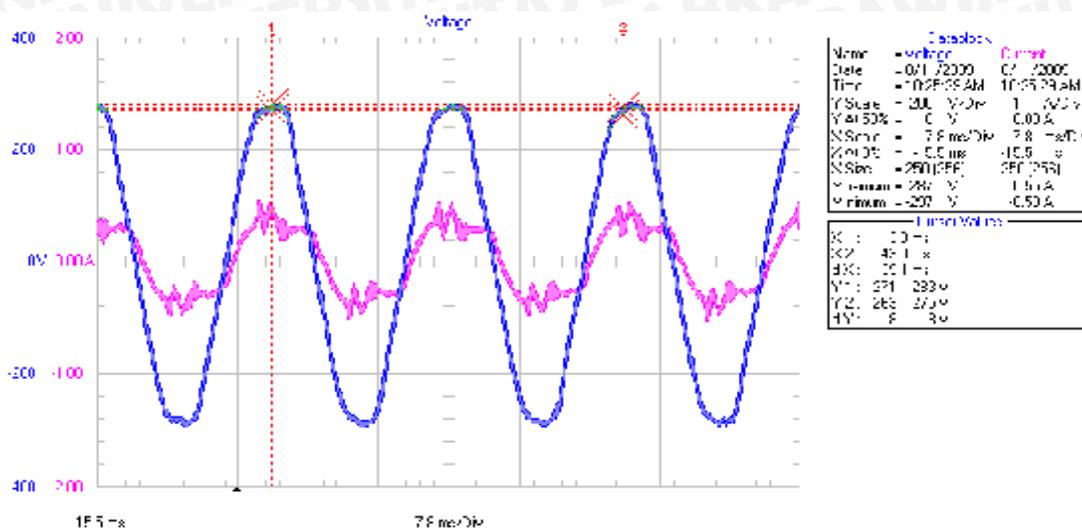
Fasa S



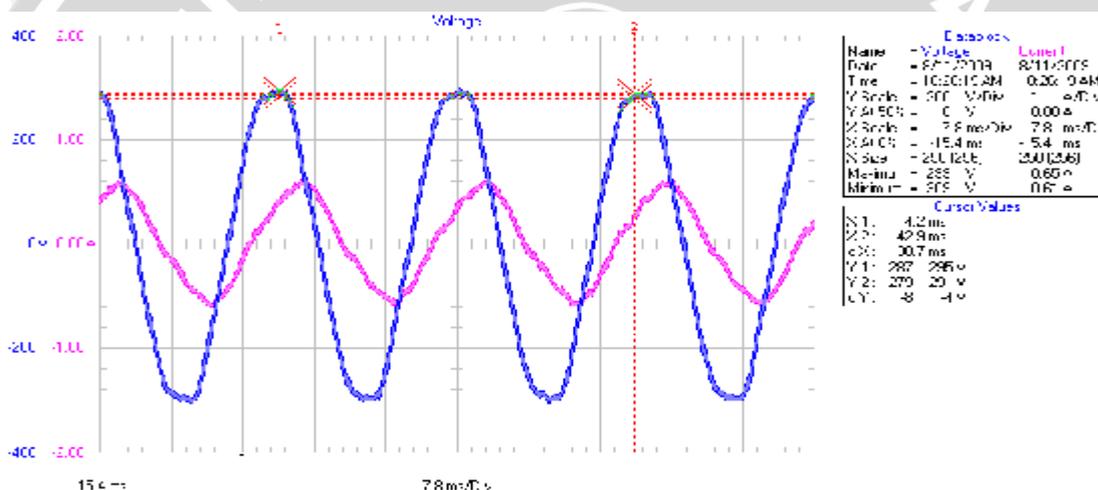
Fasa T



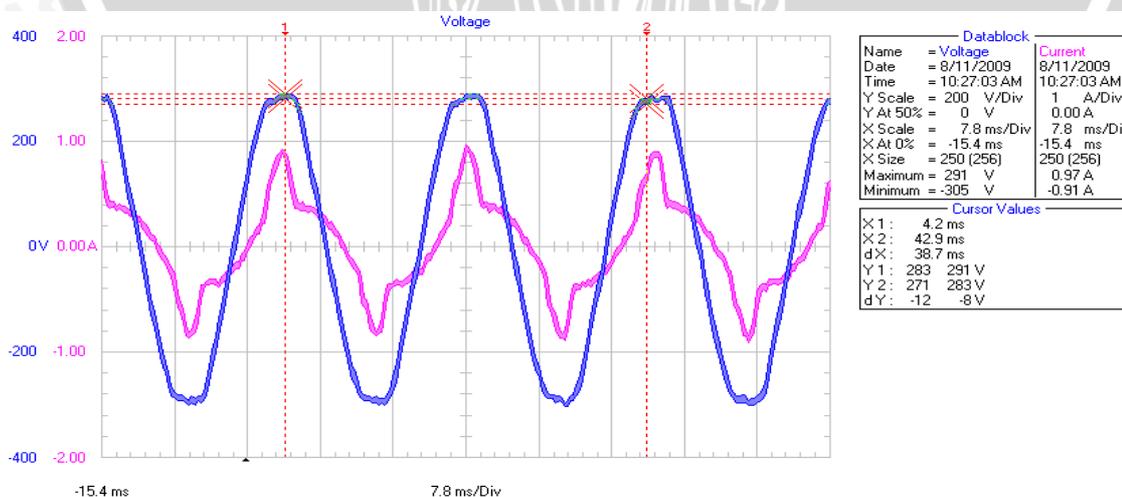
### Fasa R



### Fasa S



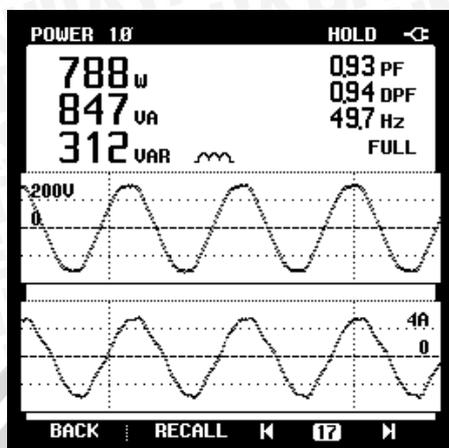
### Fasa T



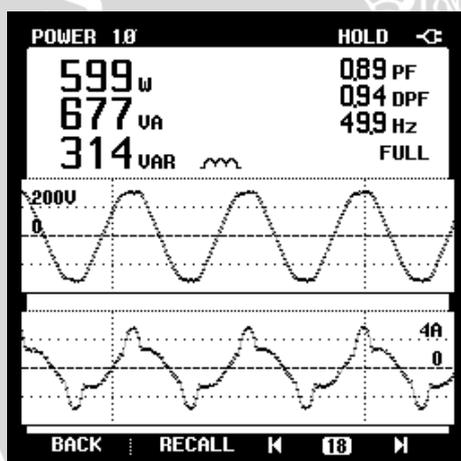
## PENGUKURAN TANGGAL 11 AGUSTUS 2009 DI GEDUNG B

Daya:

