



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POTENSI PEMBOROSAN ENERGI LISTRIK
DI FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS INDONESIA**

SKRIPSI

RAMADHANI DENIARTIO

0806455420

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POTENSI PEMBOROSAN ENERGI LISTRIK
DI FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS INDONESIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik

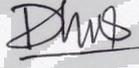
RAMADHANI DENIARTIO

0806455420

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ramadhani Deniartio
NPM : 0806455420
Tanda Tangan : 
Tanggal : 13 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Ramadhani Deniartio
NPM : 00806455420
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Potensi Pemborosan Energi Listrik di
Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Amien Rahardjo, M.T.

(.....)

Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa, M.K.M.T

(.....)

Penguji 2 : Ir. I Made Ardita Y M.T

(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan buku skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak pada masa penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Amien Rahardjo M.T., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Pihak Bidang Fasilitas dan Infrastruktur Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia yang telah membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis butuhkan untuk mengerjakan skripsi;
3. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material, moral, dan tenaga demi terselesaikannya skripsi ini;
4. Teman-teman satu bimbingan dengan penulis, Gardina, Vela, Danyos, terima kasih atas ilmu dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis;
5. Seluruh sahabat serta keluarga besar Civitas Akademika Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 13 Juni 2012



Penulis

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramadhani Deniartio
NPM : 0806455420
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

**ANALISIS POTENSI PEMBOROSAN ENERGI LISTRIK DI FAKULTAS
EKONOMI UNIVERSITAS INDONESIA**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: 27 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Ramadhani Deniartio)

ABSTRAK

Nama : Ramadhani Deniartio
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Potensi Pemborosan Energi Listrik di Fakultas Ekonomi
Universitas Indonesia

Mulai langkanya sumber daya alam yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik memaksa kita untuk melakukan penghematan energi listrik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya potensi pemborosan energi di gedung kuliah Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia sehingga dapat dilakukan langkah penghematan terhadap pemborosan yang terjadi. Penelitian ini menggunakan data hasil dari pengamatan terhadap pola dan perilaku konsumsi untuk mengetahui besar penggunaan energi listrik. Sedangkan potensi pemborosan energi dihitung dengan mengurangi penggunaan energi dengan perilaku penghematan energi, yaitu skema yang pertama mematikan peralatan ketika tidak digunakan, skema kedua menggunakan pencahayaan alami untuk penerangan, dan skema ketiga menggunakan peralatan sesuai dengan kebutuhan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pemborosan energi yang terbesar terjadi pada Gedung A dengan menerapkan skema ketiga yaitu sebesar 5694.74 kWh/bulan atau sebesar Rp.4.511.855/bulan.

Kata kunci:
daya listrik, pemborosan energi, penghematan energi, konsumsi energi

ABSTRACT

Name : Ramadhani Deniartio

Major : Electrical Engineering

Title : Waste of Electricity Potential Analysis at the Faculty of Economics
Universitas Indonesia

Because of the scarcity of natural resources used to generate electrical energy, it forces us to save the usage of electrical energy. This study was conducted to determine the amount of waste energy potential in the course building at the Faculty of Economics Universitas Indonesia so that we could do the saving for the waste that occurs. This study used data from the result of observations of patterns and consumption behavior to determine the amount of electrical energy usage. While potential energy waste is calculated by reducing energy usage with energy saving behaviors, which are the first scheme is to turn off equipment when not in use, the second scheme is to use natural light for illumination, and the third scheme is to use equipment as needed. Base on the result of this study, the biggest waste of energy occurs in the Gedung A by applying the third scheme that is equal to 5694.74 kWh/month or Rp.4.511.855/month.

Key words:

electric power, waste of energy, energy saving, energy consumption

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penulisan	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 Daya Listrik	5
2.2 Golongan Konsumen Listrik	9
2.2.1 Rumah Tangga.....	9
2.2.2 Bisnis	10
2.2.3 Industri.....	11
2.2.4 Kantor Pemerintahan dan Penerangan Jalan Umum	12
2.2.5 Pelayanan Sosial	14
2.2.6 Keperluan Traksi	15
2.3 Beban Listrik	16
2.3.1 Sistem Tata Udara	16
2.3.2 Sistem Pencahayaan	21
2.3.3 Beban Listrik Lainnya	24
2.4 Pola Konsumsi Listrik	25
BAB 3 POTENSI PEMBOROSAN ENERGI	27
3.1 Pemborosan Energi.....	27
3.2 Langkah Penelitian	30

3.2.1 Persiapan	30
3.2.1 Pengumpulan Data	32
3.2.3 Pengolahan Data dan Analisis	32
3.3 Metode Perhitungan Energi	33
BAB 4 PERHITUNGAN POTENSI PEMBOROSAN ENERGI	34
4.1 Hasil Penelitian	34
4.1.1 Data Penggunaan Energi	34
4.1.2 Data Hasil Pengamatan	35
4.1.3 Waktu Penggunaan Energi	38
4.2 Perhitungan Konsumsi Energi	41
4.2.1 Perhitungan Kebutuhan Energi Listrik di Ruang Kelas	41
4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Pencahayaan Ruang	44
4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Sistem Pengkondisian Ruang	49
4.3 Analisis Pemborosan Energi	52
4.3.1 Skema Pertama	52
4.3.2 Skema Kedua	54
4.3.3 Skema Ketiga	55
BAB 5 KESIMPULAN	59
DAFTAR REFERENSI	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan antara daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dalam segitiga daya.....	6
Gambar 2.2. Diagram arus tertinggal dari tegangan	7
Gambar 2.3. Diagram arus mendahului tegangan.....	8
Gambar 2.4. Diagram satu garis sederhana sistem tenaga listrik.....	8
Gambar 2.5. Sistem HVAC.....	17
Gambar 2.6. Penggunaan sistem ventilasi pada industri.....	18
Gambar 2.7. Rangkaian listrik suatu <i>Air Conditioner</i>	19
Gambar 2.8.a Beberapa jenis AC; (a) <i>AC Window</i> (b) <i>AC Split</i>	20
Gambar 2.8.b (c) <i>AC Chiller Water Plant</i>	20
Gambar 2.8.c (d) <i>AC Rooftop Liquid Chiller</i> (e) <i>AC Floor Mounted</i>	21
Gambar 2.9. Lampu pijar dan diagram alir lampu pijar.....	22
Gambar 2.10. Lampu halogen.....	22
Gambar 2.11. (a) Lampu neon. (b) Diagram alir energi lampu neon.....	23
Gambar 2.12. Lampu CFL	23
Gambar 2.13. Diagram aliran daya pada motor induksi	24
Gambar 2.14. Grafik pola konsumsi energi berdasarkan sektor	25
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	30
Gambar 3.2. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.....	31
Gambar 3.3. Gedung kuliah FEUI; (a) Gedung A (b) Gedung B	32
Gambar 4.1. Cahaya alami yang dapat menerangi ruangan kelas	36
Gambar 4.2. Cahaya alami yang terhalang gorden	37
Gambar 4.3. Komputer dalam keadaan normal (a) dan komputer dalam keadaan <i>Screen Saver</i> (b) menggunakan daya yang sama	38
Gambar 4.4. Distribusi kebutuhan energi Gedung A.....	43
Gambar 4.5. Distribusi kebutuhan energi Gedung B	44
Gambar 4.6. Denah bangunan FEUI.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tarif dasar listrik untuk golongan rumah tangga	10
Tabel 2.2 Tarif dasar listrik untuk golongan bisnis	11
Tabel 2.3 Tarif dasar listrik untuk golongan industri	12
Tabel 2.4 Tarif dasar listrik untuk golongan kantor pemerintahan dan PJU	13
Tabel 2.5 Tarif dasar listrik untuk golongan pelayanan sosial	14
Tabel 2.6 Tarif dasar listrik untuk keperluan traksi	16
Tabel 4.1 Hasil pengamatan dan masalah-masalah yang ditemui.....	36
Tabel 4.2 Jadwal penggunaan ruangan kelas pada Gedung A FEUI.....	39
Tabel 4.3 Jadwal penggunaan kelas pada Gedung B FEUI.....	40
Tabel 4.4 Data pengujian konsumsi energi AC berdasarkan suhu.....	42
Tabel 4.5 Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna yang direkomendasikan.....	46
Tabel 4.6 Daya Listrik Maksimum untuk Pencahayaan	47
Tabel 4.7 Hasil perhitungan kebutuhan penerangan berdasarkan luas ruangan	48
Tabel 4.8 Perhitungan biaya pemborosan skema pertama	54
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan biaya pemborosan skema kedua.....	56
Tabel 4.10 Perhitungan biaya pemborosan skema ketiga	57

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu energi yang sering digunakan dalam kehidupan manusia. Dewasa ini, energi listrik sudah menjadi suatu kebutuhan bagi kelangsungan hidup manusia. Hampir seluruh kegiatan manusia menggunakan energi listrik mulai dari bangun tidur hingga tidur kembali atau bahkan saat tidur sekalipun. Dapat dibayangkan apabila tidak ada listrik maka manusia tidak akan dapat beraktivitas seperti biasa.

Sesuai dengan hukum kekekalan energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, energi hanya dapat berubah bentuk dari bentuk satu ke bentuk lainnya. Energi listrik dibangkitkan oleh unit-unit pembangkit listrik. Energi melalui berbagai proses konversi atau perubahan bentuk sebelum akhirnya menjadi energi listrik. Seperti contoh, pada Pembangkit Listrik Tenaga Air terjadi perubahan energi potensial air menjadi energi mekanik yang memutar turbin, dari putaran turbin inilah rotor generator dapat berputar dan akan menginduksikan tegangan pada kumparan stator. Dalam hal ini terjadilah konversi energi mekanik menjadi energi listrik.

Namun pada kenyataannya, untuk membangkitkan energi listrik untuk dapat dikonsumsi dibutuhkan unit pembangkit listrik. Daya yang dibangkitkan oleh unit pembangkit listrik tidak akan mencapai 100% dari daya yang digunakan untuk membangkitkan karena adanya *losses* pada proses pembangkitan. Sedangkan untuk membangkitkan listrik dari unit pembangkit dibutuhkan bahan bakar untuk menghasilkan energi primer yang akan menggerakkan turbin. Bahan bakar dapat berupa bahan bakar fosil dan non-fosil. Bahan bakar fosil dapat berupa batu bara, bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan sebagainya sedangkan bahan bakar non-fosil dapat berupa air atau panas bumi. Bahan bakar fosil memiliki jumlah yang terbatas dan apabila digunakan terus-menerus dalam jangka waktu yang lama maka bahan bakar tersebut akan habis sedangkan pertumbuhan kebutuhan energi tiap tahun akan semakin meningkat.

Untuk itulah dibutuhkan tindakan atau upaya dalam rangka memperpanjang cadangan bahan bakar. Salah satu upaya adalah konservasi atau penghematan energi. Penghematan energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi atau menggunakan energi secara optimal sesuai dengan kebutuhan untuk mengurangi biaya energi dikeluarkan 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. Skripsi ini membahas tentang upaya penghematan energi, yaitu dengan mengetahui besarnya potensi pemborosan energi. Pemborosan energi merupakan tindakan menggunakan energi secara berlebihan. Dengan mengetahui besar potensi pemborosan energi, maka dapat dilakukan upaya supaya dapat menghemat energi yang dipakai.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui besar pemborosan energi listrik atau penggunaan energi listrik yang cuma-cuma serta cara mengurangi pemborosan tersebut sehingga secara dapat mengurangi penggunaan energi yang berlebihan dan dapat menghemat energi listrik. Dengan mengetahui besar pemborosan listrik, tidak hanya dapat menghemat penggunaan energi listrik tetapi juga dapat menghemat biaya yang dikeluarkan untuk membayar tagihan listrik.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah pada penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- Objek pengamatan dibatasi hanya ruangan-ruangan yang terdapat beban listrik dan merupakan ruangan yang penggunaannya sangat dominan yaitu ruangan kelas.
- Standar yang digunakan maupun yang menjadi acuan merujuk kepada Standar Nasional Indonesia (SNI).
- Perhitungan pemborosan energi hanya melibatkan objek-objek pengamatan, di luar dari objek pengamatan tidak termasuk dalam perhitungan.

1.4 Metode Penulisan

Metode yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- studi literatur dengan menggunakan data-data yang diperoleh dari buku teks pendukung dan juga dari situs-situs internet.
- diskusi dengan dosen pembimbing, di mana pembimbing memberikan instruksi-instruksi dan arahan dalam mengerjakan skripsi.
- diskusi dengan rekan mahasiswa yang memiliki pemahaman lebih terhadap masalah yang dibahas dalam skripsi ini.
- kunjungan langsung pada objek pengamatan untuk mengamati dan mempelajari perilaku serta kebiasaan-kebiasaan yang ada di lapangan.
- wawancara dengan narasumber dan pihak terkait untuk mendapatkan data-data yang digunakan pada perhitungan masalah dalam skripsi ini.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri dari empat bab dengan beberapa sub-bab yang terdapat di dalam tiap bab.

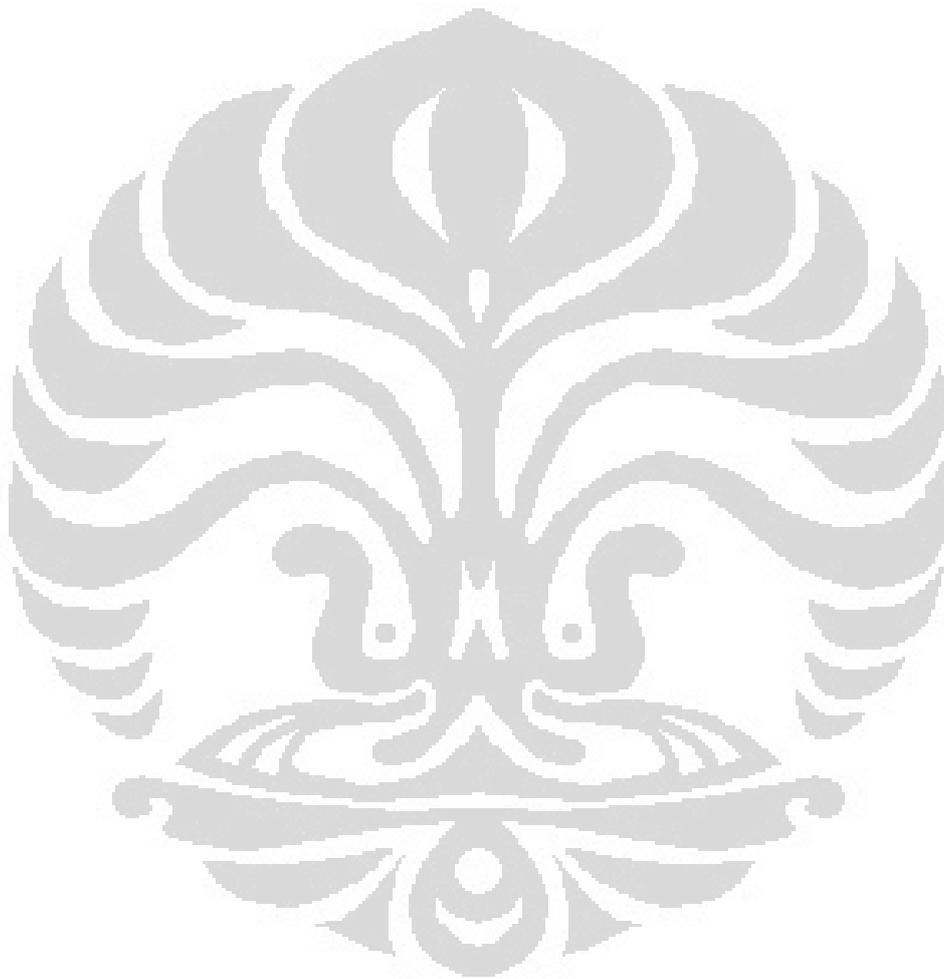
Bab pertama yang merupakan pendahuluan. Bab ini terdiri dari latar belakang yang mendasari dituliskannya skripsi, tujuan penulisan skripsi, batasan masalah yang dibahas pada skripsi, metode penulisan, serta sistematika penulisan dari skripsi ini.

Kemudian bab kedua adalah dasar teori. Pada bab ini dibahas tentang dasar-dasar teori mengenai penggunaan energi serta teori lainnya yang mendukung dari pembahasan masalah yang terdapat pada bab selanjutnya.

Bab ketiga yaitu pembahasan masalah yang di dalamnya terdapat metode pengamatan yang membahas tentang metode yang dilakukan untuk tugas akhir, mulai dari persiapan hingga mendapatkan data-data yang digunakan untuk proses perhitungan pemborosan energi.

Pada bab selanjutnya yaitu bab keempat merupakan perhitungan hasil pengamatan dan analisis. Bab empat membahas perhitungan energi listrik yang dilakukan serta analisis dari hasil yang didapat dari perhitungan tersebut.

Bab kelima yang merupakan penutup terdiri dari kesimpulan dan berupa rangkuman mengenai keseluruhan masalah yang telah dibahas pada bab sebelumnya.



BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Daya Listrik

Daya dapat didefinisikan sebagai energi yang digunakan untuk melakukan kerja. Daya listrik merupakan jumlah energi listrik yang digunakan oleh suatu peralatan listrik untuk melakukan kerja tiap satuan waktu. Daya listrik juga merupakan perkalian antara tegangan (V) dan arus listrik (I). Daya listrik dapat dibedakan menjadi daya semu (*apparent power*), daya aktif (*active power*), dan daya reaktif (*reactive power*).

Daya semu dihasilkan dari perkalian antara vektor tegangan dengan vektor arus. Daya semu dilambangkan dengan S dan dinyatakan dengan satuan *Volt-Ampere* [VA]. Daya semu dapat dinyatakan melalui persamaan:

$$\bar{S} = \bar{V} \cdot \bar{I}^* \quad (2.1)$$

di mana :

\bar{S} : Daya semu [VA]

\bar{V} : Vektor tegangan [V]

\bar{I} : Vektor arus [A]

Daya aktif atau disebut juga daya nyata (*real power*) merupakan daya sesungguhnya yang terpakai untuk melakukan kerja. Daya aktif dilambangkan dengan P dan dinyatakan dalam satuan *Watt* [W]. Untuk daya aktif yang dikeluarkan oleh arus bolak-balik (I) yang memiliki sudut fasa ϕ dengan tegangan bolak-balik (V) dirumuskan dengan persamaan [1]:

$$P = \bar{V} \cdot \bar{I} \cdot \cos \phi \quad (2.2)$$

P : Daya aktif [W]

\bar{V} : Vektor tegangan [V]

\bar{I} : Vektor arus [A]

ϕ : Sudut antara arus dan tegangan

Daya reaktif adalah daya yang dihasilkan oleh komponen yang bersifat reaktif, yaitu dapat berupa komponen induktif atau komponen kapasitif. Daya

reaktif dilambangkan dengan Q dan memiliki satuan *Volt-Ampere reactive* [VAr]. Daya reaktif dirumuskan dengan persamaan:

$$Q = \bar{V} \cdot \bar{I} \cdot \sin \varphi \quad (2.3)$$

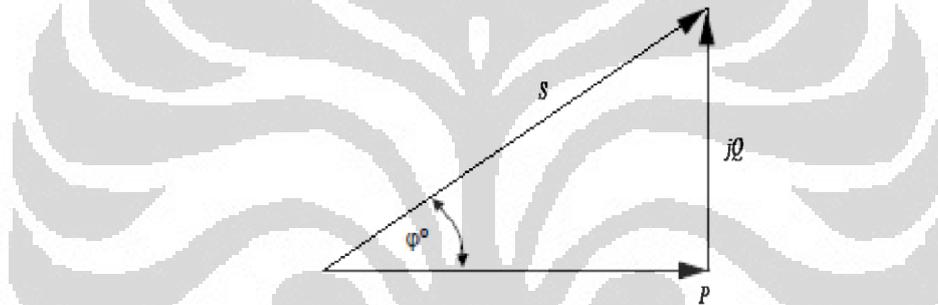
Q : Daya reaktif [VAr]

\bar{V} : Vektor tegangan [V]

\bar{I} : Vektor arus [A]

φ : Sudut antara arus dan tegangan

Hubungan dari ketiga daya tersebut dapat digambarkan dengan segitiga daya, seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Hubungan antara daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dalam segitiga daya

Pada diagram segitiga daya tersebut, menunjukkan bahwa daya semu merupakan penjumlahan kompleks dari daya aktif yang merupakan bilangan riil dengan daya reaktif yang merupakan bilangan imajiner, seperti ditunjukkan persamaan berikut:

$$S = P + jQ \quad (2.4)$$

S : Daya semu [VA]

P : Daya aktif [W]

Q : Daya reaktif [VAr]

Sehingga daya semu juga dikenal dengan daya kompleks. Berdasarkan diagram segitiga daya, daya aktif dan daya reaktif juga dapat dinyatakan sebagai:

$$P = S \cdot \cos \varphi \quad (2.5)$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi \quad (2.6)$$

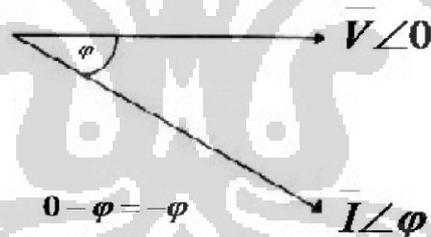
Parameter yang juga mempengaruhi daya listrik adalah faktor daya atau *power factor* (PF). Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif dengan daya semu atau disebut juga sebagai nilai kosinus dari sudut antara daya aktif dengan daya semu.

$$PF = \frac{P}{S}$$

$$PF = \frac{S \cdot \cos \varphi}{S}$$

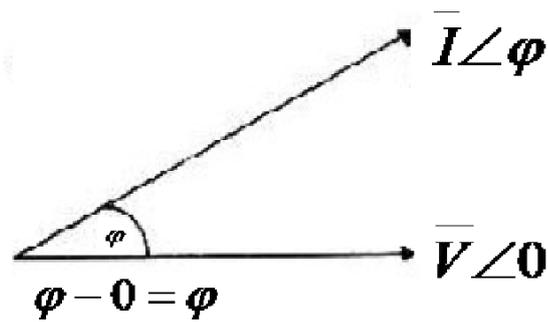
$$PF = \cos \varphi \quad (2.7)$$

Faktor daya juga dapat didefinisikan sebagai selisih sudut antara arus dan tegangan. Faktor daya akan bersifat *lagging* atau tertinggal apabila selisih sudut antara arus dan tegangan bernilai negatif sehingga arus tertinggal dari tegangan. Faktor daya akan tertinggal apabila beban induktif dipasang pada rangkaian listrik.



Gambar 2.2. Diagram arus tertinggal dari tegangan

Faktor daya akan bersifat *leading* atau mendahului apabila selisih sudut antara arus dan tegangan bernilai positif sehingga arus mendahului tegangan. Faktor daya akan mendahului apabila beban yang bersifat kapasitif dipasang pada rangkaian.



Gambar 2.3. Diagram arus mendahului tegangan

Faktor daya mempunyai nilai dari 1-0. Setiap beban listrik mempunyai nilai faktor daya yang berbeda.

- Beban resistif mempunyai nilai faktor daya sama dengan 1.
- Beban induktif mempunyai nilai faktor daya kurang dari 1 dan bersifat *lagging*.
- Beban kapasitif mempunyai nilai faktor daya kurang dari 1 dan bersifat *leading*.

Beban kapasitif dan beban induktif mempunyai sifat faktor daya yang saling berlawanan dan penjumlahan keduanya akan sama dengan nol sehingga beban kapasitif dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas daya apabila faktor daya terlalu *lagging*, dan beban induktif digunakan apabila faktor daya terlalu *leading*.

Pada kenyataannya, daya listrik dibangkitkan oleh pembangkit-pembangkit listrik dengan prinsip konversi energi. Energi primer digunakan untuk memutar turbin yang akan menggerakkan generator sehingga dihasilkan listrik.



Gambar 2.4. Diagram satu garis sederhana sistem tenaga listrik

Tegangan listrik kemudian dikuatkan oleh transformator transmisi untuk kemudian disalurkan melalui saluran transmisi dan kemudian dilemahkan pada gardu distribusi sebelum didistribusikan ke konsumen listrik.

2.2 Golongan Konsumen Listrik

Daya listrik yang dihasilkan pembangkit listrik akan didistribusikan kepada konsumen listrik. Konsumen listrik adalah perorangan atau badan usaha yang menggunakan daya listrik untuk keperluan masing-masing dengan cara membeli listrik dari produsen listrik. Menurut PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) selaku produsen listrik di Indonesia, konsumen listrik di Indonesia dapat terdiri dari beberapa golongan seperti:

- a) rumah tangga,
- b) bisnis,
- c) industri,
- d) kantor pemerintahan dan penerangan jalan umum (PJU),
- e) pelayanan sosial, dan
- f) traksi.

Masing-masing golongan konsumen memiliki tarif listrik yang berbeda-beda sesuai dengan beban listrik pada masing-masing golongan tersebut.

2.2.1 Rumah Tangga

Yang dimaksud dengan konsumen golongan Rumah Tangga adalah pelanggan perseorangan atau badan sosial yang daya listriknya digunakan untuk keperluan rumah tangga [2]. Contoh yang termasuk di dalam golongan rumah tangga diantaranya:

- Rumah untuk tempat tinggal.
- Kelompok rumah kontrakan.
- Rumah susun milik perorangan.
- Rumah susun milik pemerintah.
- Asrama keluarga pegawai perusahaan swasta.
- Asrama mahasiswa.

Konsumen listrik golongan rumah tangga dapat dibagi menjadi beberapa bagian dan masing-masing memiliki kapasitas daya dan tarif listrik tersendiri sesuai dengan besarnya kapasitas daya yang terpasang. Berikut merupakan tabel tarif dasar listrik (TDL) untuk golongan rumah tangga.

Tabel 2.1. Tarif dasar listrik untuk golongan rumah tangga

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh)	
1.	R-1/TR	450 VA	11.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh : 169 Blok II : di atas 30 kWh : 360 s.d. 60 kWh Blok III : di atas 60 kWh : 495	415
2.	R-1/TR	900 VA	20.000	Blok I : 0 s.d. 20 kWh : 275 Blok II : di atas 20 kWh : 445 s.d. 60 kWh Blok III : di atas 60 kWh : 495	605
3.	R-1/TR	1.300 VA	*)	790	790
4.	R-1/TR	2.200 VA	*)	795	795
5.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	890	890
6.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	**)	Blok I : H1 x 890 Blok II : H2 x 1.380	1.330
Catatan : *) Diterapkan Rekening Minimum (RM): $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian}$. **) Diterapkan Rekening Minimum (RM): $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian Blok I}$. Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung. H1 : Persentase batas hemat terhadap jam nyala rata-rata nasional x daya tersambung (kVA). H2 : Pemakaian listrik (kWh) - H1. Besar persentase batas hemat dan jam nyala rata-rata nasional ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara dengan persetujuan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral.					

Sumber : Peraturan Presiden RI No.8.Tahun 2011 [3]

2.2.2 Bisnis

Konsumen yang termasuk ke dalam golongan Bisnis adalah konsumen yang menggunakan sebagian atau seluruh daya listriknya untuk salah satu atau beberapa kegiatan seperti [2]:

- Usaha jual beli barang, jasa, dan perhotelan.
- Usaha perbankan.
- Usaha perdagangan ekspor-impor.
- Kantor Firma, CV, PT atau badan hukum atau perorangan yang bergerak dalam bidang usaha perdagangan.
- Usaha pergudangan di mana sebagian atau seluruh bangunan digunakan untuk tempat penyimpanan barang atau material.
- Usaha perorangan atau badan hukum yang sebagian besar atau seluruh kegiatannya merupakan penjualan barang atau jasa.
- Usaha-usaha lainnya yang bertendensi komersial seperti praktek dokter, dan lain sebagainya.

Konsumen golongan bisnis juga memiliki kapasitas daya yang berbeda-beda seperti pada konsumen rumah tangga mulai dari 450 VA untuk usaha bisnis

kecil hingga lebih dari 200 kVA untuk bisnis yang lebih besar seperti perkantoran. Berikut merupakan tabel tarif dasar listrik (TDL) untuk golongan bisnis.

Tabel 2.2. Tarif dasar listrik untuk golongan bisnis

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	B-1/TR	450 VA	11.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh : 254 Blok II : di atas 30 kWh : 420	535
2.	B-1/TR	900 VA	20.000	Blok I : 0 s.d. 108 kWh : 420 Blok II : di atas 108 kWh : 465	630
3.	B-1/TR	1.300 VA	*)	795	795
4.	B-1/TR	2.200 VA s.d. 5.500 VA	*)	905	905
5.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	**)	Blok I : H1 x 900 Blok II : H2 x 1.380	1.100
6.	B-3/TM	di atas 200 kVA	***)	Blok WBP = K x 800 Blok LWBP = 800 kVArh = 905 ****)	-

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian}$.

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian Blok I}$.

****) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP}$.
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
 H1 : Persentase batas hemat terhadap jam nyala rata-rata nasional x daya tersambung (kVA).
 H2 : Pemakaian listrik (kWh) - H1.

*****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).
 Besar persentase batas hemat dan jam nyala rata-rata nasional ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara dengan persetujuan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral.

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.
 LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Sumber : Peraturan Presiden RI No.8.Tahun 2011 [3]

2.2.3 Industri

Perbedaan konsumen golongan industri dengan konsumen golongan bisnis adalah konsumen golongan industri kegiatannya adalah mengolah bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi yang memiliki nilai tambah untuk mendapatkan keuntungan.

Berbeda dengan sebelumnya, kegiatan yang mengolah bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang jadi dikeluarkan dari golongan tarif bisnis dan dimasukkan dalam golongan industri. Kebijakan ini diambil demi konsistensi penerapan Klasifikasi Lapangan Usaha Indonesia (KLUI) atau *International Standard Industrial Classification of All Economics Activities (ISIC)* [2].

Pelanggan industri dapat dibagi menjadi:

- Industri Rumah Tangga/Kecil.
- Industri Sedang.
- Industri Menengah.
- Industri Besar.

Contoh : Perbengkelan las/bubut, bengkel karoseri, pertukangan dan kerajinan mebel, industri semen, obat-obatan, kertas, pupuk, industri pesawat terbang, kendaraan bermotor, industri roti, industri pakaian, industri makanan dan minuman, dan lain sebagainya.

Tabel 2.3. Tarif dasar listrik untuk golongan industri

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	I-1/TR	450 VA	26.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh : 160 Blok II : di atas 30 kWh : 395	485
2.	I-1/TR	900 VA	31.500	Blok I : 0 s.d. 72 kWh : 315 Blok II : di atas 72 kWh : 405	600
3.	I-1/TR	1.300 VA	*)	765	765
4.	I-1/TR	2.200 VA	*)	790	790
5.	I-1/TR	3.500 VA s.d. 14 kVA	*)	915	915
6.	I-2/TR	di atas 14 kVA s.d. 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 800$ Blok LWBP = 800 kVArh = 875 ****)	-
7.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 680$ Blok LWBP = 680 kVArh = 735 ****)	-
8.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan LWBP = 605 kVArh = 605 ****)	-

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian}$.

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP}$.

****) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP}$.
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

*****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.
 LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Sumber : Peraturan Presiden RI No.8.Tahun 2011 [3]

2.2.4 Kantor Pemerintahan dan Penerangan Jalan Umum

Konsumen yang termasuk ke dalam golongan tarif Kantor Pemerintah dan Penerangan Jalan Umum adalah konsumen yang daya listriknya digunakan untuk kegiatan dan kepentingan umum, kepentingan pemerintah, atau fasilitas kantor

perwakilan negara asing [2]. Yang termasuk golongan tarif Kantor Pemerintah dan Penerangan Jalan Umum (Tarif Publik) adalah:

- Gedung pemerintahan.
- Gedung MPR/DPR/DPRD.
- Istana presiden atau wakil presiden.
- Kantor departemen.
- Kantor kelurahan, kecamatan, kabupaten, gubernur.
- Kedutaan dan kantor perwakilan Negara asing.
- Kantor perwakilan PBB.
- TVRI dan RRI.
- Penerangan Jalan Umum, Penerangan Jalan Tol.

Berikut adalah tabel tarif dasar listrik untuk konsumen golongan kantor pemerintahan dan PJU.

Tabel 2.4. Tarif dasar listrik untuk golongan kantor pemerintahan dan PJU

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	P-1/TR	450 VA	20.000	575	685
2.	P-1/TR	900 VA	24.600	600	760
3.	P-1/TR	1.300 VA	*)	880	880
4.	P-1/TR	2.200 VA s.d. 5.500 VA	*)	885	885
5.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	**)	Blok I : H1 x 885 Blok II : H2 x 1.380	1.200
6.	P-2/TM	di atas 200 kVA	***)	Blok WBP = K x 750 Blok LWBP = 750 kVArh = 825 ****)	-
7.	P-3/TR	-	**)	820	820

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian Blok I.}$

****) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP.}$
H1 : Persentase batas hemat terhadap jam nyala rata-rata nasional x daya tersambung (kVA).
H2 : Pemakaian listrik (kWh) - H1. Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

*****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).
Besar persentase batas hemat dan jam nyala rata-rata nasional ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara dengan persetujuan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral.

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.
LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Sumber : Peraturan Presiden RI No.8.Tahun 2011 [3]

Golongan tarif P-3 adalah golongan tarif untuk fasilitas umum dan fasilitas penerangan jalan umum, lampu penerangan jalan tol atau pun tempat rekreasi tertentu yang tidak bersifat komersial.

2.2.5 Pelayanan Sosial

Konsumen yang termasuk dalam golongan tarif sosial adalah konsumen badan sosial yang menggunakan daya listriknya untuk kegiatan sosial. Berikut merupakan tabel tarif dasar listrik (TDL) untuk golongan pelayanan sosial.

Tabel 2.5. Tarif dasar listrik untuk golongan pelayanan sosial

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	S-1/TR	220 VA	-	Abonemen per bulan (Rp) : 14.800	-
2.	S-2/TR	450 VA	10.000	Blok I : 0 s.d. 30 kWh : 123 Blok II : di atas 30 kWh : 265 s.d. 60 kWh Blok III : di atas 60 kWh : 360	325
3.	S-2/TR	900 VA	15.000	Blok I : 0 s.d. 20 kWh : 200 Blok II : di atas 20 kWh : 295 s.d. 60 kWh Blok III : di atas 60 kWh : 360	455
4.	S-2/TR	1.300 VA	*)	605	605
5.	S-2/TR	2.200 VA	*)	650	650
6.	S-2/TR	3.500 VA s.d. 200 Kva	*)	755	755
7.	S-3/TM	di atas 200 Kva	**)	Blok WBP = $K \times P \times 605$ Blok LWBP = $P \times 605$ kVArh = 650 ***)	-
Catatan : *) Diterapkan Rekening Minimum (RM) : $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian}$. **) Diterapkan Rekening Minimum (RM) : $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian Blok LWBP}$. Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung. ***) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus). K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara. P : Faktor pengali untuk pembeda antara S-3 bersifat sosial murni dengan S-3 bersifat sosial komersial. Untuk pelanggan S-3 yang bersifat sosial murni $P = 1$. Untuk pelanggan S-3 yang bersifat sosial komersial $P = 1,3$. Kategori S-3 bersifat sosial murni dan S-3 bersifat sosial komersial ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara dengan mempertimbangkan kemampuan bayar dan sifat usahanya. WBP : Waktu Beban Puncak. LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.					

Sumber : Peraturan Presiden RI No.8.Tahun 2011 [3]

Khusus golongan tarif S-3 dibedakan menjadi kegiatan Sosial Murni [2]; yaitu badan sosial di mana kegiatannya menyangkut kepentingan orang yang kebanyakan merupakan strata sosial bawah, seperti:

- Rumah Sakit milik instansi Pemerintah Pusat atau Daerah.
- Bangunan untuk khusus ibadah agama (masjid, gereja, kuil, vihara, kelenteng atau sejenisnya).
- Panti sosial (yatim-piatu, jompo).
- Pusat rehabilitasi sosial (narkotika, penyakit kusta).
- Pusat rehabilitasi penderita cacat milik pemerintah.
- Pusat rehabilitasi penderita cacat mental.
- Asrama pelajar atau mahasiswa milik pemerintah.
- Asrama haji milik pemerintah.
- Pusat pendidikan keagamaan seperti pondok pesantren.
- Gedung kantor partai politik dan afiliasi.
- Museum milik pemerintah atau pemerintah daerah.
- Kebun bintang milik pemerintah atau pemerintah daerah.

dan kegiatan Sosial Komersial [2]; yaitu badan sosial di mana kegiatannya lebih menyangkut pelayanan untuk strata sosial menengah ke atas, terutama yang lebih berorientasi ke arah pengembangan (*self propelling growth*), seperti:

- Sekolah atau perguruan tinggi swasta.
- Rumah sakit swasta.
- Poliklinik atau praktek dokter bersama.
- Lembaga riset swasta.
- Yayasan pengelola haji non-pemerintah (ONH-plus).
- Pusat pendidikan dan latihan perusahaan swasta (misalnya: pusdiklat Garuda, pusdiklat Bank Mandiri, Pusdiklat Unilever, Lembaga pendidikan Indonesia-Amerika,dll).

2.2.6 Keperluan Traksi

Konsumen golongan ini merupakan golongan pelanggan yang menggunakan daya listrik untuk keperluan traksi seperti Kereta Rel Listrik (KRL), trem listrik, serta sarana transportasi lainnya yang menggunakan traksi.

Tabel 2.6. Tarif dasar listrik untuk keperluan traksi

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)
1.	T/TM	di atas 200 kVA	25.000 *)	Blok WBP = $K \times 390$ Blok LWBP = 390 kVArh = 665 **)
Catatan : *) Perhitungan biaya beban didasarkan pada hasil pengukuran daya maksimum bulanan untuk : a. daya maksimum bulanan 0,5 dari daya tersambung, biaya beban dikenakan sebesar daya maksimum terukur; b. daya maksimum bulanan 0,5 dari daya tersambung, biaya beban dikenakan 50% daya tersambung terukur. **) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus). K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara. WBP : Waktu Beban Puncak. LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.				