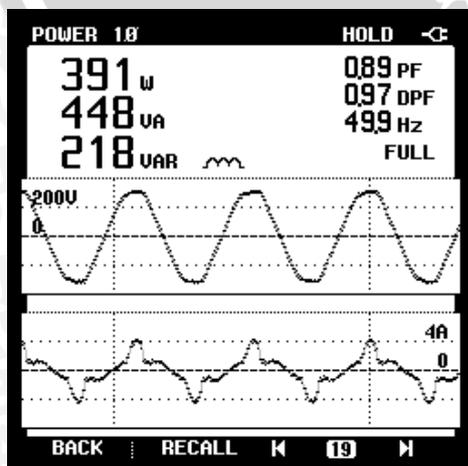
Fasa R



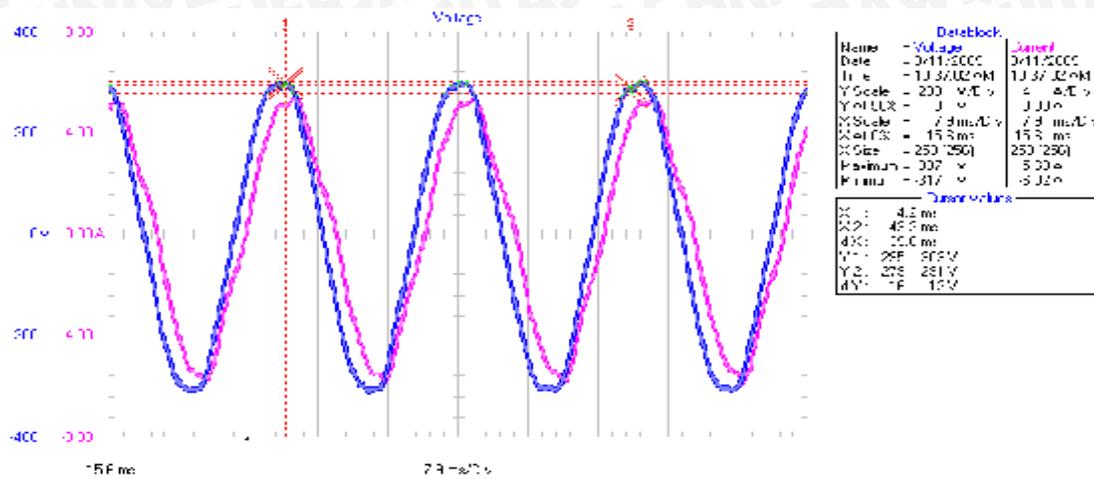
Fasa S



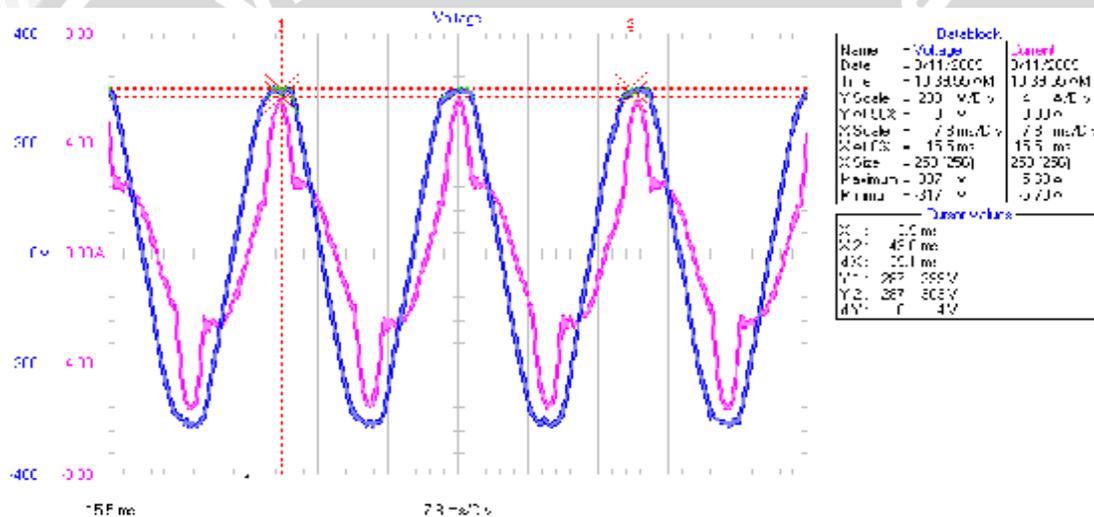
Fasa T



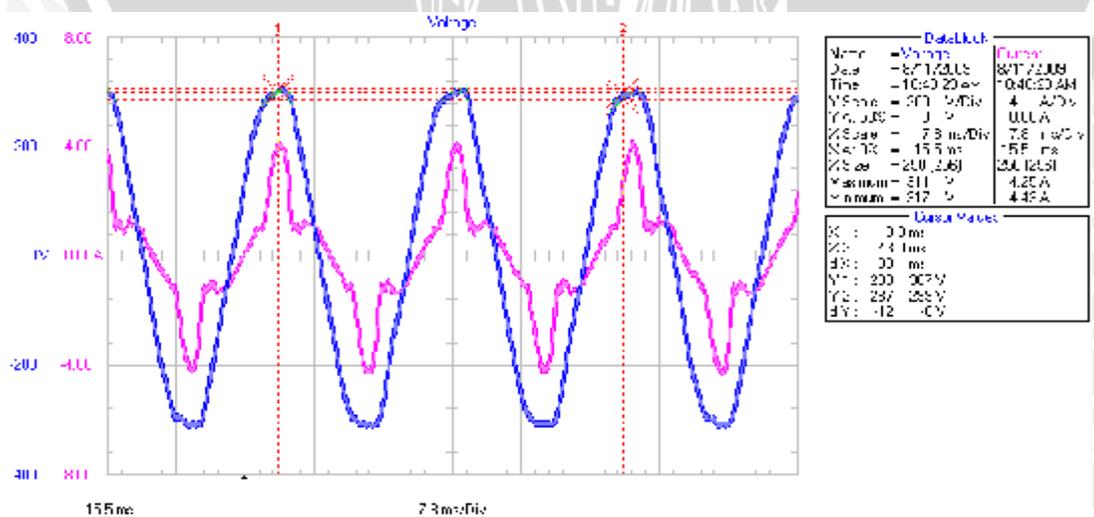
### Fasa R



### Fasa S



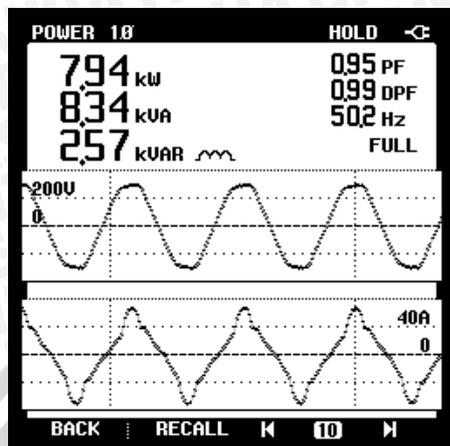
### Fasa T



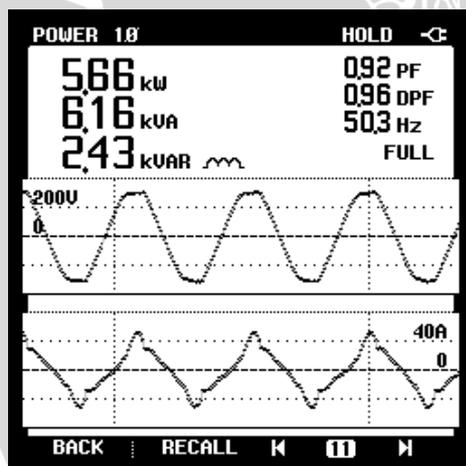
## PENGUKURAN TANGGAL 8 OKTOBER 2009 DI GEDUNG B

Daya:

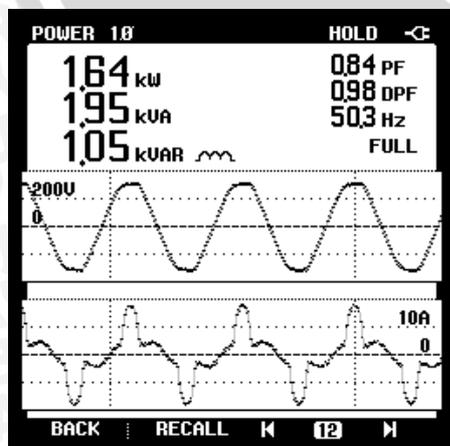
Fasa R



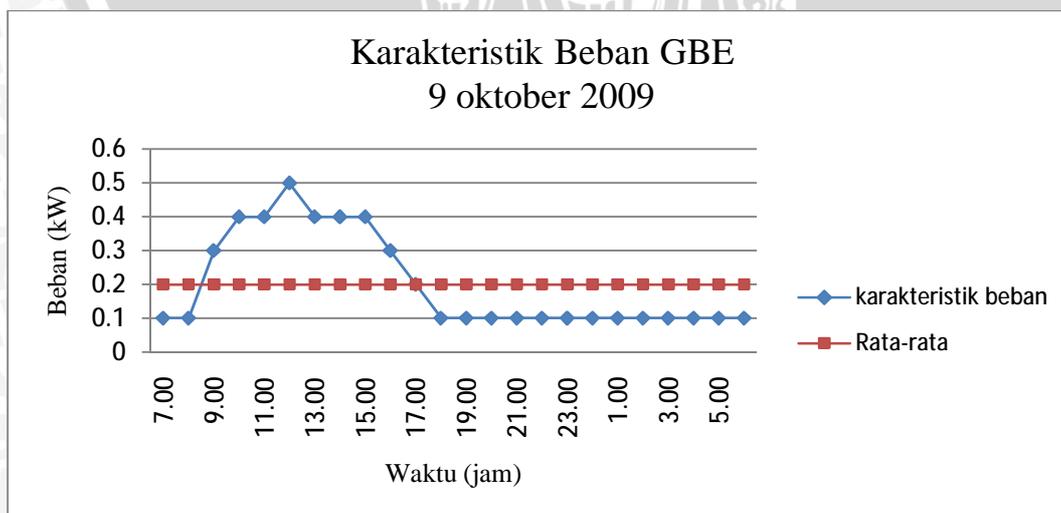
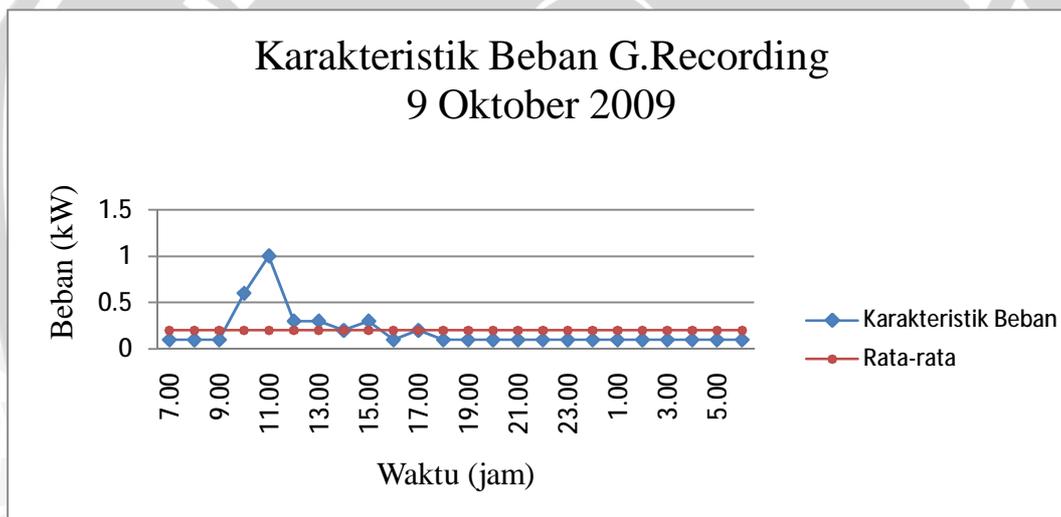
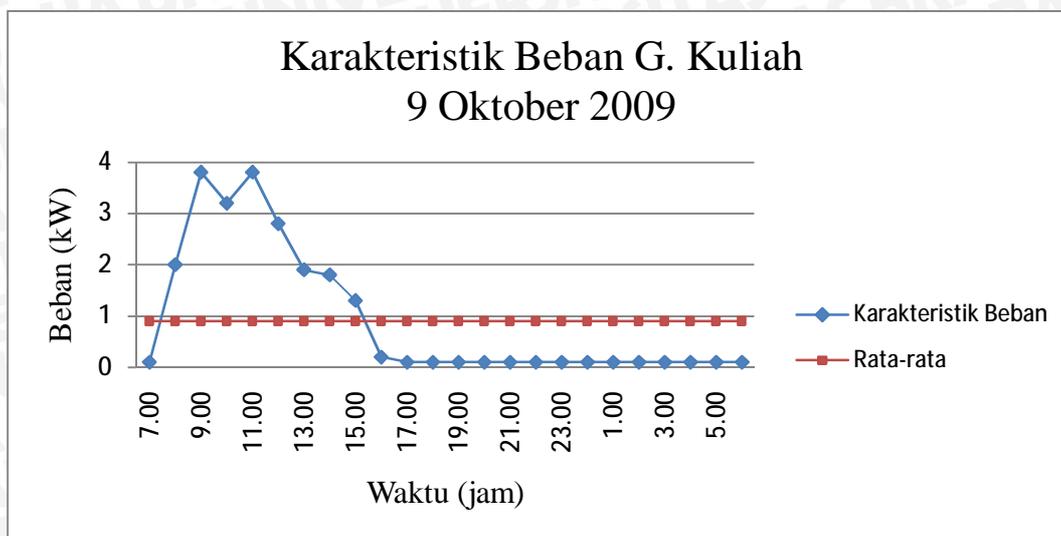