Sumber : Peraturan Presiden RI No.8.Tahun 2011 [3]

2.3 Beban Listrik

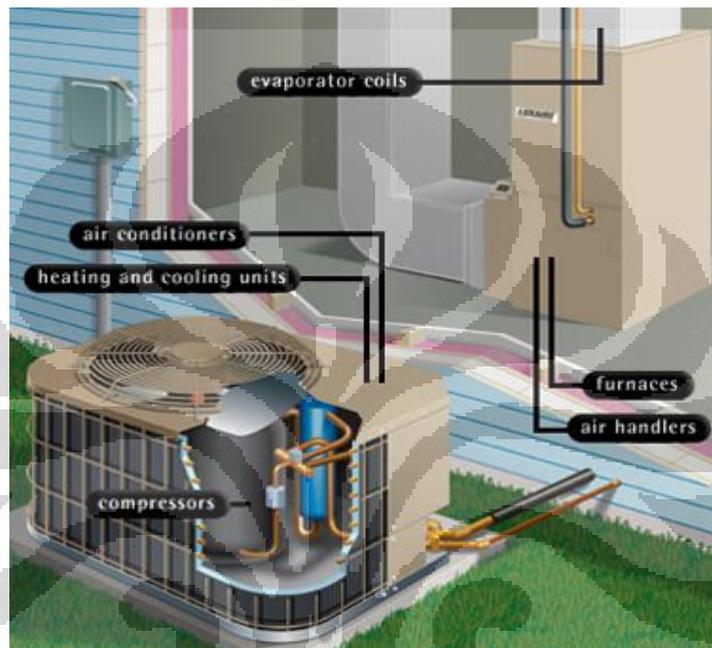
Beban listrik dapat didefinisikan sebagai peralatan-peralatan yang mengkonsumsi daya listrik agar dapat melakukan kerja. Beban listrik biasanya terdapat pada konsumen listrik. Secara garis besar, beban listrik terdiri dari sistem penerangan dan sistem non-penerangan. Sistem penerangan berkaitan dengan tata pencahayaan (lampu) sedangkan sistem non-penerangan berupa beban listrik lainnya seperti sistem tata udara, peralatan elektronik, dan motor-motor serta alat berat lainnya pada industri-industri. Beban listrik dapat dibagi menjadi sektor-sektor, seperti sektor perumahan, industri, dan komersial. Penggunaan daya listrik pada tiap sektor sebagian besar digunakan untuk tata udara terutama pendingin dan pencahayaan.

2.3.1 Sistem Tata Udara

Sistem tata udara adalah suatu proses mendinginkan atau memanaskan udara sehingga dapat mencapai suhu dan kelembaban yang diinginkan dan juga untuk mengatur aliran udara dan kebersihannya. Sistem tata udara dapat terdiri dari pengkondisian udara dan pendinginan udara. Pengkondisian udara (*air conditioning*) adalah proses dimana temperatur, kelembaban, kemurnian, dan aliran dari udara dikendalikan di dalam suatu ruangan tertutup, sedangkan pendinginan udara (*air cooling*) berbeda dengan pengkondisian udara karena pada

pendinginan udara kelembaban, aliran udara, dan sebagainya tidak dikendalikan seperti pada pengkondisian udara.

Sistem tata udara berhubungan erat dengan HVAC yang merupakan kepanjangan dari *Heating, Ventilation, and Air Conditioning*. HVAC berfungsi menjaga kondisi udara sekitar untuk melindungi alat-alat dan kenyamanan personal dengan cara mengatur ventilasi dan pengkondisian udara.



Gambar 2.5. Sistem HVAC

Penggunaan HVAC termasuk vital pada para pengguna energi listrik terutama gedung-gedung perkantoran yang dipenuhi peralatan komputer yang perlu dijaga kelembaban udaranya, serta industri-industri besar yang memerlukan sistem ventilasi yang baik. Sistem HVAC terdiri dari beberapa komponen [4], yaitu:

1. Heating

Sistem ini banyak digunakan di daerah-daerah yang beriklim dingin, yang sepanjang musim didominasi dengan suhu yang dingin. *Heating* tersusun oleh beberapa bagian penting antara lain *boiler, furnace, heat pump, radiator*, dan *hydronic*.

Furnace berfungsi sebagai sumber panas yang ditransfer ke media air bernama *hydronic* di *boiler*. *Hydronic* tersirkulasi berkat kerja dari *heat pump*,

yang selanjutnya setelah dari boiler, *hydronic* menuju ke *radiator* untuk memindahkan panas yang dikandungnya ke udara yang tersirkulasi. Udara inilah yang digunakan untuk memanaskan ruangan.

2. Ventilation

Ventilation adalah proses untuk mensirkulasikan udara di dalam suatu ruangan dengan udara luar, yang bertujuan untuk membuang debu, kelembaban, bau-bauan yang tidak sedap, karbon dioksida, panas, bakteri di udara, serta meregenerasi oksigen di dalam ruangan.



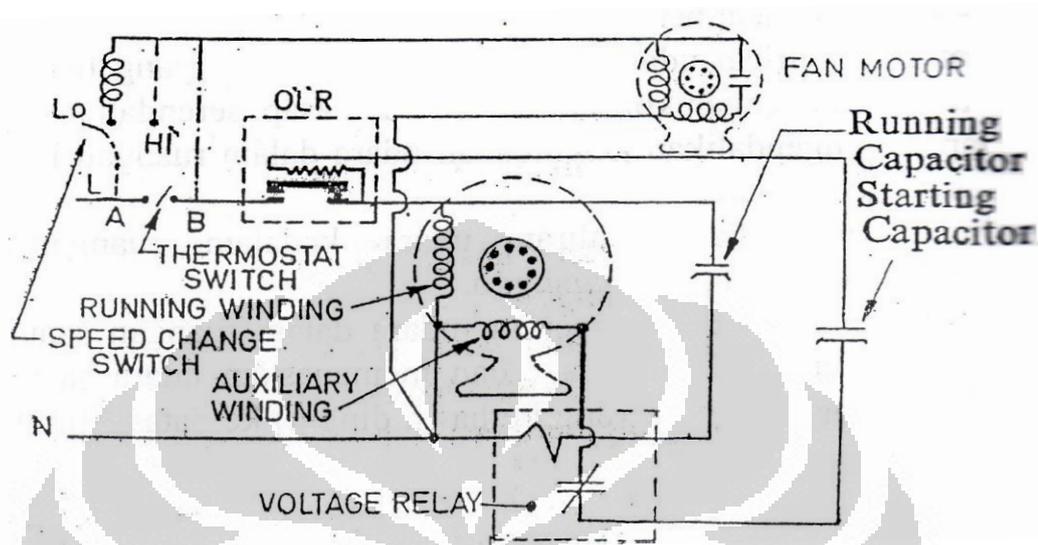
Gambar 2.6. Penggunaan sistem ventilasi pada industri [4]

Terdapat dua jenis ventilasi [4], yaitu *forced ventilation* dan *natural ventilation*. *Forced ventilation* adalah sistem ventilasi yang menggunakan bantuan *fan* atau kipas untuk mensirkulasikan udara di dalam ruangan. Sistem ini banyak digunakan di perindustrian besar, gedung-gedung, di dapur dan di kamar mandi. Di dapur biasanya dipasang *fan* untuk menghisap asap dari kompor dan dibuang keluar, sedangkan di kamar mandi digunakan untuk mengusir bau-bauan yang tidak sedap dari dalam kamar mandi. Sedangkan untuk *natural ventilation* tidak diperlukan bantuan kipas untuk mensirkulasikan udara. Biasanya hanya berupa jendela yang dibiarkan terbuka di suatu ruangan.

3. Air Conditioning

Air Conditioning menggunakan prinsip siklus mesin pendingin, yang terdiri dari beberapa bagian penting yaitu *refrigerant*, kompresor, *heat-exchanger*, dan katup ekspansi. Prinsip kerja suatu AC sama seperti prinsip kerja suatu

pendingin air (*water cooler*) hanya saja pada pendingin air terdapat suatu *fan* untuk mendinginkan kondensor, sedangkan pada pengkondisian udara, terdapat satu *fan/blower* lagi untuk mensirkulasikan udara dingin dalam ruangan.



Gambar 2.7. Rangkaian listrik suatu *Air Conditioner* [5]

Air Conditioner digunakan untuk menyejukkan ruangan sehingga dapat diperoleh kenyamanan dengan mengatur suhu ruangan. Untuk mencapai titik kenyamanan ini, terdapat istilah yang disebut *thermal comfort* (kenyamanan terhadap kondisi udara sekitar) [6]. Standar *thermal comfort* untuk negara-negara tropis berkisar $25^{\circ}\pm 1^{\circ}$, dengan kelembaban relatif $60\%\pm 10\%$ [7].

Berdasarkan kapasitasnya, AC dibagi menjadi 5 jenis [6], yaitu:

1. AC Window

Evaporator, kondenser, dan kipas dipasang dalam satu unit. AC jenis ini memiliki kapasitas yang biasanya rendah, berkisar antara 0.5-1 PK.

2. AC Split

Evaporator dan kipasnya dipasang di area yang akan dikondisikan, sementara kompresor, condenser, dan kipas dipasang di luar gedung. Kapasitas dari AC ini berkisar antara 0.5-3 PK.



(a)

(b)

Gambar 2.8.a. Beberapa jenis AC; (a) *AC Window* (b) *AC Split*

3. Chiller Water Plant

Memiliki prinsip kerja yang sama dengan AC pada umumnya, namun kondensernya didinginkan dengan air bukan dengan gas Freon. AC jenis ini membutuhkan sebuah menara pendingin. Secara umum, AC jenis ini digunakan sebagai sistem penyejuk udara yang tersentralisasi di gedung-gedung besar, sehingga evaporatornya tidak secara langsung mengatur udara namun mendinginkan air. Udara didinginkan oleh evaporator kemudian mengalir ke *Air Handling Unit* (AHU) untuk mengatur suhu di gedung. AC jenis ini umumnya dilengkapi dengan sebuah kompresor yang terpisah.



(c)

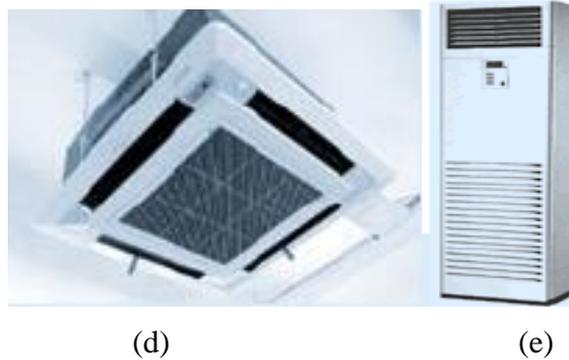
Gambar 2.8.b. (c) *AC Chiller Water Plant*

4. Rooftop Liquid Chiller

Serupa dengan *Chiller Water Plant*, namun pemasangan evaporatornya berada di plafon.

5. AC Floor Mounted

Prinsip kerjanya serupa dengan *AC split*, namun kapasitasnya lebih besar, berkisar antara 0.5-20 PK dan ditempatkan di lantai.



Gambar 2.8.c. (d) AC Rooftop Liquid Chiller (e) AC Floor Mounted [6]

2.3.2 Sistem Pencahayaan

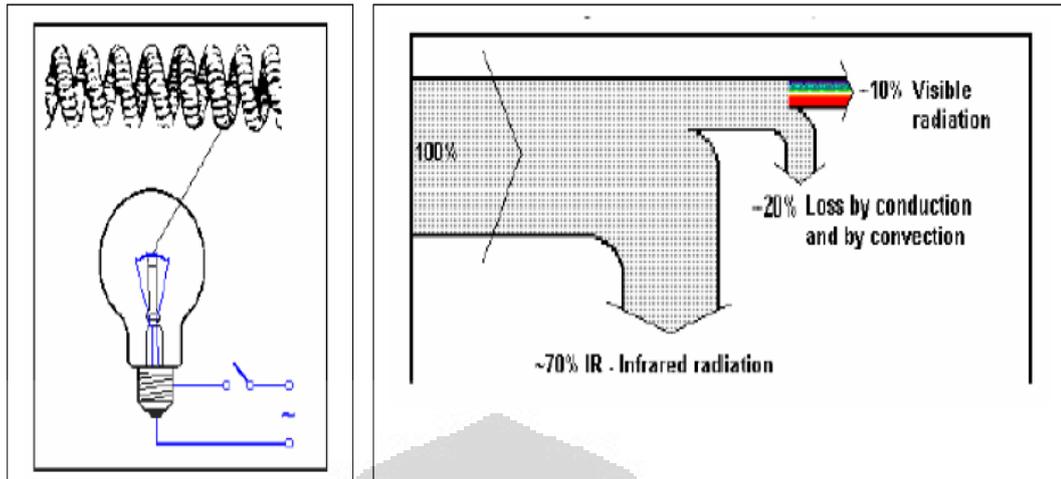
Sistem pencahayaan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kenyamanan visual suatu bangunan. Sistem pencahayaan sangat penting diperhatikan pada bangunan perkantoran guna meningkatkan produktifitas dan kenyamanan saat bekerja.

Sistem pencahayaan berhubungan dengan lampu yang digunakan sebagai penerangan. Lampu terdiri dari bermacam-macam jenis, dan masing-masing jenis berbeda tingkat pencahayaan tergantung dari besar energi listrik yang digunakan [8], yaitu antara lain:

1. Lampu Pijar (*Incandescent*)

Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi filamen panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan secara langsung dengan filamen tersebut sehingga filamen tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi.

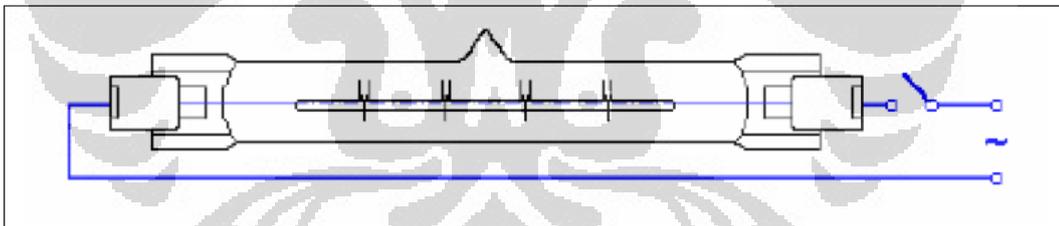
Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan sumber cahaya buatan lainnya. Lampu ini memiliki efisiensi yang rendah, hanya 10-20 lumens per watt. Hampir 85% dari keseluruhan daya yang dikonsumsi diubah menjadi panas bukan cahaya. Ketahanan lampu ini hanya sampai 750 jam.



Gambar 2.9. Lampu pijar dan diagram alir lampu pijar [8]

2. Lampu Halogen

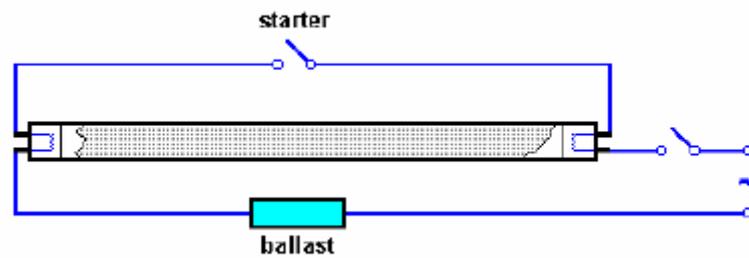
Lampu halogen adalah sejenis lampu pijar. Lampu halogen dibuat untuk mengatasi masalah ukuran fisik dan struktur pada lampu pijar dalam penggunaannya sebagai lampu sorot, lampu proyektor, dan lampu proyektor film. Lampu halogen memiliki ketahanan yang lebih lama, dapat mencapai hingga 3.000 jam.



Gambar 2.10. Lampu halogen [8]

3. Lampu TL (*Flourescent*)

Lampu TL 3 hingga 5 kali lebih efisien daripada lampu pijar standar dan dapat bertahan 10 hingga 20 kali lebih awet. Konstruksi lampu neon terdiri dari tabung gelas berwarna putih susu, karena dinding bagian dalam tabung dilapisi serbuk posphor. Bentuk tabungnya ada yang memanjang dan melingkar. Jenis lampu ini mengandung gas di dalam tabung gelas yang menguap bila dipanasi.



(a)

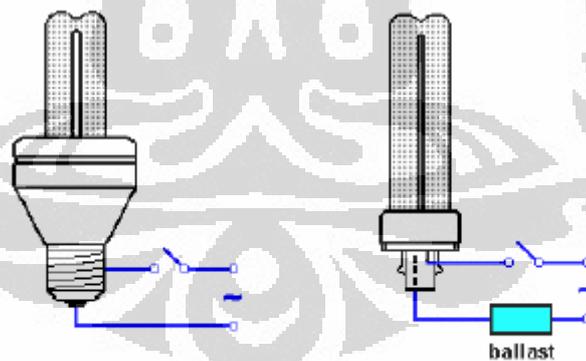


(b)

Gambar 2.11. (a) Lampu neon (b) Diagram alir energi lampu neon [8]

4. Lampu CFL

Lampu CFL merupakan lampu *Flourescent* yang paling banyak di pasaran. Lampu ini mempunyai efisiensi tinggi sekitar 50-60 lumens per watt dengan usia pakai hingga 12.000 jam.



Gambar 2.12. Lampu CFL [8]

5. Lampu Light Emitting Diode (LED)

Lampu LED adalah lampu terbaru yang merupakan sumber cahaya dengan efisiensi yang paling besar daripada jenis sumber cahaya buatan lainnya. Lampu LED dapat bertahan dari 40.000 hingga 100.000 jam tergantung pada warna.

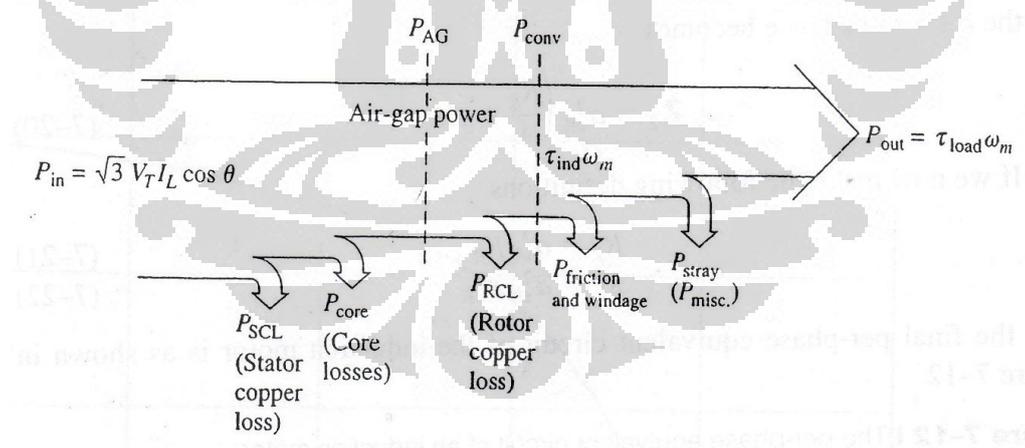
Lampu LED digunakan untuk banyak penerapan pencahayaan seperti tanda keluar, sinyal lalu lintas, dan berbagai penerapan dekoratif.

2.3.3 Beban Listrik Lainnya

Dalam suatu industri, selain untuk sistem tata udara dan sistem pencahayaan, daya listrik umumnya digunakan untuk menggerakkan motor-motor listrik. Motor-motor listrik dan penerangan adalah pemakai daya listrik yang besar dalam industri.

Motor listrik juga diaplikasikan pada sistem traksi. Umumnya yang dimaksudkan dengan traksi listrik adalah alat transportasi yang dapat berupa transportasi publik; yang digerakkan oleh motor listrik dan berjalan di atas rel, seperti Kereta Rel Listrik (KRL), trem listrik, dan sebagainya; atau juga transportasi gedung, seperti *lift* atau *elevator*, *escalator*, *moving walks* atau *belt conveyor* pada industri, dan sebagainya [5].

Pada umumnya motor-motor listrik (motor induksi) mempunyai berbagai kerugian [9], seperti: rugi-rugi tembaga, rugi-rugi inti, rugi-rugi gesekan, dan rugi-rugi lilitan, sehingga daya total keluaran motor menjadi bernilai lebih kecil daripada daya yang disuplai ke motor karena adanya kerugian tersebut.



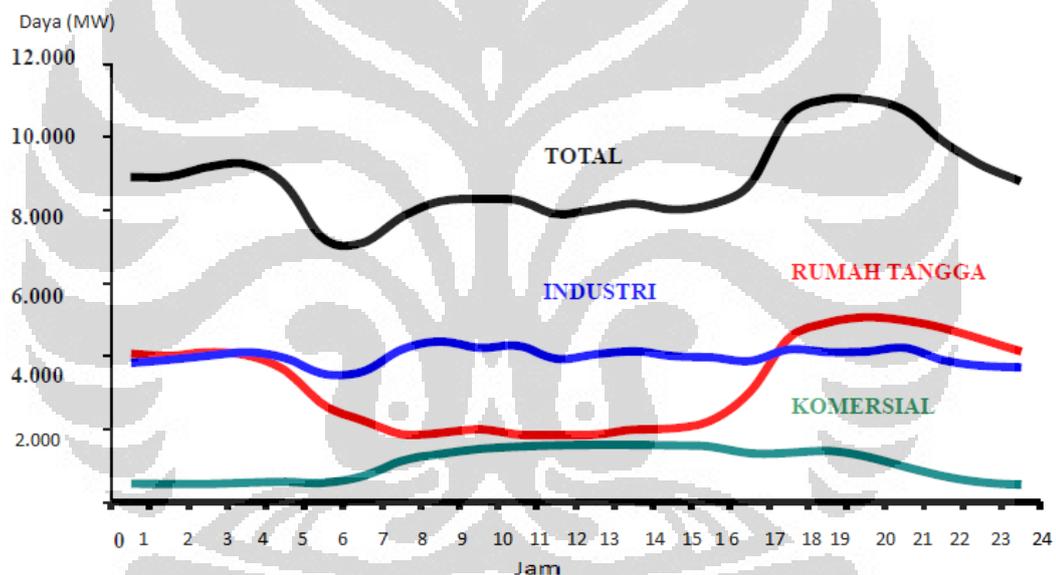
Gambar 2.13. Diagram aliran daya pada motor induksi [9]

Dalam penghematan listrik, efisiensi yang diinginkan dari motor-motor listrik haruslah sebesar-besarnya.

2.4 Pola Konsumsi Listrik

Penggunaan energi listrik pada tiap-tiap sektor beban memiliki perbedaan antar satu sama lainnya. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan karakteristik pembebanan pada masing-masing sektor beba, sehingga menimbulkan pola konsumsi energi yang berbeda pula.

Pembebanan pada sektor perumahan atau rumah tangga mengalami fluktuasi konsumsi energi yang besar. Hal ini disebabkan karena mayoritas penggunaan energi listrik pada sektor rumah tangga biasa dilakukan pada malam hari. Pada umumnya beban rumah tangga berupa lampu untuk penerangan, alat rumah tangga, seperti kipas angin, pemanas air, lemari es, penyejuk udara, mixer, oven, motor pompa air, dan sebagainya.

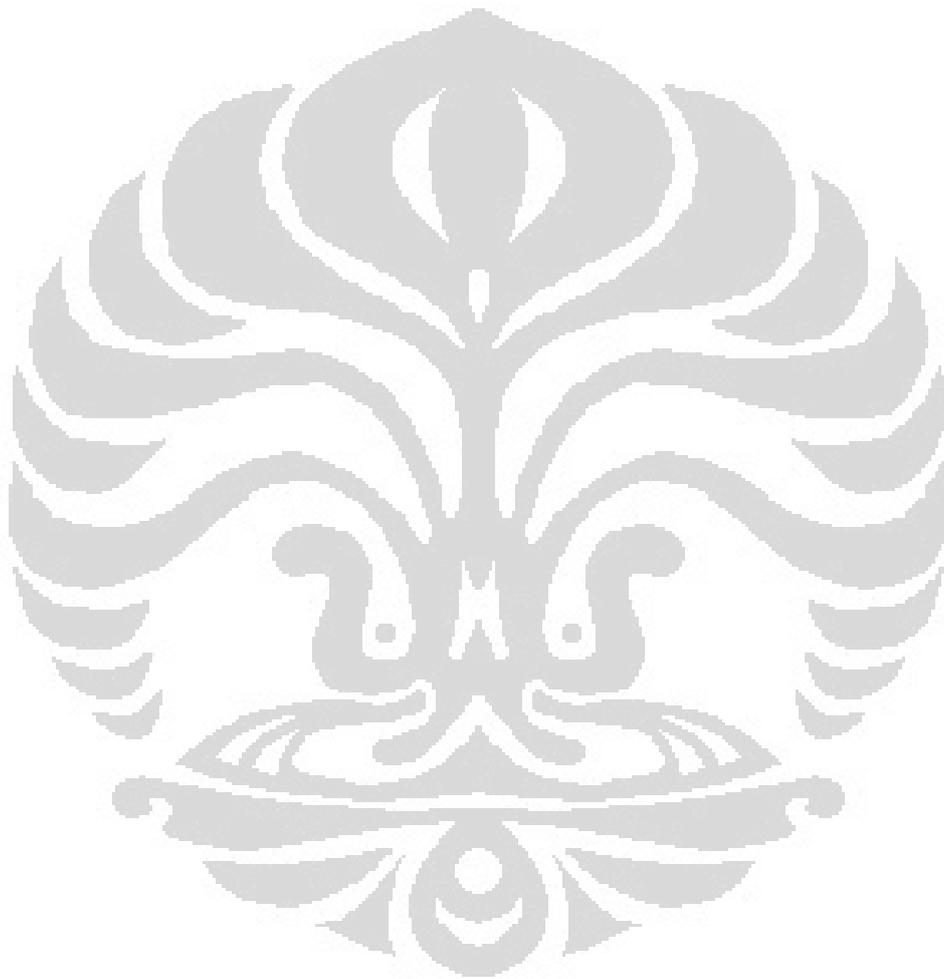


Gambar 2.14. Grafik pola konsumsi energi berdasarkan sektor [10]

Pada sektor industri, fluktuasi konsumsi energi sepanjang hari akan relatif sama. Beban industri dibedakan dalam skala kecil dan skala besar. Untuk skala kecil banyak beroperasi di siang hari, sedangkan industri besar sekarang ini banyak yang beroperasi sampai 24 jam.

Beban komersial, pada umumnya terdiri atas penerangan untuk reklame, kipas angin, penyejuk udara, dan alat-alat listrik lainnya yang diperlukan untuk keperluan bisnis. Beban hotel juga diklasifikasikan sebagai beban komersial

(bisnis) begitu juga perkantoran. Beban ini secara drastis naik di siang hari untuk beban perkantoran serta pertokoan dan menurun di waktu sore.



BAB 3

POTENSI PEMBOROSAN ENERGI

3.1 Pemborosan Energi

Energi listrik merupakan sejumlah besar daya listrik yang dikonsumsi oleh peralatan listrik pada periode waktu tertentu. Untuk membangkitkan daya listrik dari sebuah pembangkit listrik diperlukan bahan bakar dan juga biaya yang tidak sedikit. Mayoritas pembangkit listrik yang ada sekarang ini menggunakan bahan bakar fosil yang jumlahnya terbatas. Sedangkan permintaan akan daya listrik semakin bertambah setiap tahunnya. Akibatnya persediaan bahan bakar fosil akan semakin berkurang. Untuk itulah diperlukan adanya upaya penghematan energi.

Penghematan energi adalah tindakan menggunakan energi secara optimal sesuai dengan kebutuhan. Tindakan penghematan energi dapat dilakukan dengan tidak menggunakan energi secara cuma-cuma. Dengan adanya penghematan energi, sumber daya alam yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkitan listrik dapat dihemat sehingga dapat mengurangi biaya listrik yang dikeluarkan.

Tindakan yang berlawanan dengan penghematan energi adalah pemborosan energi. Pemborosan energi listrik adalah tindakan menggunakan energi listrik dengan cuma-cuma melebihi kebutuhan yang diperlukan. Pemborosan listrik dapat disebabkan oleh perilaku manusia ataupun faktor teknis, seperti:

A. Perencanaan Bangunan

Faktor perencanaan bangunan akan mempengaruhi besar pemborosan listrik. Hal ini khususnya berpengaruh pada sistem tata udara dan pencahayaan. Tata letak ruangan mempengaruhi besarnya tingkat pencahayaan buatan dan juga mempengaruhi suhu serta kelembaban ruangan. Pengendalian suhu dan kelembaban udara merupakan faktor penting dalam pengkondisian udara.

B. Mutu

Mutu dalam hal ini bukan hanya berkaitan dengan efisiensi peralatan listrik namun juga mutu dari listrik tersebut. Mutu peralatan sangat jelas mempengaruhi pemborosan energi dimana peralatan dengan efisiensi tinggi akan menghasilkan pemborosan energi yang lebih rendah dari pada peralatan dengan

efisiensi rendah. Sedangkan mutu listrik dipengaruhi oleh suplai daya listrik yang disediakan produsen listrik. Syarat suplai daya yang baik adalah sebagai berikut [5]:

1. Aliran daya listrik yang tidak terputus (kontinu)

Kontinuitas aliran daya listrik dapat terganggu karena adanya gangguan listrik sehingga terjadi interupsi aliran daya listrik.

2. Kuantitas daya listrik yang memenuhi kebutuhan

Kuantitas daya listrik yang cukup akan menjamin kelancaran operasi pada tiap sektor pengguna listrik.

3. Kualitas daya listrik yang baik

Kualitas daya listrik menyangkut tegangan dan frekuensinya. Adapun permasalahan yang kerap terjadi berhubungan dengan kedua parameter tersebut adalah sebagai berikut:

a) tegangan yang tidak baik

- *flicker* (variasi tegangan secara siklis), dapat diketahui dengan indikator lampu akan berkedip walaupun tidak terlalu berpengaruh pada peralatan industri, namun berefek buruk terhadap peralatan seperti komputer.
- *voltage dip* (variasi tegangan secara tidak siklis), dapat disebabkan karena hubung singkat pada suatu *feeder supply* dan bekerjanya *recloser* pada suatu jaringan radial.
- tegangan harmonik, disebabkan karena adanya kesalahan hubungan pada transformator, desain generator yang tidak baik, dan sebagainya. Total harga efektif dari tegangan harmonik $\leq 5\%$ dari harga efektif tegangan dasarnya.
- tegangan tidak seimbang, disebabkan karena beban konsumen yang tidak seimbang dan karena adanya kontak yang buruk pada kawat netral sistem distribusi tegangan rendah 3 fasa – 4 kawat.

b) frekuensi

Penurunan frekuensi dapat disebabkan oleh beban yang besar dan khusus di beberapa industri. Contohnya pada industri baja, industri ini menggunakan

tanur listrik (*arc furnace*) yang dapat mengakibatkan deviasi pada frekuensi dan tegangan listrik.

Kebanyakan peralatan industri hanya dapat mentolerir adanya deviasi frekuensi yang kecil. Pengaruh deviasi frekuensi pada motor-motor listrik dapat menimbulkan perubahan kecepatan dan juga mengurangi efisiensi motor. Oleh karena itu, diinginkan deviasi frekuensi $\leq 1\%$.

C. Penggunaan Energi

Penggunaan energi listrik mengacu kepada pola-pola konsumsi energi listrik pada tiap sektornya. Penggunaan energi listrik tiap sektor berbeda. Pola-pola konsumsi yang berbeda inilah yang mempengaruhi penggunaan energi. Pemborosan energi listrik dapat disebabkan oleh kebiasaan-kebiasaan yang biasa dilakukan, seperti:

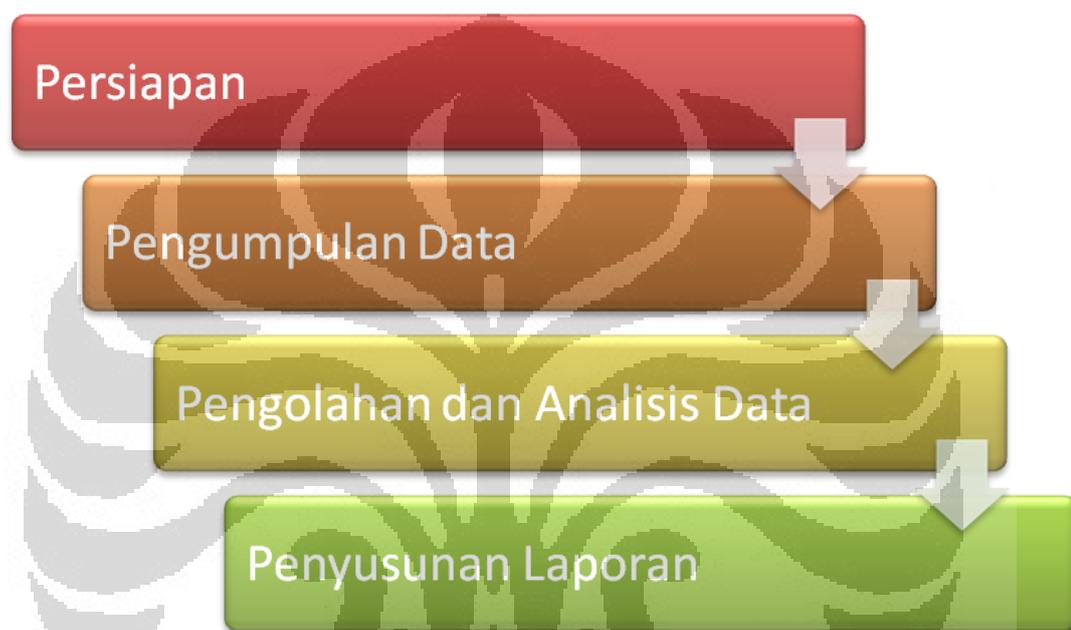
- menghidupkan lampu pada siang hari, bagi industri hal ini dapat dimaklumi karena membutuhkan pencahayaan sesuai dengan standar yang berlaku. Namun bagi sektor yang lainnya seperti rumah tangga, hal ini jelas termasuk pemborosan energi karena seharusnya dapat menghemat dengan mematikan lampu dan menggunakan cahaya alami.
- menggunakan AC walau tidak ada orang, hal seperti ini sering terjadi pada kantor-kantor dan sekolah-sekolah, pada saat meninggalkan ruangan biasanya AC tidak dimatikan. Sebenarnya ini merupakan kebiasaan yang buruk, karena dengan mematikan AC dapat menghemat energi dan juga mencegah dari *global warming*.
- menggunakan AC dengan pintu atau jendela terbuka, hal seperti ini dapat terjadi di mana saja dan sangatlah salah, karena udara akan mengalir keluar sehingga ruangan tidak akan cepat dingin dan malahan membuang daya listrik secara sia-sia.
- menghidupkan peralatan elektronik seperti komputer walau tidak digunakan, alangkah baiknya apabila mematikan perangkat tersebut apabila tidak digunakan dalam waktu yang cukup lama, kemudian apabila dibutuhkan dapat menghidupkannya kembali.

Besarnya potensi pemborosan pada suatu ruangan atau bangunan dapat diketahui dengan menghitung konsumsi daya listrik yang terpakai cuma-cuma.

Dengan mengetahui potensi pemborosan pada suatu ruangan atau bangunan, maka dapat dicari cara untuk meminimalisasi pemborosan tersebut sehingga secara tidak langsung juga membantu melakukan penghematan energi.

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Untuk mengetahui besarnya potensi pemborosan energi, langkah-langkah yang dilakukan adalah seperti yang ditunjukkan oleh diagram alir berikut.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2.1 Persiapan

Langkah awal dalam penelitian ini adalah menentukan objek penelitian. Lokasi penelitian dalam tugas akhir ini adalah Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia (FEUI) yang berada di dalam kompleks lingkungan Universitas Indonesia, Depok.



Gambar 3.2. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia

Alasan menjadikan Fakultas Ekonomi sebagai lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Fakultas Ekonomi merupakan pengguna energi listrik terbesar ketiga se-Universitas Indonesia setelah Fakultas Teknik dan Perpustakaan UI, dan merupakan fakultas terbesar kedua dengan penggunaan energi listriknya setelah Fakultas Teknik [11].
2. Letak Fakultas Ekonomi yang strategis sehingga memudahkan dalam pengamatan serta akomodasi.

Objek yang akan diamati dan diteliti adalah perilaku-perilaku dan kebiasaan-kebiasaan penggunaan energi listrik pada tiap ruangan kelas di Fakultas Ekonomi. Ruangan kelas merupakan ruangan dengan intensitas pemakaian terbesar karena mayoritas kegiatan merupakan kegiatan perkuliahan yang dilakukan di ruang kelas. Oleh karena itu, penggunaan energi listrik juga lebih banyak digunakan untuk kegiatan perkuliahan.

Bangunan gedung perkuliahan di Fakultas Ekonomi yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah Gedung Kuliah Nathael Iskandar atau biasa disebut Gedung A dan Gedung Kuliah Soenario Kolopaking atau Gedung B. Gedung A terdiri dari 38 ruang kelas. Gedung B terdiri dari 18 ruang kelas.



(a)

(b)

Gambar 3.3. Gedung kuliah FEUI; (a) Gedung A (b) Gedung B

3.2.2 Pengumpulan Data

Langkah kedua adalah pengumpulan data-data. Data merupakan aspek vital dalam pengerjaan tugas akhir ini, karena tanpa data tidak akan mungkin untuk melakukan analisis. Data yang dikumpulkan berupa:

- beban listrik yang terpasang tiap ruangan.
- besarnya konsumsi energi.
- perilaku dan kebiasaan dalam penggunaan energi.

Kegiatan pengumpulan data berlangsung mulai dari tanggal 23 April sampai dengan 28 April 2012. Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode seperti:

- permohonan data kepada pihak yang berwenang (Dekanat FEUI dan Rektorat UI).
- tanya jawab dengan narasumber.
- pengamatan langsung ke ruang kelas.

3.2.3 Pengolahan Data dan Analisis

Langkah selanjutnya adalah mengolah data yang telah berhasil dikumpulkan selama kurang lebih satu minggu tersebut sehingga dapat menghasilkan besar potensi pemborosan yang terjadi. Data-data yang telah diolah kemudian akan dianalisis untuk dicari solusi terbaik yang dapat diterapkan agar dapat mengurangi pemborosan energi yang terjadi.

3.3 Metode Perhitungan Energi

Energi listrik yang dikonsumsi oleh beban listrik biasa dinyatakan dalam satuan Watt-hour [Wh] atau kilo Watt-hour [kWh]. Banyaknya energi listrik dalam satu bulan dapat dihitung dengan mengalikan besarnya daya nominal beban [kW] dengan lamanya waktu pemakaian sebulan [jam].

Pemakaian energi listrik terbesar berada pada sistem tata udara dan pencahayaan, oleh karena itu perhitungan energi dapat disederhanakan menjadi [12]:

- Konsumsi energi AC

$$\text{Konsumsi energi AC [kWh]} = \text{daya nominal AC [kW]} \times \text{lama pemakaian sebulan [jam]} \quad (3.1)$$

Untuk menghitung daya nominal AC sebelumnya perlu mengkonversi satuan daya AC menjadi Watt, dimana:

$$1 \text{ PK} = 0.746 \text{ kW}$$

Untuk pemakaian AC central, harus diperhitungkan semua daya peralatan lain yang menyertainya, seperti kompresor, blower, pompa, menara pendingin, dan sebagainya.