Fasa S



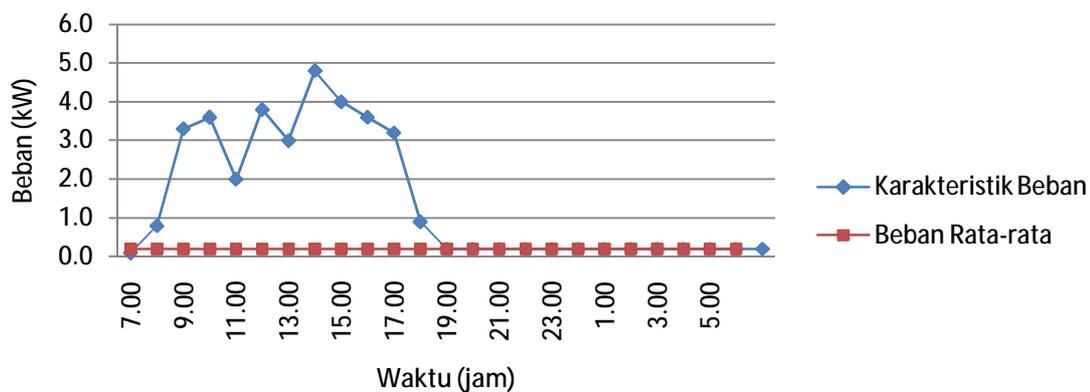
Fasa T



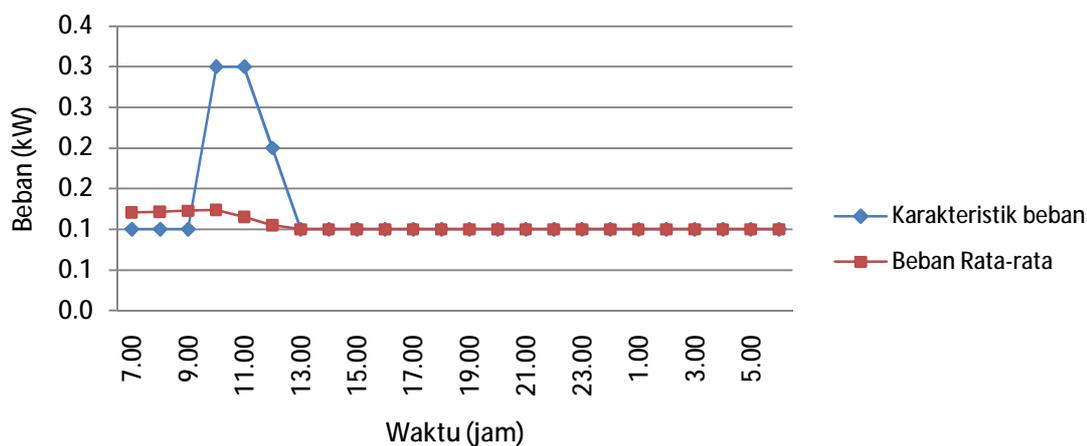
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Karakteristik Beban



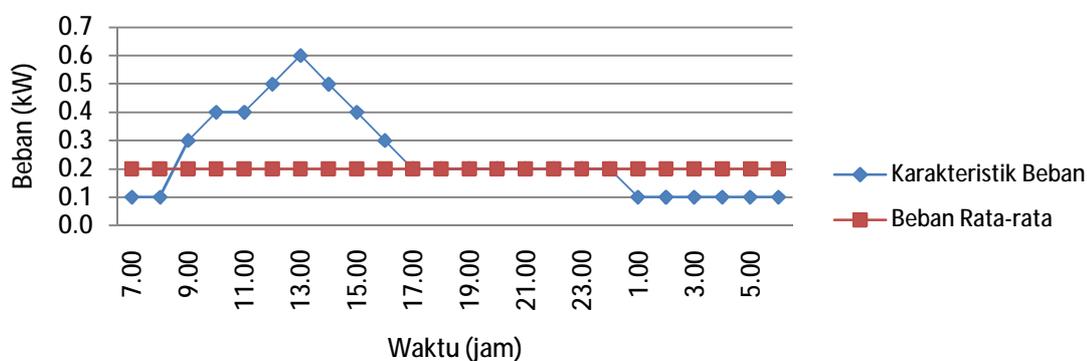
### Karakteristik Beban G. Kuliah 20 Oktober 2009



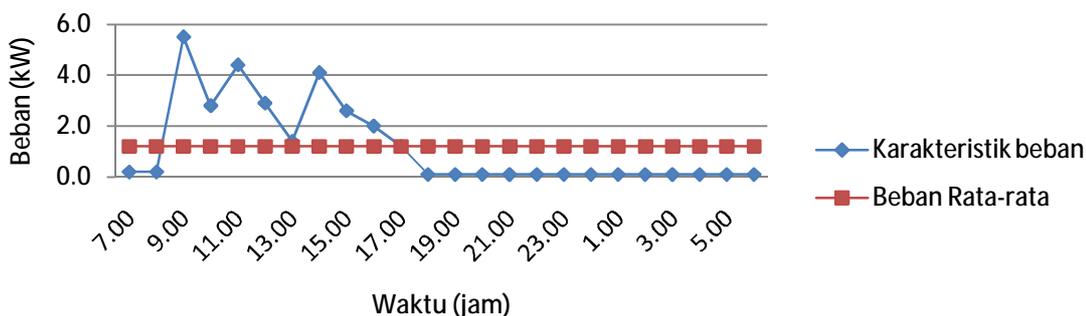
### Karakteristik Beban G. Recording 20 Oktober 2009



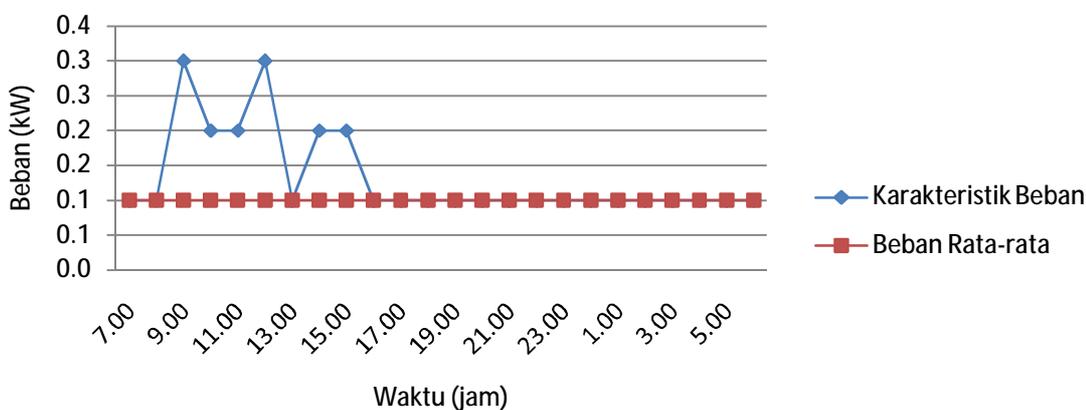
### Karakteristik Beban GBE 20 Oktober 2009



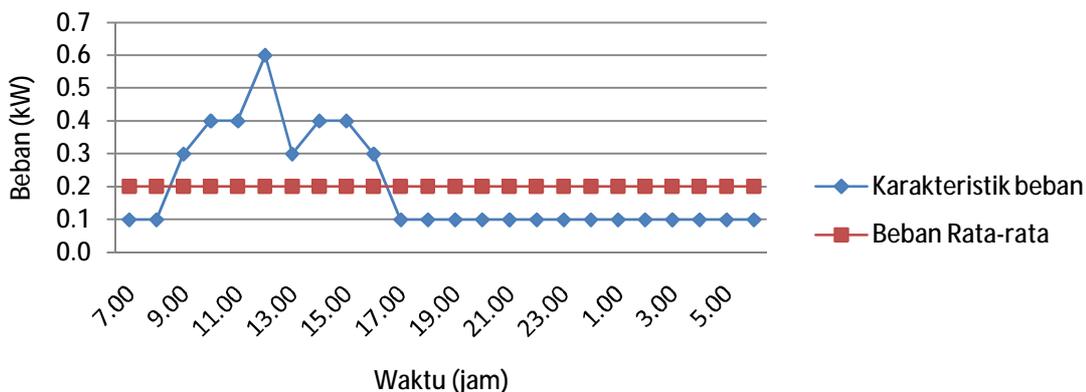
### Karakteristik beban di Gedung Kuliah 9 November 2009