- Konsumsi energi lampu

$$\text{Konsumsi energi lampu [kWh]} = \text{daya nominal lampu [kW]} \times \text{pemakaian sebulan [jam]} \quad (3.2)$$

- Konsumsi energi peralatan lainnya

$$\text{Konsumsi energi peralatan [kWh]} = \text{total konsumsi energi [kWh]} - \text{Konsumsi energi AC [kWh]} - \text{Konsumsi energi lampu [kWh]} \quad (3.3)$$

Di mana total konsumsi energi dapat dilihat pada rekening pembayaran listrik [kWh_{rekening}].

BAB 4

PERHITUNGAN POTENSI PEMBOROSAN ENERGI

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian tentang potensi pemborosan energi ini berlangsung mulai dari tanggal 23 April hingga 28 April 2012. Objek pengumpulan data dan pengamatan adalah Gedung A dan Gedung B Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia (FEUI). Gedung A dan Gedung B masing-masing merupakan gedung perkuliahan pada FEUI. Gedung A terdiri dari tiga lantai dan memiliki 38 ruang kelas. Gedung B terdiri dari dua lantai dan memiliki 18 ruang kelas.

Pengumpulan data adalah langkah awal dalam melakukan penelitian ini. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan tinjauan ke lokasi objek penelitian dan melakukan tanya jawab dengan petugas kelas yang berada di lokasi. Data-data yang dikumpulkan berupa data penggunaan energi, data pengamatan yang berupa tingkah laku dan pola konsumsi energi, serta waktu penggunaan energi untuk mengetahui lamanya waktu pemborosan yang dapat terjadi.

4.1.1 Data Penggunaan Energi

Penggunaan energi listrik pada Gedung Kuliah A dan Gedung Kuliah B FEUI memiliki kesamaan karena kedua Gedung Kuliah tersebut mempunyai beban listrik yang sama. Dalam ruangan kelas di FEUI terdapat sedikitnya satu unit perangkat komputer, satu unit perangkat LCD proyektor, sistem tata udara berupa AC, serta sistem penerangan berupa beberapa unit lampu. Banyaknya jumlah lampu disesuaikan dengan luas ruangan kelas.

Ruangan kelas di Gedung A dan Gedung B memiliki luas rata-rata 8 meter x 8 meter atau sebesar 64 meter persegi. Ruangan dengan luas 64 meter persegi dapat terdiri dari 12 unit lampu. Ruangan dengan luas 128 meter persegi memiliki jumlah lampu dua kali ruangan dengan luas 64 meter persegi yaitu sebesar 24 unit lampu. Jenis lampu yang digunakan pada masing-masing kelas adalah lampu TL atau *flourescent* dengan daya 36 Watt dengan *ballast* elektronik. Untuk sistem tata udara, pada masing-masing ruangan terdiri dari dua unit AC *split* dengan daya 2 PK tiap unit. Data penggunaan energi listrik di Gedung Kuliah A FEUI dapat

dilihat pada Lampiran 1. Untuk data penggunaan energi listrik di Gedung Kuliah B FEUI terdapat pada Lampiran 2.

4.1.2 Data Hasil Pengamatan

Data pengamatan diperoleh pada saat melakukan penelitian dengan cara mengamati objek penelitian secara langsung. Sasaran dari pengamatan yang dilakukan adalah perilaku dan pola kebiasaan konsumsi energi. Perilaku konsumsi akan berbeda-beda pada setiap individu. Sudah banyak individu yang menganut konsep penghematan energi, sehingga perilaku konsumsi mereka akan lebih bersifat konservatif, yaitu dengan menggunakan energi seperlunya. Namun masih ada juga individu yang menggunakan energi listrik secara sia-sia. Perlu adanya kesadaran pada masing-masing individu untuk mulai melakukan penghematan energi listrik dengan tidak menggunakan energi listrik tersebut secara percuma dan digunakan hanya untuk kebutuhan saja. Perilaku konsumsi tersebut akan mempengaruhi besarnya penggunaan energi listrik yang terjadi.

Pada lingkungan perkuliahan FEUI, perilaku konsumsi yang terjadi juga beragam. Fakultas Ekonomi sendiri sudah mempunyai sistem penghematan energi, yaitu apabila tidak ada kelas petugas kelas akan mematikan lampu, LCD, komputer, serta AC dan ruangan akan dikunci (wawancara dengan Kepala Bagian Fasilitas dan Infrastruktur (Fastur) FEUI, 18 April 2012). Dengan adanya penerapan sistem penghematan energi tersebut, penggunaan energi di lingkungan FEUI diharapkan akan lebih optimal sehingga meminimalkan adanya potensi pemborosan yang dapat terjadi. Akan tetapi, pada pengamatan yang telah dilakukan masih terdapat masalah-masalah yang berkaitan dengan perilaku konsumsi yang menjurus ke arah pemborosan energi. Masalah-masalah yang ditemui dalam pengamatan ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil pengamatan dan masalah-masalah yang ditemui

Peralatan	Masalah yang ditemui
Penerangan	<ul style="list-style-type: none"> • Lampu menyala walau tidak terpakai • Gorden menghalangi cahaya alami • Terlalu banyak lampu yang digunakan
AC	<ul style="list-style-type: none"> • AC menyala walau tidak terpakai
Peralatan lain	<ul style="list-style-type: none"> • Komputer menyala walau tidak terpakai • LCD proyektor menyala walau tidak terpakai

Pada sistem penerangan, masalah yang terjadi adalah lampu menyala walau tidak terpakai. Masalah ini kerap terjadi terutama pada waktu berakhirnya sesi kuliah. Pada waktu berakhirnya kuliah, dosen maupun mahasiswa cenderung akan langsung beranjak meninggalkan ruangan kelas tanpa mematikan peralatan listrik terlebih dahulu. Setelah berakhirnya sesi perkuliahan, petugas kelas juga tidak langsung mematikan peralatan, tetapi menunggu sampai kelas benar-benar kosong. Masalah lainnya adalah penggunaan lampu yang terlalu banyak. Masalah ini berkaitan dengan cahaya alami yang terhalang oleh gorden. Berdasarkan hasil pengamatan, penggunaan cahaya alami kurang dimanfaatkan di Fakultas Ekonomi. Gedung A dan Gedung B lebih cenderung menggunakan cahaya buatan untuk menerangi ruangan. Padahal cahaya alami dari matahari yang menuju ke gedung mampu menerangi seisi ruangan kelas dengan cukup baik.



Gambar 4.1. Cahaya alami yang dapat menerangi ruangan kelas

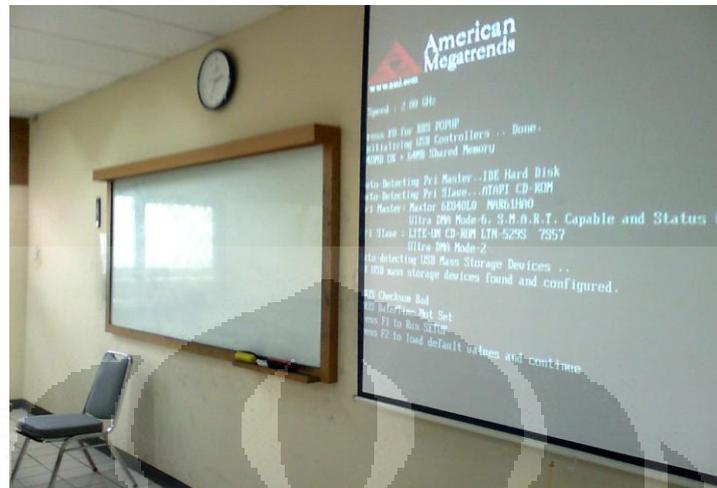


Gambar 4.2. Cahaya alami yang terhalang gordén

Sistem tata udara mempunyai masalah serupa dengan penerangan. Penggunaan AC sebagai pendingin dan penyejuk ruangan terkadang masih tidak sesuai dengan keperluan. Suhu ruangan yang baik berkisar antara 24-26°C, untuk itulah dibutuhkan adanya pendingin atau AC. Walaupun terdapat sistem penghematan yang akan mematikan AC apabila tidak ada kelas, namun sistem tersebut hanya berlaku apabila ruangan kelas tidak terpakai lebih dari dua jam. Apabila kurang dari dua jam, maka petugas hanya mematikan lampu dan peralatan lainnya sedangkan AC dibiarkan menyala untuk menjaga kelembaban ruangan.

Masalah lainnya yang berkaitan dengan pemborosan energi adalah tidak dimatikannya perangkat komputer dan LCD setelah sesi perkuliahan selesai. Sama halnya seperti masalah lampu, setelah selesai sesi perkuliahan dosen dan mahasiswa tidak langsung mematikan komputer dan LCD yang sudah selesai digunakan. Membiarkan komputer dalam keadaan *Screen Saver* dengan keadaan *Sleep/Stand-by* sangatlah berbeda. Komputer dalam keadaan *Screen Saver* mengkonsumsi daya yang sama dengan keadaan menyala, sedangkan pada keadaan *Sleep/Stand-by* komputer hanya menggunakan daya sekitar 1-6 Watt [13]. LCD proyektor juga dilengkapi dengan berbagai mode operasi, seperti mode operasi normal, *ECO mode* yang lebih ramah energi, dan *Stand-by mode*. Tentu saja daya yang digunakan pada masing-masing mode operasi akan berbeda. *ECO*

mode menggunakan daya lebih sedikit dari pada mode operasi normal, *Stand-by mode* menggunakan daya paling sedikit daripada mode lainnya.



(a)



(b)

Gambar 4.3. Komputer dalam keadaan normal (a) dan komputer dalam keadaan *Screen Saver* (b) menggunakan daya yang sama

4.1.3 Waktu Penggunaan Energi

Penggunaan energi listrik suatu peralatan dinyatakan dalam *Watt-hour*. Untuk menghitung besar penggunaan energi, selain diperlukan data tentang peralatan juga dibutuhkan data tentang waktu digunakannya peralatan tersebut. Waktu penggunaan energi di Gedung Kuliah A dan Gedung Kuliah B merupakan waktu dilaksanakannya kegiatan perkuliahan. Kegiatan perkuliahan berlangsung

Tabel 4.3. Jadwal penggunaan kelas pada Gedung B FEUI

Nama Ruang		B.1.02	B.1.03	B.1.04	B.1.05	B.1.06A	B.1.06B	B.1.07	B.1.08	B.2.02	B.2.08	B.2.09	B.2.10B	B.2.10A	B.2.11	B.2.12	B.2.13	B.2.15	B.2.17
Senin	08.00-10.30																		
	10.30-11.00																		
	11.00-13.30	2.5	2.5	2.5	2.5														
	13.30-14.00	0.5	0.5	0.5	0.5														
	14.00-16.30	2.5	2.5	2.5															
	16.30-17.00	0.5	0.5	0.5															
Selasa	08.00-10.30		2.5																
	10.30-11.00		0.5																
	11.00-13.30																		
	13.30-14.00																		
	14.00-16.30																		
	16.30-17.00																		
Rabu	08.00-10.30																		
	10.30-11.00																		
	11.00-13.30	2.5	2.5	2.5	2.5														
	13.30-14.00	0.5	0.5	0.5	0.5														
	14.00-16.30		2.5																
	16.30-17.00		0.5																
Kamis	08.00-10.30																		
	10.30-11.00																		
	11.00-13.30																		
	13.30-14.00																		
	14.00-16.30																		
	16.30-17.00																		
Jumat	08.00-10.30	2.5	2.5	2.5	2.5														
	10.30-11.00	0.5	0.5	0.5	0.5														
	11.00-13.30		2.5																
	13.30-14.00		0.5																
	14.00-16.30	2.5	2.5	2.5	2.5														
	16.30-17.00	0.5	0.5	0.5	0.5														

sumber : SK Dekan FEUI, 2012

Kegiatan perkuliahan pada kedua gedung dimulai pada pukul 08.00 dan berlangsung hingga dua setengah jam lamanya. Kedua gedung memiliki intensitas penggunaan ruangan kelas yang berbeda. Bagian yang diberi warna jingga dan merah muda menunjukkan pemakaian ruang kelas, sedangkan bagian yang diberi warna hijau merupakan sesi pergantian kelas. Penggunaan ruang kelas lebih dominan pada Gedung A sedangkan Gedung B hanya digunakan empat ruang kelas dari 18 ruangnya untuk kegiatan perkuliahan karena Gedung B lebih digunakan untuk kegiatan laboratorium komputernya. Kegiatan perkuliahan di Gedung B berlangsung hingga pukul 16.30, sedangkan Gedung A masih digunakan untuk perkuliahan pada pukul 19.00 hingga pukul 21.30 oleh mahasiswa Ekstensi.

4.2 Perhitungan Konsumsi Energi

Perhitungan konsumsi energi pada Gedung A dan Gedung B dihitung berdasarkan jadwal pemakaian ruangan kelas pada masing-masing gedung. Perhitungan dilakukan berdasarkan jam pemakaian mingguan dengan asumsi bahwa satu bulan terdiri dari 20 hari kerja (hari Sabtu dan Minggu libur). Untuk dapat menilai sebuah gedung sudah menggunakan energi secara efisien dapat pula dilakukan dengan membuat profil penggunaan energi. Profil penggunaan energi juga dapat digunakan untuk membuat neraca energi pada masing-masing gedung untuk mengetahui pengguna energi terbesar, sehingga dapat diprioritaskan untuk mendapatkan penghematan terbesar.

4.2.1 Perhitungan Kebutuhan Energi Listrik di Ruang Kelas

Perhitungan kebutuhan listrik di ruangan kelas dilakukan berdasarkan jadwal pemakaian kelas yang telah ditetapkan di Fakultas Ekonomi. Selain terdapat sistem penerangan dan sistem tata udara, keperluan kegiatan perkuliahan biasanya menggunakan komputer dan proyektor untuk membantu pembelajaran. Perhitungan kebutuhan energi dilakukan apabila peralatan-peralatan tersebut menyala selama sesi perkuliahan, sehingga dihasilkan perhitungan konsumsi listrik yang maksimal dari ruangan kelas tersebut.

Ada pun besarnya daya yang dikonsumsi oleh peralatan komputer adalah 60 W untuk komputer standar dan monitor CRT (*Cathode Ray Tube*) sebesar 80 W [13]. Proyektor yang ada pada ruang kelas memiliki spesifikasi dengan konsumsi daya sebesar 250 W. Untuk mengetahui besar konsumsi daya dari AC, maka dapat diketahui melalui kapasitas AC tersebut dan juga dengan mengetahui suhu ruangan saat yang dihasilkan oleh AC. Suhu ruangan pada tiap kelas dapat dilihat pada Lampiran 5.

Dengan mengetahui suhu pada tiap ruangan maka dapat dilakukan perhitungan konsumsi energi AC pada suhu tersebut. Dengan menaikkan suhu 1°C dapat menurunkan konsumsi energi AC sebesar 5-7% [14]. Untuk mengetahui besar konsumsi energi AC maka dapat mengacu kepada data hasil pengujian AC pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Data pengujian konsumsi energi AC berdasarkan suhu

Suhu (°C)	Waktu		kW	kVA	kWh
24	0-10 menit	rata-rata	0.6124	0.6444	0.102
		maks	0.6298	0.6601	
		min	0.5287	0.5667	
	11-60 menit	rata-rata	0.3159	0.3317	0.362
		maks	0.6311	0.6633	
		min	0.0259	0.0304	
	1-2 jam	rata-rata	0.2923	0.3054	0.66
		maks	0.6746	0.6964	
		min	0.0266	0.0308	
2-8 jam	rata-rata	0.2974	0.3093	2.35	
	maks	0.675	0.6968		
	min	0.0265	0.0307		

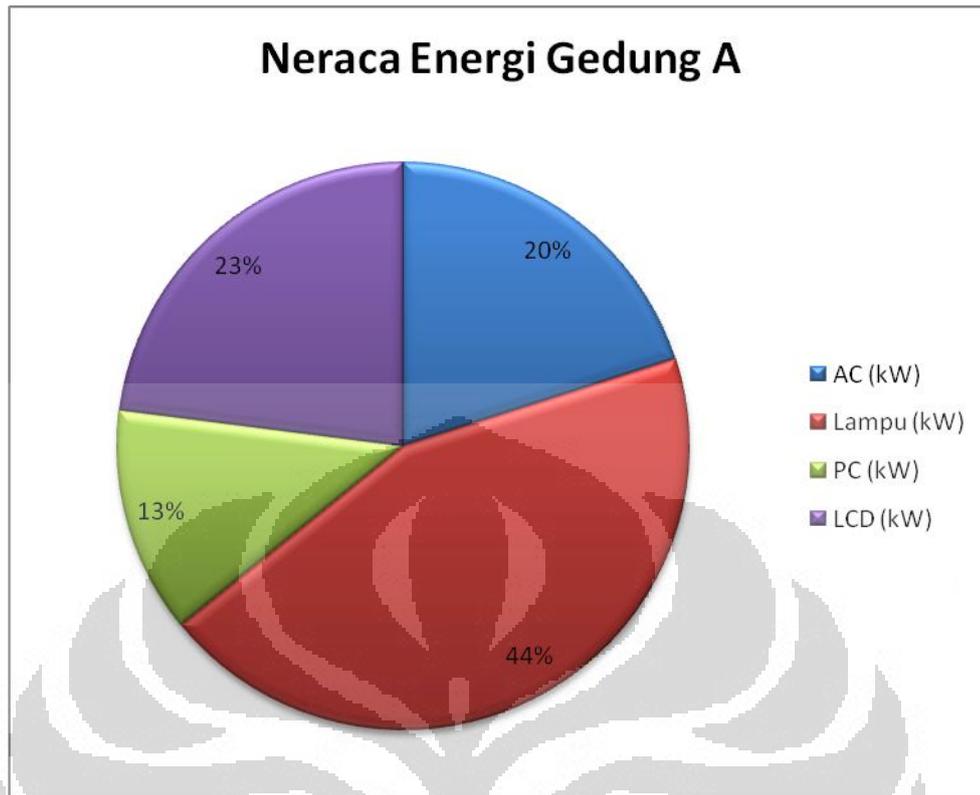
sumber : Laboratorium Pengukuran Listrik dan Tegangan Tinggi DTE FTUI, Desember 2007

Pengujian dilakukan dengan mengukur konsumsi daya dan energi secara periodic pada interval waktu pengukuran yang telah ditentukan. Pada interval waktu tertentu dengan suhu 24°C, AC dapat mempunyai tingkat konsumsi energi yang berbeda-beda. Sebagai contoh untuk mengetahui konsumsi AC yang bekerja selama dua jam pada suhu 25°C dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- selisih kenaikan derajat suhu = $25 - 24 = 1^\circ C$,
- dengan menaikkan 1°C maka dapat menghemat 5%,
- konsumsi energi pada 2 jam = 0.66 kWh,
- penghematan energi = $5\% \times 0.66 kWh = 0.033 kWh$,
- sehingga konsumsi energi pada 25°C = $0.66 kWh - 0.033 kWh = 0.627 kWh$.

Hasil perhitungan konsumsi energi AC selama satu bulan adalah sebesar 3791.878 kWh/bulan. Untuk perhitungan konsumsi energi AC dapat dilihat pada Lampiran 5.