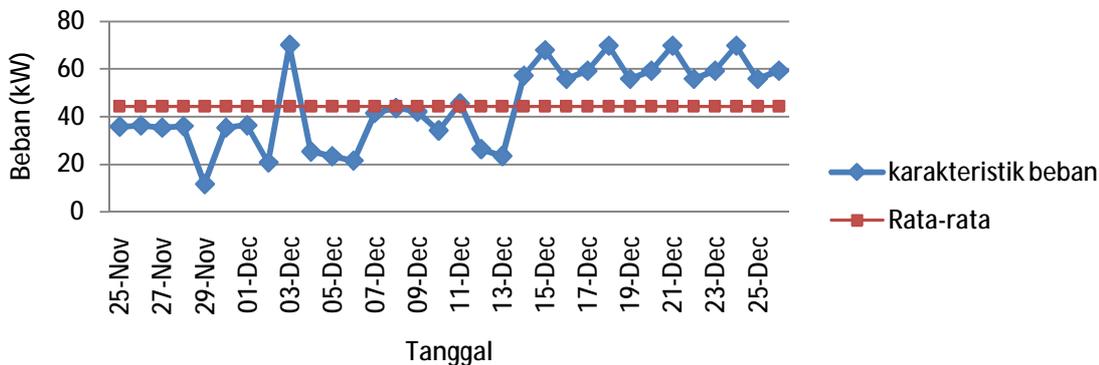
### Karakteristik beban di Gedung recording 9 November 2009



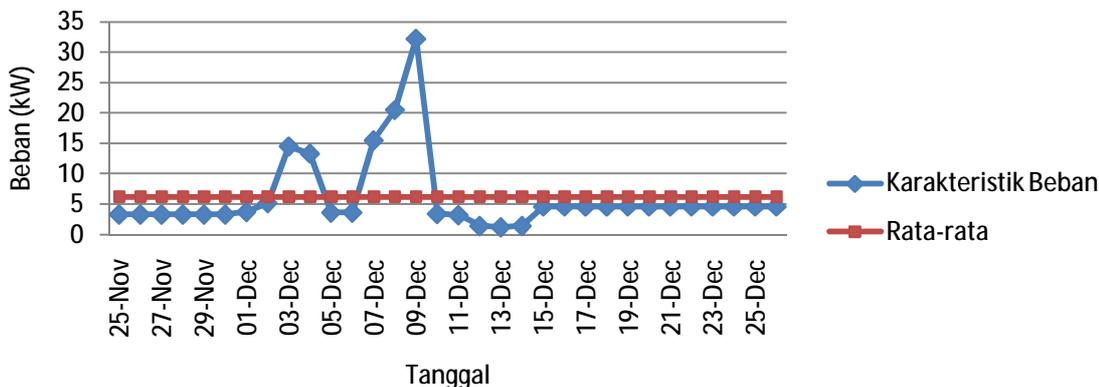
### Karakteristik beban di GBE 9 November 2009



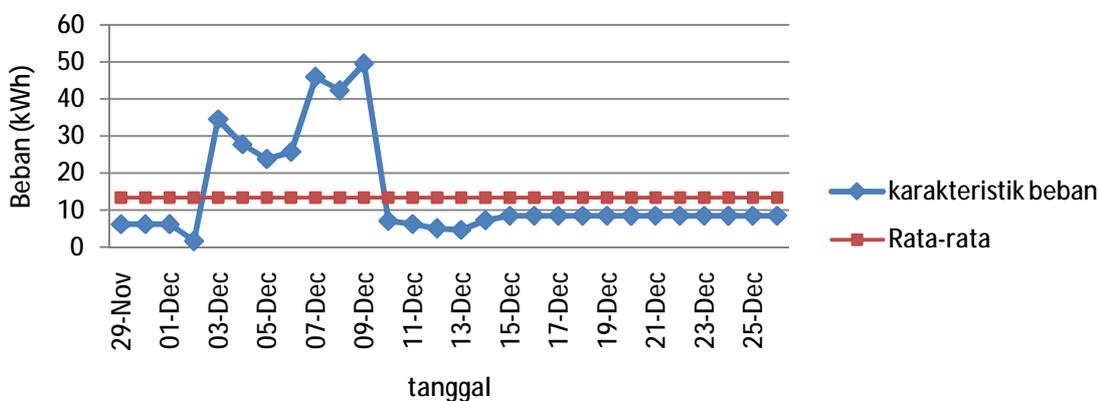
### KarakteristikBeban Pada Gedung A Bulan November-Desember



### Karakteristikbeban di Gedung B Bulan November-Desember



### Karakteristik Beban di Gedung C Bulan November-Desember



## Lampiran 3. Tarif Dasar Listrik

**BEA PEMAKAIAN (RP / kWH ) TARIF PEMERINTAH DAN PJU**

NO	TARIF	DAYA	BIAYA PEMAKAIAN					
			BLOK	BATAS KWH	THP I 1-JAN S/D 31-MAR- 03	THP II 1-APR S/D 30-JUN- 03	THP III 1-JUL S/D 30-SEP- 03	THP IV 1-OCT S/D 31-DEC- 03
1	P - 1 / TR	450			550	560	575	595
2	P - 1 / TR	900			590	595	600	605
3	P - 1 / TR	1300			590	595	600	605
4	P - 1 / TR	2200			590	595	600	605
5	P - 1 / TR	>2200			590	595	600	605
		sd.						
		200 kva						
6	P - 2/ TR	diatas	WBP	.. Kwh X k x ..	K x 371	K x 376	K x 379	K x 382
		200 kva	LWBP	..... Kwh X .....	371	376	379	382
7	P - 3 / TR				575	605	635	665

## Lampiran 4. Data Luminer APOLLON

## APOLLON™ T8 VAS-MP / VB



## E: Logistic Data

Product Name – APOLLON™ T8 VAS-MP	Power	EAN	Shipment Unit
APOLLON T8 VAS-MP 1L36HF	36 W	4050300 799148	1x1
APOLLON T8 VAS-MP 1L58HF	58 W	4050300 800035	1x1
APOLLON T8 VAS-MP 2L36HF	72 W	4050300 799070	1x1
APOLLON T8 VAS-MP 2L58HF	116 W	4050300 799896	1x1

Product Name – APOLLON™ T8 VB	Power	EAN	Shipment Unit
APOLLON T8 VB 1L36HF	36 W	4050300 799100	1x1
APOLLON T8 VB 1L58HF	58 W	4050300 799926	1x1
APOLLON T8 VB 2L36HF	72 W	4050300 965147	1x1
APOLLON T8 VB 2L58HF	116 W	4050300 799933	1x1

## Accessories

Product Name	EAN	Shipment Unit
S APOLLON mounting	4050300 807027	10x1
A APOLLON power supply	4050300 803203	12x1
SA APOLLON mounting and power supply	4050300 807072	12x1
APOLLON 1 LAMP connection	4050300 810430	26x1
APOLLON 2 LAMPS connection	4050300 810454	26x1



KIT SUSPENSION S

KIT SUSPENSION SA

KIT ALIMENTATION A

# APOLLON™ T8 VAS-MP / VB



## G: Technical Information

### 1. Housing, Mounting and Accessories

- A painted profile body, only 60 mm of thickness.
- Longitudinal reflector.

Housing material VAS-MP	A painted profile sheet body, ABS VO caps. Perforated cover with aluminium vents. V central parabola in satin-finish aluminium. 4 closing clips which serve as hinge for the opening.
Housing material VB	A painted profile sheet body, ABS VO caps. White vents, white-painted aluminium grid. 4 closing clips which serve as hinge for the opening.
Housing color	White
Net weight (Kg)	4,4 for the 1 x 36 ; 5,5 for the 1 x 58 ; 5,8 for the 2 x 36 ; 7,3 for the 2 x 58
Dimensions (L x W x H) mm	See next picture
Mounting holes	See next picture
Fire protection	To be defined
Glow wire test	850°C
Ingress protection	IP20
Shock resistance	IK07
Safety class	I
Approval marks	NF EN 60598 - CE



# APOLLON™ T8 VAS-MP / VB



## 2. Electrical Installation

Power supply	OSRAM QUICKTRONIC <sup>®</sup> PROFESSIONAL
Mains Voltage	200 to 260 V
Mains Frequency	50 – 60 Hz



OSRAM QUICKTRONIC<sup>®</sup> PROFESSIONAL (QTP)

# APOLLON™ T8 VAS-MP / VB



## 3. Optical features

Used lamp	LUMILUX <sup>®</sup> T8				
Watt	36 W				
Luminous flow	3000 lm	3250 lm	3350 lm	3350 lm	3350 lm
Brilliant efficiency (lm/W)	83	90	93	93	93
Color temperature	8000 K	6500 K	4000 K	3000 K	2700 K
Reference	L36W/880	L36W/865	L36W/840	L36W/830	L36W/827
EAN	4008321 002976	4050300 517858	4050300 517872	4050300 517896	4050300 517919

No exhaustive list

Used lamp	LUMILUX <sup>®</sup> T8				
Watt	58 W				
Luminous flow	4900 lm	5000 lm	5200 lm	5200 lm	5200 lm
Brilliant efficiency (lm/W)	84	86	90	90	90
Color temperature	8000 K	6500 K	4000 K	3000 K	2700 K
Reference	L58W/880	L58W/865	L58W/840	L58W/830	L58W/827
EAN	4008321 002990	4050300 517933	4050300 517957	4050300 517971	4050300 603049

No exhaustive list



## APOLLON™ T8 VAS-MP / VB



### 4. Control

- Powered by 230V.

Input voltage	230 – 240 V
Input frequency	50 – 60 Hz

### H: Tender text

- Exclusive design, an extra-flat visible ceiling light.
- A painted profile body.
- White or aluminium vents and V central.
- Can be connected with others APOLLON™ units.



## Lampiran 3. Data Lampu L 36/830



product details

L 36 W/830



Product description: L 36 W/830  
 EAN/ Product: 4050300517896  
 Quantity: Sleeves (FLH) contains 1 Piece (PCE)

You can find this product in the eCatalog:  
[http://catalog.myosram.com?~language=EN&~country=COM&it\\_p=4050300517896](http://catalog.myosram.com?~language=EN&~country=COM&it_p=4050300517896)

**General Description**

Recycling	Yes
Energy Label - EEI	A
SEG no.	6329094
Base (standard designation)	G13
Setl-Number	4930430

**Technical - Electrical Data**

Nominal wattage (packaging)	36 W
-----------------------------	------

**Technical - Geometries**

Length	1200 mm
Tube diameter	28 mm

**Technical - Life**

Service life	18000 h <sup>1)</sup>
Lifespan	20000 h <sup>2)</sup>

**Technical - Light Technical Data**

Light colour	830
Colour rendering index Ra	80...89
Luminous flux	3350 lm

**Packaging units**

EAN	Packaging type and content	Dimensions in h x w x l	Gross weight	Volume
4050300517896	Sleeves contains 1 Piece	33,000 mm x 27,000 mm x 1,215,000 mm	202,000 g (0,000 g)	1,083 Cubic dec.
4050300517902	Shipping carton box contains 25 Piece	145,000 mm x 142,000 mm x 1,242,000 mm	4,850,000 g (0,000 g)	25,573 Cubic dec.