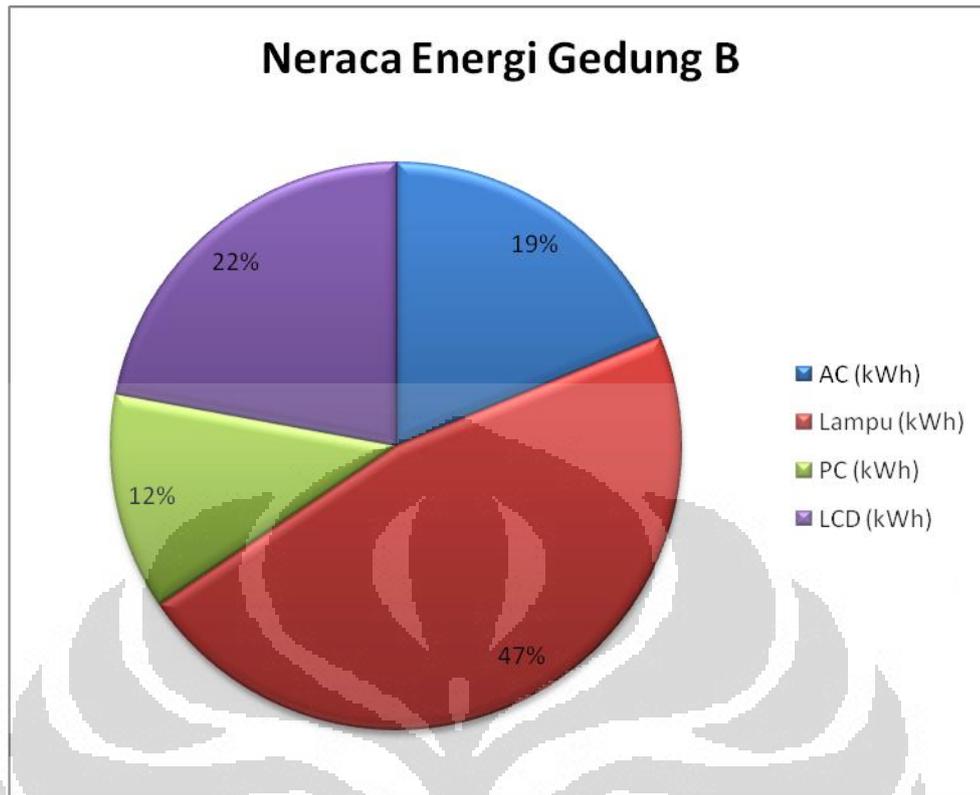
Besar kebutuhan energi listrik dalam sebulan pada Gedung A adalah sebesar 23031.26 kWh/bulan. Perhitungan kebutuhan energi listrik pada Gedung A dapat dilihat pada Lampiran 6. Berdasarkan hasil perhitungan dapat dibuat necara energi yang mewakili besar kebutuhan energi pada Gedung A seperti ditunjukkan dalam diagram pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Distribusi kebutuhan energi Gedung A

Neraca energi menunjukkan persentasi penggunaan energi yang terjadi di Gedung A. Pengguna energi terbesar berasal dari sistem penerangan di mana lampu penerangan menggunakan sebesar 44% energi listrik. Proyektor menggunakan sebesar 23% energi karena diasumsikan bahwa proyektor menyala pada setiap kegiatan perkuliahan. AC menggunakan daya sebesar 20% dari total konsumsi energi pada Gedung A dan komputer menggunakan 13% dari konsumsi energi.

Sama halnya dengan Gedung A, Gedung B juga memiliki kebutuhan energi listrik dari peralatan yang sama. Perbedaan dari kedua gedung hanya berada pada jumlah ruangan kelas yang digunakan untuk kegiatan perkuliahan. Besar kebutuhan energi listrik dalam sebulan pada Gedung B adalah sebesar 1495.23 kWh/bulan. Perhitungan kebutuhan energi listrik pada Gedung B dapat dilihat pada Lampiran 7. Neraca energi yang dihasilkan dari Gedung B juga memiliki pola yang sama dengan neraca energi Gedung A, dengan pengguna energi terbesar berasal dari sistem penerangan atau lampu sebesar 47% diikuti oleh proyektor sebesar 22% sedangkan konsumsi energi AC dan komputer masing-masing sebesar 19% dan 12% dari kebutuhan energi gedung.



Gambar 4.5. Distribusi kebutuhan energi Gedung B

4.2.2 Perhitungan Kebutuhan Pencahayaan Ruangan

Gedung A dan Gedung B FEUI menggunakan lampu *Flourescent* (TL) sebagai sumber pencahayaan buatan. Tingkat pencahayaan buatan memiliki standar tersendiri terhadap berbagai jenis ruangan. Untuk pencahayaan buatan, harus memenuhi [15]:

1. Tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan tidak boleh kurang dari tingkat pencahayaan pada Tabel 4.5.
2. Daya listrik maksimum per meter persegi tidak boleh melebihi nilai sebagaimana tercantum pada Tabel 4.6. kecuali:
 - pencahayaan untuk bioskop, siaran TV, presentasi audio visual dan semua fasilitas hiburan yang memerlukan pencahayaan sebagai elemen teknologi utama dalam pelaksanaan fungsinya.
 - pencahayaan khusus untuk bidang kedokteran.
 - fasilitas olahraga dalam ruangan (*indoor*).
 - pencahayaan yang diperlukan untuk pameran di galeri, museum, dan monument.

- pencahayaan luar untuk monument.
 - pencahayaan khusus untuk penelitian di Laboratorium.
 - pencahayaan darurat.
 - ruangan yang mempunyai tingkat keamanan dengan resiko tinggi yang dinyatakan oleh peraturan atau oleh petugas keamanan dianggap memerlukan pencahayaan tambahan.
 - ruangan kelas dengan rancangan khusus untuk orang yang mempunyai penglihatan kurang, atau untuk orang lanjut usia.
 - pencahayaan untuk lampu tanda arah dalam bangunan gedung.
 - jendela peraga pada toko/etalase.
 - kegiatan lain seperti argo industri (rumah kaca), fasilitas pemrosesan dan lain-lain.
3. Penggunaan energi yang sehemat mungkin dengan mengurangi daya terpasang, melalui:
- pemilihan lampu yang mempunyai efikasi lebih tinggi dan menghindari pemakaian lampu dengan efikasi rendah. Dianjurkan menggunakan lampu *fluorescent* dan lampu pelepasan gas lainnya.
 - pemilihan armatur yang mempunyai karakteristik distribusi pencahayaan sesuai dengan penggunaannya, mempunyai efisiensi yang tinggi dan tidak mengakibatkan silau atau refleksi yang mengganggu.
 - pemanfaatan cahaya alami siang hari.

Tabel 4.5. Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderansi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K~5300K	Daylight > 5300 K
Rumah tinggal :					
Teras	60	1 atau 2	♦	♦	
Ruang tamu	120 ~ 150	1 atau 2		♦	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	♦		
Ruang kerja	120 ~ 250	1		♦	♦
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	♦	♦	
Kamar mandi	250	1 atau 2		♦	♦
Dapur	250	1 atau 2	♦	♦	
Garasi	60	3 atau 4		♦	♦
Perkantoran :					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang kerja	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang komputer	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang rapat	300	1	♦	♦	
Ruang gambar	750	1 atau 2		♦	♦
Gudang arsip	150	1 atau 2		♦	♦
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		♦	♦
Lembaga Pendidikan :					
Ruang kelas	250	1 atau 2		♦	♦
Perpustakaan	300	1 atau 2		♦	♦
Laboratorium	500	1		♦	♦
Ruang gambar	750	1		♦	♦
Kantin	200	1	♦	♦	
Hotel dan Restoran :					
Lobi, koridor	100	1	♦	♦	
Ruang serba guna	200	1	♦	♦	
Ruang makan	250	1	♦	♦	
Kafetaria	200	1	♦	♦	
Kamar tidur	150	1 atau 2	♦		
Dapur	300	1	♦	♦	

sumber : SNI-03-6197-2000

Tabel 4.6. Daya Listrik Maksimum untuk Pencahayaan

Lokasi	Daya pencahayaan maksimum (W/m ²) (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar swalayan	20
Hotel :	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah Sakit	
Ruang pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restauran	25
Lobi	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20
Pintu masuk dengan kanopi :	
Lalu lintas sibuk seperti hotel, bandara, teater	30
Lalu lintas sedang seperti rumah sakit, kantor dan sekolah	15
Jalan dan lapangan :	
Tempat penimbunan atau tempat kerja	2,0
Tempat untuk santai seperti taman, tempat rekreasi, dan tempat piknik	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan kaki	1,5
Tempat parkir	2,0

sumber : SNI-03-6197-2000

Untuk perhitungan kebutuhan penerangan pada ruangan, dapat digunakan asumsi sebagai berikut [16]:

1. Nilai koefisien penggunaan (k_p) ditetapkan sebesar 0.84 sesuai dengan nilai koefisien penggunaan untuk lampu *fluorescent* ruang kantor.
2. Koefisien depresi (k_d) ditetapkan sebesar 0.8 sesuai dengan standar SNI-03-6574-2001 untuk pencahayaan buatan.

Perhitungan kebutuhan penerangan ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$F_{total} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} \quad (4.1)$$

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_l \times n} \quad (4.2)$$

di mana:

F_{total} = fluks luminous total

E = tingkat pencahayaan yang direkomendasikan

A = luas bidang kerja

k_p = koefisien pengguna

k_d = koefisien depresiasi

N_{total} = jumlah armatur

F_1 = fluks luminous satu buah lampu

n = jumlah lampu dalam satu armatur

Sebagai contoh perhitungan, ruang kelas dengan luas ruangan 64 m^2 dengan $E=250 \text{ lux}$ dan $2 \times 36 \text{ W}$ lampu *fluorescent* dengan nilai fluks luminous 3250 lumen tiap satuannya. Maka banyaknya lampu yang dibutuhkan seharusnya adalah:

$$F_{total} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} = \frac{250 \times 64}{0.84 \times 0.8} = 23809.524 \text{ lumens}$$

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n} = \frac{23809.524}{3250 \times 2} = 3.6 \approx 4 \text{ buah}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ruangan kelas membutuhkan 4 buah $2 \times 36 \text{ W}$ lampu TL. Dengan mengacu kepada perhitungan kebutuhan pencahayaan, dapat ditentukan banyaknya lampu yang dibutuhkan sebenarnya dengan membandingkan hasil perhitungan dengan lampu yang sudah terpasang pada tiap ruangan kelas. Hasil perhitungan ditunjukkan oleh Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil perhitungan kebutuhan penerangan berdasarkan luas ruangan

Luas Ruangan (m ²)	Banyak lampu seharusnya 2x36W	Lampu Terpasang (unit)
52	3	12
55	3	12
56.25	3	12
61	3	12
64	4	12
80	5	12
85	5	12
128	7	24

Berdasarkan hasil perhitungan penggunaan lampu pada ruangan kelas Gedung A dan Gedung B terdapat kelebihan lampu sebesar 90 unit lampu TL 2x36 W. Lampu yang terpasang tidak sesuai dengan jumlah kebutuhan seharusnya yang digunakan. dengan demikian terdapat pemborosan penggunaan penerangan yang tidak sesuai dengan kebutuhan.

4.2.3 Perhitungan Kebutuhan Sistem Pengkondisian Ruangan

Penggunaan penyejuk udara atau AC sudah merupakan kebutuhan tidak hanya bagi sebagian masyarakat, penggunaan AC pada setiap ruang kelas pada Gedung A dan Gedung B tidak terkecuali. Akan tetapi banyak konsumen yang membeli AC dengan kapasitas tidak sesuai dengan kebutuhannya, sehingga tidak efisien dan boros energi. Untuk menentukan kapasitas AC dapat digunakan persamaan berikut [14]:

$$PK = \frac{p \times l \times t}{3} \times 0.07 \quad (4.3)$$

di mana:

PK = besar kapasitas AC [PK]

p = panjang ruangan [m]

l = lebar ruangan [m]

t = tinggi ruangan [m]

Sebagai contoh, ruangan kelas dengan panjang 8 meter, lebar 8 meter, dan tinggi 3.2 meter, maka kapasitas AC yang seharusnya digunakan adalah:

$$PK = \frac{p \times l \times t}{3} \times 0.07 = \frac{8 \times 8 \times 3.2}{3} \times 0.07 = 4.77 \approx 4PK$$

Hasil perhitungan kebutuhan kapasitas AC pada Gedung A dan Gedung B menunjukkan bahwa 46 ruangan kelas memiliki kapasitas AC sesuai dengan kebutuhannya walaupun masih terdapat beberapa ruangan kelas yang memiliki kapasitas AC yang masih kurang dari kebutuhannya. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan akan sistem penyejuk udara pada Gedung A dan Gedung B sudah baik dimana sebesar 82% dari jumlah AC yang terpasang sudah memenuhi kebutuhan. Untuk perhitungan kapasitas AC dapat dilihat pada Lampiran 8.

Komponen beban pendingin yang memberikan kontribusi terbesar atau cukup besar terhadap beban pendinginan perlu dicermati agar dapat dicari peluang

penghematan energinya. Namun ini tidak berarti bahwa komponen beban lainnya dapat diabaikan, karena upaya penghematan energi perlu dicari pada semua komponen beban. Komponen-komponen tersebut antara lain [7]:

1. Bahan Bangunan

- a) Identifikasi bahan bangunan akan menentukan nilai transmitansi termal yang menjadi salah satu variabel dalam perhitungan beban pendinginan. Kesalahan dalam menentukan nilai transmitansi termal akan secara proporsional menimbulkan kesalahan dalam perhitungan beban pendinginan.
- b) Oleh karena itu identifikasi bahan bangunan serta memperkirakan nilai transmitansi termal harus dilakukan dengan cermat dan hati-hati. Nilai transmitansi termal yang dicantumkan dalam berbagai standar luar negeri tidak selalu sesuai dengan bahan yang digunakan pada bangunan gedung di Indonesia, kecuali kalau bahan tersebut bahan diimpor.

2. Beban listrik

- a) Pada gedung komersial seperti perkantoran, beban pendinginan yang ditimbulkan oleh lampu untuk pencahayaan dan peralatan listrik dalam ruangan merupakan komponen beban tunggal yang sangat berarti (dapat berkisar antara 15 % sampai 20 %).
- b) Oleh karena itu perkiraan beban pendinginan yang terinci dari komponen ini harus dibuat berdasarkan perencanaan sistem listrik untuk setiap ruangan, tidak boleh digunakan nilai daya listrik per satuan luas lantai rata-rata dari seluruh gedung.
- c) Ketentuan terinci untuk sistem pencahayaan dalam gedung yang dinilai hemat energi diatur dalam SNI 03-6197-2000, Konservasi energi sistem pencahayaan pada bangunan gedung.

3. Beban penghuni

- a) Besarnya beban penghuni, walaupun bukan yang terbesar dibandingkan dengan beban listrik, perlu dicermati polanya karena merupakan salah satu peluang penghematan energi. Pada gedung kantor misalnya, biasanya berkisar antara 10 % sampai 15 %.
- b) Pola gerakan penghuni dapat berpengaruh pada beban maksimum ruangan, sehingga mempengaruhi besarnya kapasitas mesin pendingin. Oleh karena itu

penentuan beban penghuni harus dilakukan pula dengan hati-hati dan kalau perlu memperhatikan pola gerakan atau pola “kehadiran” penghuni (*occupancy*) di dalam ruangan.

4. Beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi

- a) Udara luar yang dimasukkan sebagai ventilasi menimbulkan beban pendingin sensible maupun laten yang cukup tinggi. Pada umumnya untuk gedung kantor dengan standar ventilasi yang benar, komponen beban ini akan mencapai 12 % sampai 18 % dari beban pendingin seluruhnya.
- b) Walaupun nilainya lebih kecil dari beban akibat sistem pencahayaan, namun komponen beban latennya menjadi signifikan karena beban laten terutama berasal dari penghuni dan udara luar saja.
- c) Oleh karena itu, dalam kondisi yang memungkinkan biasanya diusahakan untuk mencegah infiltrasi, dengan merencanakan ruangan bertekanan positif (lebih besar sedikit) dibandingkann tekanan udara luar.

5. Beban selubung bangunan

- a) Beban pendingin yang berasal dari luar melalui selubung bangunan, misalnya untuk gedung kantor satu lantai di Indonesia dapat mencapai nilai 40 % sampai 50 % dari beban pendingin seluruhnya pada waktu terjadi beban puncak.
- b) Agar gedung yang direncanakan dapat memenuhi persyaratan hemat energi, maka pada awal perencanaan perlu dihitung besarnya nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value = OTTV*) dan dibandingkan terhadap batas yang ditentukan dalam standar yang berlaku.
- c) Ketentuan ini dinyatakan dalam SNI 03-6389-2000, Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung.
- d) Apabila nilai yang diperoleh melampaui batas yang ditentukan bagi gedung hemat energi, maka perlu dilakukan perubahan perencanaan arsitektural agar diperoleh nilai yang memenuhi ketentuan untuk gedung hemat energi.

6. Beban lain-lain dan beban sistem

- a) Beban lain-lain dan beban sistem harus diusahakan dapat dihitung atau diperkirakan cukup teliti, misalnya dengan memeriksa kembali beban kalor masuk sepanjang saluran udara setelah laju aliran udara dapat dihitung.

b) Peralatan di dalam ruangan yang bertemperatur lebih rendah dari temperatur ruang, seperti *refrigerated cabinet*, akan menimbulkan “beban negatif” dalam ruang. Oleh karena itu beban semacam ini perlu dicermati karena dalam perhitungan akan dapat diperoleh beban ruang maksimum yang akan lebih dekat dengan keadaan nyata.

4.3 Analisis Pemborosan Energi

Pemborosan energi berarti penggunaan energi yang berlebihan dan tidak sesuai dengan keperluan. Potensi pemborosan energi pada suatu gedung dapat disebabkan karena kualitas peralatan dan kualitas listrik yang buruk, perilaku konsumsi yang boros, atau juga karena struktur atau desain gedung yang tidak hemat energi. Perhitungan pemborosan energi perlu dilakukan untuk mengetahui besar potensi pemborosan yang ada pada gedung, sehingga dapat dicari solusi untuk meminimalkan potensi pemborosan tersebut agar dapat menghemat energi. Pemborosan energi dapat dinyatakan dalam satuan daya, yaitu besarnya daya listrik yang terbuang, dan dapat dinyatakan juga dalam satuan biaya, yaitu besarnya biaya listrik yang dibayar.

Untuk mengetahui besar potensi pemborosan energi yang terjadi digunakan skema konsumsi energi. Besar penggunaan energi Gedung A sebesar 23031.26 kWh/bulan dan penggunaan energi Gedung B sebesar 1495.23 kWh/bulan sehingga penggunaan energi total dari kedua gedung perkuliahan adalah sebesar 24526.49 kWh/bulan yang telah dihitung pada pembahasan sebelumnya. Penggunaan energi pada Gedung A lebih besar dari Gedung B karena adanya perbedaan penggunaan ruang kelas dari kedua gedung sehingga akan mempengaruhi besar penggunaan energi gedung. Metode perhitungan pemborosan adalah dengan mengurangi besar energi total gedung yang terpakai dengan jumlah energi yang dikonsumsi dari skema konsumsi energi. Skema yang digunakan pada perhitungan pemborosan terdiri dari tiga skema.

4.3.1 Skema Pertama

Skema pertama yang digunakan pada perhitungan pemborosan yaitu dengan mengurangi penggunaan peralatan apabila sudah tidak dibutuhkan. Skema ini lebih membahas tentang perbaikan prosedur manajemen penghematan yang

ada. Sistem penghematan yang sudah diterapkan, yaitu dengan mematikan seluruh peralatan apabila tidak ada kegiatan perkuliahan, belum sepenuhnya optimal karena pada kenyataannya petugas kelas hanya mematikan peralatan ketika kelas sudah benar-benar tidak digunakan lagi.

Berdasarkan jadwal pemakaian ruangan kelas pada Tabel 4.2 dan 4.3. terdapat interval waktu antara perkuliahan yang akan diadakan dengan perkuliahan sebelumnya sebesar 30 menit. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, pada waktu sesi berakhirnya perkuliahan dan sesi pergantian kelas, peralatan listrik dalam ruangan tidak segera dimatikan dengan alasan akan ada kelas selanjutnya. Hal ini sudah menjadi salah satu potensi pemborosan energi dan termasuk dalam peluang penghematan energi.

Perhitungan konsumsi energi dalam skema pertama yaitu dengan menerapkan perilaku konsumsi sebagai berikut:

- mematikan seluruh lampu setelah kelas berakhir.
- mematikan AC setelah kelas berakhir.
- mematikan komputer dan proyektor setelah kelas berakhir atau mengubah mode kerja komputer menjadi *sleep mode* atau *stand-by mode*. Penggunaan *stand-by mode* mengurangi konsumsi energi hingga menjadi 1-6 Watt untuk komputer.

Berdasarkan perilaku tersebut, diperoleh hasil perhitungan konsumsi energi Gedung A untuk skema pertama yaitu sebesar 19953.74 kWh/bulan dan Gedung B sebesar 1292.79 kWh/bulan sehingga total konsumsi energi kedua gedung adalah sebesar 21246.53 kWh/bulan, perhitungan konsumsi energi terdapat pada Lampiran 9. Dengan demikian potensi pemborosan energi dengan menggunakan skema pertama yaitu:

- Pemborosan energi Gedung A = $23031.26 - 19953.74 = 3077.52 \text{ kWh/bulan}$
- Pemborosan energi Gedung B = $1495.23 - 1292.79 = 202.44 \text{ kWh/bulan}$
- Pemborosan energi total = $24526.49 - 21246.53 = 3279.96 \text{ kWh/bulan}$

Tabel 4.8 Perhitungan biaya pemborosan skema pertama

Gedung A			
Waktu	Total (kWh)	Tarif	Biaya (rupiah)
LWBP	3061.08	750	2295810
WBP	16.44005	1125	18495.06
Total			2314305
Gedung B			
Waktu	Total (kWh)	Tarif	Biaya (rupiah)
LWBP	202.44	750	151830
WBP	0	1125	0
Total			151830
Total			2466135

Perhitungan pemborosan energi dalam satuan rupiah dilakukan dengan mengalikan besar konsumsi energi dengan tarif rekening listrik sesuai dengan pembahasan pada sub-bab 2.2 di mana Universitas Indonesia termasuk ke dalam golongan P-2 Kantor Pemerintahan dan Penerangan Jalan Umum. Besar pemborosan energi dibagi menjadi waktu Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) mulai 22.00-17.00 dan Waktu Beban Puncak (WBP) mulai 17.00-22.00 berdasarkan waktu penggunaan energi gedung. Besar tagihan listrik merupakan penjumlahan dari waktu LWBP dan WBP. Gedung A digunakan mulai pukul 08.00 hingga 21.30 sehingga termasuk dalam LWBP dan WBP. Gedung B digunakan mulai pukul 08.00 hingga 16.30 sehingga hanya termasuk dalam LWBP. Besar pemborosan energi dalam rupiah untuk Gedung A adalah sebesar Rp.2.314.305 /bulan dan Gedung B sebesar Rp.151.830 /bulan. Dengan demikian diperoleh nilai pemborosan energi dalam satuan rupiah adalah sebesar Rp. 2.466.135 /bulan.

4.3.2 Skema Kedua

Perhitungan potensi pemborosan energi selanjutnya adalah dengan mengurangi penggunaan pencahayaan buatan. Berdasarkan neraca energi pada gedung A dan Gedung B, pencahayaan mengkonsumsi energi terbanyak dari peralatan lain yang ada pada tiap ruangan yaitu sebesar 40% dari konsumsi energi

gedung. Pada pembahasan sub-bab 4.2.2 tentang kebutuhan pencahayaan, sistem pencahayaan yang ada pada ruangan tidak sesuai dengan kebutuhan. Unit lampu yang terpasang melebihi kebutuhan unit lampu yang seharusnya. Oleh karena itu, perlu adanya perilaku khusus terhadap penggunaan pencahayaan agar dapat menghemat penggunaan energi. Skema kedua adalah dengan memanfaatkan pencahayaan alami untuk menggantikan lampu sebagai sumber pencahayaan.

Berdasarkan denah bangunan Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Gedung A dan Gedung B menghadap ke utara, sehingga memungkinkan cahaya matahari yang menuju bangunan gedung untuk dijadikan sumber penerangan.



Gambar 4.6. Denah bangunan FEUI

sumber: googlemaps.com

Perilaku konsumsi yang digunakan pada skema kedua yaitu dengan mematikan lampu ruangan pada pukul 11.00 hingga 14.00 yaitu pada periode penyinaran optimal matahari. Hasil perhitungan konsumsi energi dengan menggunakan skema kedua diperoleh nilai konsumsi energi untuk Gedung A sebesar 20802.14 kWh/bulan dan Gedung B sebesar 1210.11 kWh/bulan sehingga konsumsi energi kedua gedung adalah sebesar 22012.25 kWh/bulan dengan perhitungan terdapat pada Lampiran 10. Besar potensi pemborosan energi dari skema kedua yaitu:

- Pemborosan energi Gedung A = $23031.26 - 20802.14 = 2229.12 \text{ kWh/bulan}$

- Pemborosan energi Gedung B = $1495.23 - 1210.11 = 285.12 \text{ kWh/bulan}$
- Pemborosan energi = $24526.49 - 22012.25 = 2514.24 \text{ kWh/bulan}$

Pada skema kedua, tidak dilakukan perhitungan pada waktu WBP untuk Gedung A karena skema kedua dilakukan hanya pada waktu LWBP yaitu pukul 11.00-14.00. Pemborosan energi dalam satuan rupiah untuk Gedung A adalah sebesar Rp.1.671.840 /bulan dan Gedung B sebesar Rp.213.840 /bulan sehingga pemborosan energi dalam satuan rupiah untuk kedua gedung adalah sebesar Rp.1.885.680/bulan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan biaya pemborosan skema kedua

Gedung A			
Waktu	Total (kWh)	Tarif	Biaya (rupiah)
LWBP	2229.12	750	1671840
WBP	0	1125	0
Total			1671840
Gedung B			
Waktu	Total (kWh)	Tarif	Biaya (rupiah)
LWBP	285.12	750	213840
WBP	0	1125	0
Total			213840
Total			1885680

4.3.3 Skema Ketiga

Skema ketiga yang digunakan untuk menghitung potensi pemborosan energi adalah dengan membatasi penggunaan operasional lampu pada setiap ruang kelas sesuai dengan kebutuhan berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan penerangan pada sub-bab 4.2.2. Pada skema ketiga perhitungan dilakukan dengan mengganti jumlah lampu terpasang pada setiap ruang dengan jumlah lampu seharusnya dengan menggunakan nilai pada Tabel 4.7.

Hasil perhitungan konsumsi energi dengan menggunakan skema ketiga diperoleh nilai konsumsi energi untuk Gedung A 17336.52 kWh/bulan dan Gedung B sebesar 1213.74 sehingga konsumsi energi total kedua gedung sebesar 18550.26 kWh/bulan dengan perhitungan terdapat pada Lampiran 11. Besar potensi pemborosan energi dari skema kedua yaitu:

- Pemborosan energi Gedung A = $23031.26 - 17336.52 = 5694.74 \text{ kWh/bulan}$
- Pemborosan energi Gedung B = $1495.23 - 1213.74 = 281.49 \text{ kWh/bulan}$
- Pemborosan energi = $24526.49 - 18550.26 = 5976.23 \text{ kWh/bulan}$

Tabel 4.10 Perhitungan biaya pemborosan skema ketiga

Gedung A			
Waktu	Total (kWh)	Tarif	Biaya (rupiah)
LWBP	5052.608	750	3789456
WBP	642.1329	1125	722399.5
Total			4511855
Gedung B			
Waktu	Total (kWh)	Tarif	Biaya (rupiah)
LWBP	281.4884	750	211116.3
WBP	0	1125	0
Total			211116.3
Total			4722972

Pemborosan energi dalam satuan rupiah untuk Gedung A adalah sebesar Rp.4.511.855 /bulan dan gedung B sebesar Rp.211.116 /bulan sehingga besar pemborosan energi kedua gedung dalam rupiah adalah sebesar Rp.4.722.972/bulan.

Potensi pemborosan energi yang dihasilkan Gedung A dan Gedung B memiliki nilai terbesar dengan menggunakan skema ketiga sebesar 5976.23 kWh/bulan yaitu dengan menggunakan jumlah lampu menurut kebutuhan penerangannya. Sebagaimana telah dibahas sebelumnya bahwa pada kedua gedung kuliah tersebut, sistem penerangan mengkonsumsi energi paling besar yaitu 40% dari konsumsi total. Dengan menggunakan lampu sesuai dengan kebutuhannya ternyata dapat menghemat konsumsi listrik untuk penerangan secara signifikan.

Ketiga skema perilaku yang digunakan dapat juga dijadikan skema perilaku untuk penghematan energi. Dengan menerapkan perilaku pada skema pertama maka akan dapat menghemat sebesar 13.37% dari total konsumsi energi kedua gedung. Skema kedua memiliki nilai penghematan yang lebih rendah dari skema pertama yaitu dapat menghemat sebesar 10.25% dari total konsumsi.

Penerapan skema ketiga menghasilkan penggunaan energi paling rendah dari skema perilaku sebelumnya. Penerapan skema ketiga dapat menghemat 24.37% dari total konsumsi kedua gedung. Skema ketiga dapat diterapkan dengan mengurangi penggunaan penerangan buatan pada setiap ruang kelas menjadi sesuai dengan kebutuhan yang ditunjukkan pada Tabel 4.7. Walaupun skema ketiga dapat menghemat konsumsi energi paling besar, namun pada penerapannya skema pertama memiliki tingkat kemudahan yang lebih baik dari skema ketiga. Penerapan skema pertama yaitu dengan mengurangi penggunaan peralatan apabila sudah tidak digunakan lebih mudah diterapkan dan juga dapat menghemat penggunaan energi sebesar 13.37% dari total konsumsi kedua gedung.



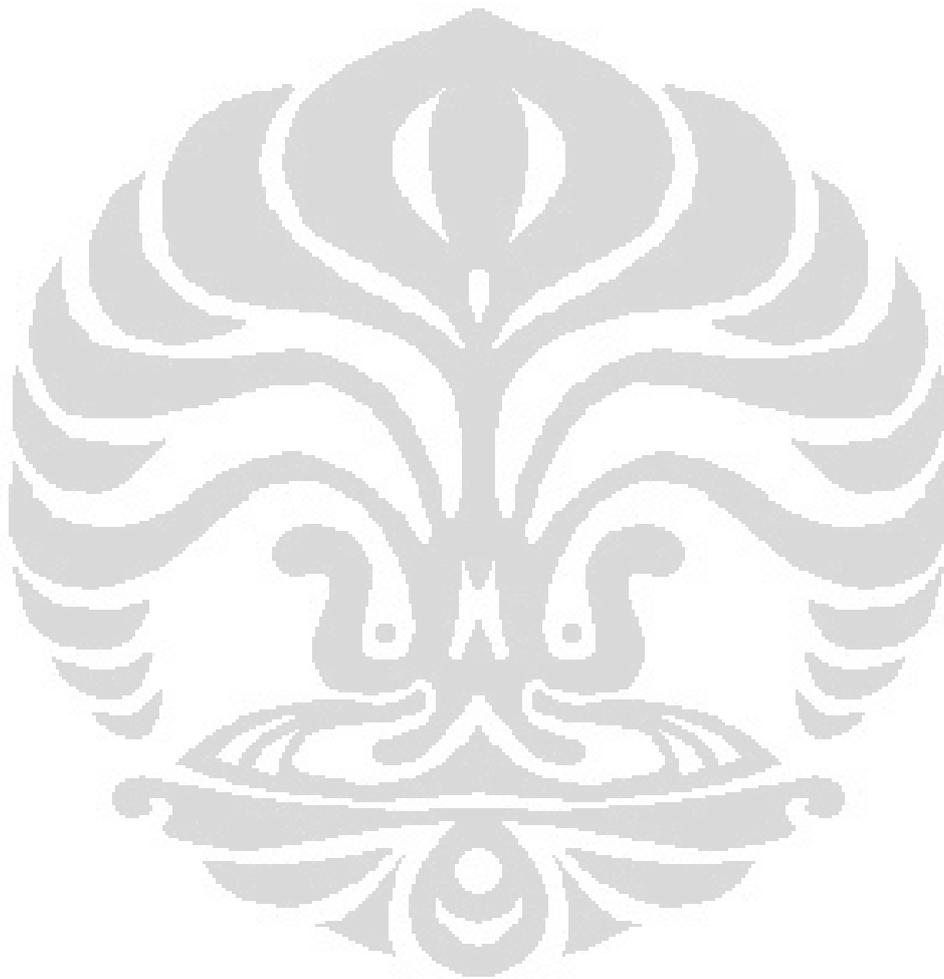
BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Fakultas Ekonomi memiliki potensi pemborosan energi yang berasal dari dua gedung perkuliahan, yaitu Gedung A dan Gedung B. Potensi pemborosan energi pada Gedung A lebih besar dari potensi pemborosan pada Gedung B, dikarenakan adanya perbedaan lama penggunaan peralatan dan jumlah kelas yang berbeda sehingga mengakibatkan jumlah beban antara kedua gedung juga berbeda.
2. Kebutuhan kapasitas AC untuk sistem tata udara gedung sudah memenuhi kebutuhan, untuk ruangan dengan luas 52 m², 55 m², 56.25 m², 61 m², dan 64 m² dibutuhkan AC sebesar 4 PK namun untuk ruangan dengan luas 80 m² dan 128 m² kapasitas AC yang digunakan masih kurang dari kebutuhan. Kebutuhan penerangan dari kedua gedung terdapat kelebihan sebanyak 99 unit lampu TL 2x36W.
3. Potensi pemborosan energi pada Gedung A sebesar 3077.52 kWh/bulan, Gedung B sebesar 202.44 kWh/bulan, dan total pemborosan kedua gedung dalam rupiah sebesar Rp. 2.466.135 /bulan dengan menggunakan skema pertama. Potensi pemborosan energi pada Gedung A sebesar 2229.12 kWh/bulan, Gedung B sebesar 285.12 kWh/bulan, dan total pemborosan kedua gedung dalam rupiah sebesar Rp. 1.885.680/bulan dengan menggunakan skema kedua. Potensi pemborosan energi pada Gedung A sebesar 5694.74 kWh/bulan, Gedung B sebesar 281.49 kWh/bulan, dan total pemborosan kedua gedung dalam rupiah sebesar Rp. 4.722.972/bulan dengan menggunakan skema ketiga.
4. Penerapan skema pertama sebagai perilaku penghematan dapat menghemat sebesar 13.37% dari total konsumsi, skema kedua dapat menghemat 10.25% dari total konsumsi, dan menerapkan skema ketiga dapat menghemat 24.37% dari total konsumsi kedua gedung.

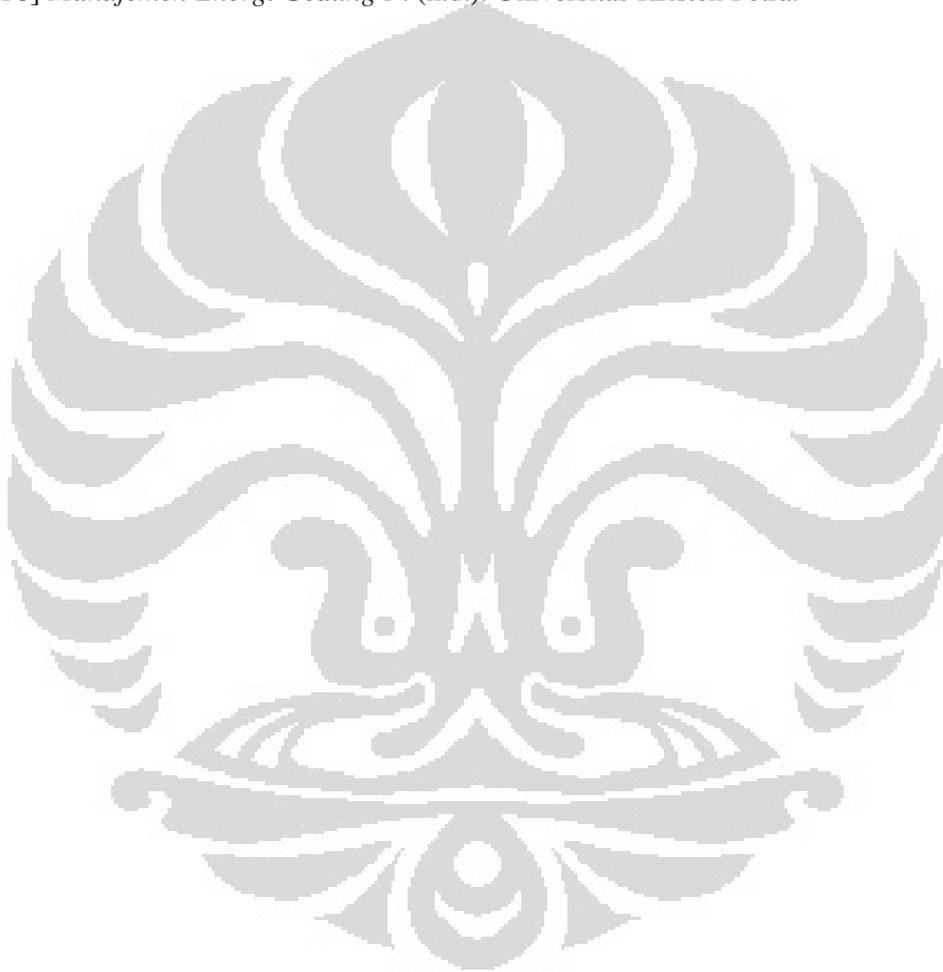
5. Penerapan skema pertama sebagai perilaku penghematan lebih mudah dilakukan daripada skema lainnya dan dapat menghemat konsumsi energi sebesar 13.37% dari total konsumsi energi kedua gedung.



DAFTAR REFERENSI

- [1] PT. PLN (Persero) *Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa Bali. Teori Dasar Listrik*. pp.37.
- [2] PT. PLN (Persero). *Golongan Tarif Listrik (TTL 2010)*.
<http://www.pln.co.id/>
- [3] Peraturan Presiden Republik Indonesia. Nomor 8 tahun 2011. *Tarif Tenaga Listrik yang disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (Persero)*.
- [4] Apriyahanda, Onny. (2011, June 22). *HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning)*.
<http://onnyapriyahanda.com/hvac-heating-ventilating-and-air-conditioning/>
- [5] *Diktat Mata Kuliah Utilisasi Tenaga Listrik*. Depok: Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- [6] Elyza, Rizka. dkk. (2005). *Buku Panduan Efisiensi Energi di Hotel*. Jakarta: Yayasan Pelangi.
- [7] Standard Nasional Indonesia. 03-6390-2000. *Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung*. Badan Standardisasi Indonesia.
- [8] Kementrian Ketenagaan. (2005). *Peralatan Energi Listrik: Pencahayaan*. India: Biro Efisiensi Energi.<http://energyefficiencyasia.org>
- [9] Chapman, Stephen J. (2002). *Electric Machinery and Power System Fundamental*. 1sted. Melbourne: McGraw-Hill
- [10] Suparman, Zuhail, & D, Renaldi. (2007, November 6). *Analisis Pengaruh Pola Beban pada Pengembangan Kelistrikan dengan Opsi Nuklir*. Prosiding Seminar Nasional ke-13 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir. Jakarta: Author.
- [11] *Data pemakaian energi listrik fakultas dan pembagian pembayaran rekening listrik bulan Januari 2012*. Rektorat Universitas Indonesia.
- [12] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. Nomor 31 tahun 2005. *Tata cara pelaksanaan penghematan energi*.