#### Lampiran 4. Data AC 1.0 PK Standard Panasonic

### AC 1.0 PK Standard Panasonic



#### Panasonic AC Standar 1.0 PK - PC-9JKJ

- Kapasitas Pendingin : 9,000 Btu/h - 2.64 kw
- EER : 10.7 Btu/hW

#### Data Listrik

- Tegangan : 220 V
- Arus Kerja : 4.1 A
- Daya Listrik : 840 W

Laju Pengembunan : 1.6 L/h  
Sirkulasi Udara (Ruangan/H) : 7.1 m<sup>3</sup>/min.

#### Dimensi

- Tinggi : 280 (530) mm
- Lebar : 799 (546) mm
- Tebal : 208 mm
- Berat Bersih : 9 (22) kg
- Diameter Pipa Pendingin
- Bagian Cair : 6.36 mm - 1/4 inch
- Bagian Gas : 9.54 mm - 3/8 inch

## Lampiran 5. Data AC 1.0 PK Inverter Panasonic

### I AC 1.0 PK Inverter Panasonic



#### Panasonic AC Inverter 1.0 PK - CSCU-S10JKP

##### Kapasitas Pendingin

- Btu/h : 2,730-11,200 (9,720)
- kW : 0.80-3.28 (2.85)
- EER : 13.3 Btu/hW

##### Data Listrik

- Tegangan : 220 V
- Arus Kerja : 3.6 A
- Daya Listrik : 170-920 (300) W
- Laju Pengembunan : 1.7 L/h
- Sirkulasi Udara (Ruangan/H) : 9.4 m<sup>3</sup>/min

##### Dimensi

- Tinggi : 280 (510) mm
- Lebar : 799 (780) mm
- Tebal : 183 (230) mm
- Berat Bersih : 9 (24) kg

##### Diameter Pipa Pendingin

- Bagian Cair :  $\phi$  6.35 mm
- Bagian Gas :  $\phi$  9.52 mm

## Lampiran 6. Data AC 1.5 PK Standar Panasonic

### AC PANASONIC CS-PC12JKP ( 1, 5 PK)



#### CS-PC12JKP

- Kapasitas Pendingin 11, 900 Btu/ h - 3.49 kw
- EER 10.2 Btu/ hW

#### Data Listrik

- Tegangan 220 V
- Arus Kerja 6.0 A  
Daya Listrik 1, 175 W
- Laju Pengembunan 2.1 L/ h
- Sirkulasi Udara ( Ruang/ H) 9.7 m<sup>3</sup>/ min.

#### Dimensi

- Tinggi 280 ( 510) mm
- Lebar 799 ( 650) mm
- Tebal 183 ( 230) mm
- Berat Bersih 9 ( 27) kg

#### Diameter Pipa Pendingin

- Bagian Cair 6.35 mm - 1/ 4 inch
- Bagian Gas 12.70 mm - 1/ 2 inch
- Catu Daya Indoor

## Lampiran 7. Data AC 1.5 PK Inverter Panasonic

# AC 1.5 PK Inverter Panasonic

**Panasonic AC Inverter 1.5 PK - CSCU-S13JKP**

## Kapasitas Pendingin

- Btu/h 2,900-14,300 (12,500)
- kW 0.85-4.20 (3.67)
- EER 12.4 Btu/hW

## Data Listrik

- Tegangan 220 V
- Arus Kerja 3.6 A
- Daya Listrik 175-1,200 (620) W

Laju Pengembunan 2.1 L/h  
Sirkulasi Udara (Ruang/H) 10.2 m<sup>3</sup>/min

## Dimensi

- Tinggi 280 (540) mm
- Lebar 799 (780) mm
- Tebal 183 (289) mm

Berat Bersih 9 (31) kg

Diameter Pipa Pendingin  
Bagian Cair ø 6.35 mm  
Bagian Gas ø 12.70 mm

## Lampiran 8. Data AC 2.0 PK Standard Panasonic

### AC PANASONIC CS-PC18JKP (2 PK)



#### CS-PC18JKP

##### Kapasitas Pendingin

- Kapasitas Pendingin 18, 000 Btu/ h - 5.28 kw
- EER 9.4 Btu/ hW

##### Daya Listrik

- Tegangan 220 V
- Arus Kerja 8.9 A
- Daya Listrik 1, 920 W
- Laju Pengembunan 2.9 L/ h
- Sirkulasi Udara ( Ruangan/ H) 14.1 m<sup>3</sup>/ min.

##### Dimensi

- Tinggi 275 ( 540) mm
- Lebar 998 ( 780) mm
- Tebal 230 ( 289) mm
- Berat Bersih 11 ( 37) kg

##### Diameter Pipa Pendingin

- Bagian Cair 6.35 mm - 1/ 4 inch
- Bagian Gas 12.70 mm - 1/ 2 inch
- Catu Daya Indoor

## Lampiran 9. Data AC 2.0 PK Inverter Panasonic

### ENVIO INVERTER CS-S18JKP ( 2 PK)



“ Patrol then Purify” AC sekaligus Air Purifier ( 2 in 1 ) , New Patrol Sensor

- o INVERTER
- o Advanced E-ion ( Sekitar 3 triliun)
- o New Patrol Sensor dengan 3 lampu indikator
- o Filter E-ion yang lebih besar dan lebih rapat
- o ENVIO INVERTER menggunakan refrigerant R410A

Kapasitas Pendingin

- Btu/ h 3, 070-20, 500 ( 18, 100)
- kW 0.90-6.00 ( 5.30)
- EER 12.6 Btu/ hW

Data Listrik

- Tegangan 220 V
- Arus Kerja 6.7 A
- Daya Listrik 240-1, 700 ( 1, 440) W
- Laju Pengembunan 2.9 L/ h
- Sirkulasi Udara ( Ruangan/ H) 16.7 m<sup>3</sup>/ min

Dimensi

- Tinggi 275 ( 540) mm
- Lebar 998 ( 780) mm
- Tebal 230 ( 289) mm
- Berat Bersih 11 ( 33) kg

Diameter Pipa Pendingin

- Bagian Cair ø 6.35 mm
- Bagian Gas ø 12.70 mm
- Catu Daya Indoor