- [13] C1P1. (2010, May 29). *Berapa daya watt besar beban listrik yang dikeluarkan komputer?*
<http://c1p1.wordpress.com/2010/05/29/berapa-daya-watt-besar-beban-listrik-yang-dikeluarkan-oleh-sebuah-komputer/>
- [14] Garniwa, Iwa. *Tips Hemat Energi pada Tata Udara*. (n.d.).
- [15] Standard Nasional Indonesia. 03-6197-2000. *Konservasi energi pada sistem pencahayaan*. Badan Standardisasi Indonesia.
- [16] *Manajemen Energi Gedung P*. (n.d.). Universitas Kristen Petra.

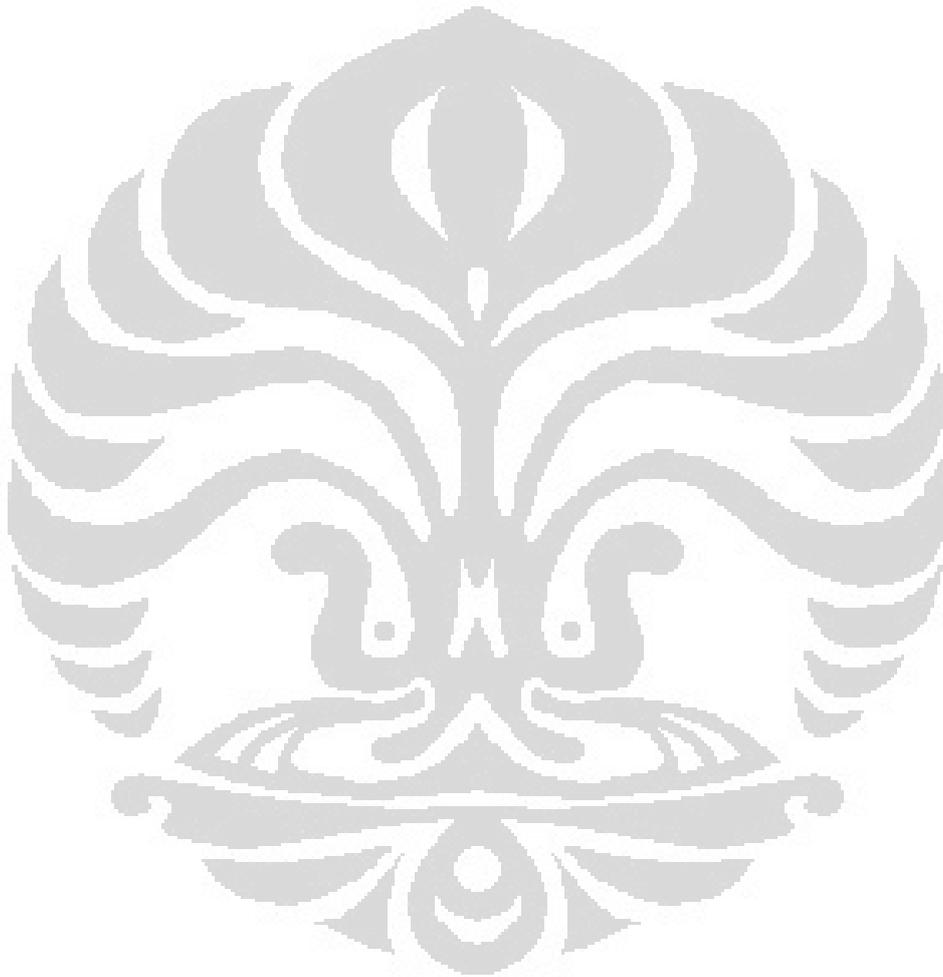


DAFTAR PUSTAKA

Chapman, Stephen J. (2002). *Electric Machinery and Power System Fundamental*.
1st ed. Melbourne: McGraw-Hill.

Diktat Mata Kuliah Utilisasi Tenaga Listrik. Depok: Departemen Teknik Elektro
Universitas Indonesia.

Hidayanto, Nur. (2012). *Seminar Analisis Indikator Efisiensi Energi Pada Sektor
Komersial*. Depok: Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia.



Lampiran 1

Data Penggunaan Energi Listrik di Gedung A FEUI

Lantai	Ruangan	AC		Lampu		Komputer		LCD Proyektor		Luas Ruangan (m ²)
		Jumlah Unit	Daya (PK)	Jumlah Unit	Daya (W)	Jumlah Unit	Daya (W)	Jumlah Unit	Daya (W)	
Lantai 1	A.1.01	2	2	24	36	1	140	1	250	128
	A.1.02	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.1.03	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.1.04	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.1.05	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.1.07	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.1.08	2	2	12	36	1	140	1	250	128
	A.1.09	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.1.10	2	2	24	36	1	140	1	250	128
	A.1.11	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.1.12	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.1.13	2	2	12	36	1	140	1	250	55
	A.2.04	2	2	12	36	1	140	1	250	80
Lantai 2	A.2.05	2	2	12	36	1	140	1	250	80
	A.2.06	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.2.07A	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.2.07B	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.2.08	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.2.10	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.2.11	2	2	24	36	1	140	1	250	128
	A.2.12	2	2	12	36	1	140	1	250	64

(lanjutan)

Data Penggunaan Energi Listrik di Gedung A FEUI

Lantai	Ruangan	AC		Lampu		Komputer		LCD Proyektor		Luas Ruangan (m ²)
		Jumlah Unit	Daya (PK)	Jumlah Unit	Daya (W)	Jumlah Unit	Daya (W)	Jumlah Unit	Daya (W)	
Lantai 3	A.3.02	2	2	12	36	1	140	1	250	61
	A.3.03A	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.03B	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.04	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.05	2	2	12	36	1	140	1	250	52
	A.3.06	2	2	12	36	1	140	1	250	85
	A.3.07	2	2	12	36	1	140	1	250	56.25
	A.3.08A	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.08B	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.19A	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.19B	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.20	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.24	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	A.3.25	2	2	12	36	1	140	1	250	64
A.3.26	2	2	24	36	1	140	1	250	128	
A.3.27	2	2	12	36	1	140	1	250	61	
A.3.29	2	2	12	36	1	140	1	250	80	

Lampiran 2

Data Penggunaan Energi Listrik di Gedung B FEUI

Lantai	Ruangan	AC		Lampu		Komputer		LCD Proyektor		Luas Ruangan (m ²)
		Jumlah Unit	Daya (PK)	Jumlah Unit	Daya (W)	Jumlah Unit	Daya (W)	Jumlah Unit	Daya (W)	
Lantai 1	B.1.102	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.1.103	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.1.104	2	2	24	36	1	140	1	250	128
	B.1.105	2	2	12	36	1	140	1	250	55
	B.1.106A	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.1.106B	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.1.107	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.1.108	2	2	12	36	1	140	1	250	64
Lantai 2	B.2.02	2	2	12	36	1	140	1	250	55
	B.2.08	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.2.09	2	2	12	36	1	140	1	250	55
	B.2.10B	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.2.10A	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.2.11	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.2.12	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.2.13	2	2	12	36	1	140	1	250	64
	B.2.15	2	2	12	36	1	140	1	250	64
B.2.17	2	2	24	36	1	140	1	250	114	

Lampiran 3

**DATA PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK FAKULTAS DAN PEMBAGIAN PEMBAYARAN REKENING LISTRIK
BULAN JANUARI 2012**

No	Nama Fakultas	Daya Nominal Terpasang (kW)	Daya Terpakai (kW)	Persentase Pemakaian Daya	Pembayaran Rekening UI	Keterangan
A	Langganan UI	3287	2238.94	68.11	Rp 1,825,134,000	Daya Nominal terpasang sesuai langganan UI ke
B	Gedung Pengguna					
1	REKTORAT	453.86	168.08	7.51	Rp 136,885,050	
2	FKM	318.34	124.96	5.58	Rp 101,842,477	
3	FIK	126.94	79.86	3.57	Rp 65,157,284	
4	FMIPA	706	218.9	9.78	Rp 178,315,592	
5	FASILKOM	399	202.4	9.04	Rp 164,992,114	
6	FIB	315	222.42	9.93	Rp 181,235,806	
7	FISIP	400	80.74	3.61	Rp 65,887,337	
8	FPSIKOLOGI	202	78.32	3.50	Rp 63,879,690	
9	FH	202	117.26	5.24	Rp 95,637,022	
10	FE	832	236.94	10.58	Rp 193,099,177	
11	FT	778	313.94	14.02	Rp 255,883,787	
12	PUSGIWA & CDC	127	7.48	0.33	Rp 6,022,942	
13	ILRC	127	22.44	1.00	Rp 18,251,340	
14	PERPUSTAKAAN	1152	278.96	12.46	Rp 227,594,210	
15	BALAIRUNG	127	9.9	0.44	Rp 8,213,103	
16	VOKASI	318	76.34	3.41	Rp 62,237,069	
		6584	2238.94	34.01	Persentase berdasarkan daya nominal trafo terpasang	Daya Nominal terpasang sesuai Trafo terpasang

(lanjutan)

Jadwal Pemakaian Kelas Gedung B Semester Genap

Nama Ruang		B.1.02	B.1.03	B.1.04	B.1.05	B.1.06A	B.1.06B	B.1.07	B.1.08	B.2.02	B.2.08	B.2.09	B.2.10B	B.2.10A	B.2.11	B.2.12	B.2.13	B.2.15	B.2.17
Senin	08.00-10.30																		
	10.30-11.00																		
	11.00-13.30	2.5	2.5	2.5	2.5														
	13.30-14.00	0.5	0.5	0.5	0.5														
	14.00-16.30	2.5	2.5	2.5															
	16.30-17.00	0.5	0.5	0.5															
Selasa	08.00-10.30		2.5																
	10.30-11.00		0.5																
	11.00-13.30																		
	13.30-14.00																		
	14.00-16.30																		
	16.30-17.00																		
Rabu	08.00-10.30																		
	10.30-11.00																		
	11.00-13.30	2.5	2.5	2.5	2.5														
	13.30-14.00	0.5	0.5	0.5	0.5														
	14.00-16.30		2.5																
	16.30-17.00		0.5																
Kamis	08.00-10.30																		
	10.30-11.00																		
	11.00-13.30																		
	13.30-14.00																		
	14.00-16.30																		
	16.30-17.00																		
Jumat	08.00-10.30	2.5	2.5	2.5	2.5														
	10.30-11.00	0.5	0.5	0.5	0.5														
	11.00-13.30		2.5																
	13.30-14.00		0.5																
	14.00-16.30	2.5	2.5	2.5	2.5														
	16.30-17.00	0.5	0.5	0.5	0.5														

Lampiran 5

Data Suhu Ruangan di Gedung A FEUI

Ruangan	Suhu (C)	Penuruna	% hemat	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Total (bulan)
A.1.01	26	2	0.1	9.5175	3.1725	9.5175	9.5175	3.1725	139.59
A.1.02	26.5	2.5	0.125	6.16875	3.084375	9.253125	6.16875	3.084375	111.0375
A.1.03	26.6	2.6	0.13	9.20025	6.1335	9.20025	9.20025	6.1335	159.471
A.1.04	25.3	1.3	0.065	9.887625	9.887625	6.59175	9.887625	3.295875	158.202
A.1.05	26	2	0.1	9.5175	9.5175	9.5175	9.5175	6.345	177.66
A.1.07	25.3	1.3	0.065	9.887625	9.887625	9.887625	6.59175	0	145.0185
A.1.08	26.5	2.5	0.125	9.253125	9.253125	6.16875	6.16875	3.084375	135.7125
A.1.09	25	1	0.05	10.04625	10.04625	6.6975	10.04625	6.6975	174.135
A.1.10	26.5	2.5	0.125	6.16875	6.16875	6.16875	9.253125	3.084375	123.375
A.1.11	24	0	0	10.575	7.05	10.575	10.575	7.05	183.3
A.1.12	21	-3	-0.15	4.05375	12.16125	4.05375	12.16125	4.05375	145.935
A.1.13	26	2	0.1	6.345	3.1725	3.1725	3.1725	3.1725	76.14
A.2.04	25	1	0.05	6.6975	6.6975	6.6975	10.04625	0	120.555
A.2.05	24.25	0.25	0.0125	6.961875	10.44281	6.961875	10.44281	3.480938	153.16125
A.2.06	26	2	0.1	6.345	9.5175	6.345	6.345	6.345	139.59
A.2.07A	25	1	0.05	10.04625	10.04625	6.6975	10.04625	6.6975	174.135
A.2.07B	26.3	2.3	0.115	6.23925	9.358875	3.119625	9.358875	3.119625	124.785
A.2.08	25	1	0.05	10.04625	10.04625	3.34875	6.6975	3.34875	133.95
A.2.10	25	1	0.05	10.04625	6.6975	6.6975	10.04625	3.34875	147.345
A.2.11	27	3	0.15	5.9925	8.98875	2.99625	2.99625	5.9925	107.865
A.2.12	26	2	0.1	9.5175	6.345	3.1725	3.1725	0	88.83
A.3.02	26	2	0.1	6.345	3.1725	0	6.345	3.1725	76.14
A.3.03A	26	2	0.1	3.1725	9.5175	6.345	9.5175	6.345	139.59
A.3.03B	26	2	0.1	0	6.345	6.345	3.1725	0	63.45
A.3.04	25	1	0.05	3.34875	10.04625	0	6.6975	0	80.37
A.3.05	25	1	0.05	3.34875	3.34875	0	3.34875	0	40.185
A.3.06	26	2	0.1	0	6.345	3.1725	6.345	0	63.45
A.3.07	25	1	0.05	0	6.6975	0	3.34875	0	40.185
A.3.08A	25	1	0.05	3.34875	6.6975	0	6.6975	3.34875	80.37
A.3.08B	26	2	0.1	0	3.1725	0	0	0	12.69
A.3.19A	25	1	0.05	0	0	6.6975	6.6975	0	53.58
A.3.19B	26	2	0.1	3.1725	0	6.345	0	3.1725	50.76
A.3.20	26	2	0.1	0	3.1725	0	0	0	12.69
A.3.24	25	1	0.05	0	3.34875	3.34875	3.34875	0	40.185
A.3.25	25	1	0.05	0	3.34875	3.34875	0	0	26.79
A.3.26	27	3	0.15	0	0	0	0	0	0
A.3.27	26	2	0.1	0	6.345	3.1725	0	0	38.07
A.3.29	25	1	0.05	3.34875	0	3.34875	3.34875	3.34875	53.58

Lampiran 6

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung A saat LWBP

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	A.1.01	139.59	570.24	92.4	165	967.23
	A.1.02	111.0375	233.28	75.6	135	554.9175
	A.1.03	159.471	336.96	109.2	195	800.631
	A.1.04	158.202	311.04	100.8	180	750.042
	A.1.05	177.66	362.88	117.6	210	868.14
	A.1.07	145.0185	285.12	92.4	165	687.5385
	A.1.08	135.7125	285.12	92.4	165	678.2325
	A.1.09	174.135	336.96	109.2	195	815.295
	A.1.10	123.375	518.4	84	150	875.775
	A.1.11	183.3	336.96	109.2	195	824.46
	A.1.12	145.935	233.28	75.6	135	589.815
	A.1.13	76.14	155.52	50.4	90	372.06
	Lantai 2	A.2.04	120.555	233.28	75.6	135
A.2.05		153.1613	285.12	92.4	165	695.68125
A.2.06		139.59	285.12	92.4	165	682.11
A.2.07A		174.135	336.96	109.2	195	815.295
A.2.07B		124.785	259.2	84	150	617.985
A.2.08		133.95	259.2	84	150	627.15
A.2.10		147.345	285.12	92.4	165	689.865
A.2.11		107.865	466.56	75.6	135	785.025
A.2.12	88.83	181.44	58.8	105	434.07	
Lantai 3	A.3.02	76.14	155.52	50.4	90	372.06
	A.3.03A	139.59	285.12	92.4	165	682.11
	A.3.03B	63.45	129.6	42	75	310.05
	A.3.04	80.37	155.52	50.4	90	376.29
	A.3.05	40.185	77.76	25.2	45	188.145
	A.3.06	63.45	129.6	42	75	310.05
	A.3.07	40.185	77.76	25.2	45	188.145
	A.3.08A	80.37	155.52	50.4	90	376.29
	A.3.08B	12.69	25.92	8.4	15	62.01
	A.3.19A	53.58	103.68	33.6	60	250.86
	A.3.19B	50.76	103.68	33.6	60	248.04
	A.3.20	12.69	25.92	8.4	15	62.01
	A.3.24	40.185	77.76	25.2	45	188.145
	A.3.25	26.79	51.84	16.8	30	125.43
A.3.26	0	0	0	0	0	
A.3.27	38.07	77.76	25.2	45	186.03	
A.3.29	53.58	103.68	33.6	60	250.86	
Total		3791.878	8294.4	2436	4350	18872.278

(lanjutan)

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung A saat WBP

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	A.1.01	52.875	216	35	62.5	366.375
	A.1.02	51.40625	108	35	62.5	256.90625
	A.1.03	51.1125	108	35	62.5	256.6125
	A.1.04	54.93125	108	35	62.5	260.43125
	A.1.05	52.875	108	35	62.5	258.375
	A.1.07	54.93125	108	35	62.5	260.43125
	A.1.08	51.40625	108	35	62.5	256.90625
	A.1.09	55.8125	108	35	62.5	261.3125
	A.1.10	51.40625	216	35	62.5	364.90625
	A.1.11	47	86.4	28	50	211.4
	A.1.12	54.05	86.4	28	50	218.45
	A.1.13	31.725	64.8	21	37.5	155.025
	Lantai 2	A.2.04	46.8825	90.72	29.4	52.5
A.2.05		37.13	69.12	22.4	40	168.65
A.2.06		42.3	86.4	28	50	206.7
A.2.07A		33.4875	64.8	21	37.5	156.7875
A.2.07B		20.7975	43.2	14	25	102.9975
A.2.08		22.325	43.2	14	25	104.525
A.2.10		0	0	0	0	0
A.2.11		9.9875	43.2	7	12.5	72.6875
A.2.12		0	0	0	0	0
Lantai 3	A.3.02	0	0	0	0	0
	A.3.03A	0	0	0	0	0
	A.3.03B	0	0	0	0	0
	A.3.04	0	0	0	0	0
	A.3.05	0	0	0	0	0
	A.3.06	0	0	0	0	0
	A.3.07	0	0	0	0	0
	A.3.08A	0	0	0	0	0
	A.3.08B	0	0	0	0	0
	A.3.19A	0	0	0	0	0
	A.3.19B	0	0	0	0	0
	A.3.20	0	0	0	0	0
	A.3.24	0	0	0	0	0
	A.3.25	0	0	0	0	0
A.3.26	0	0	0	0	0	
A.3.27	0	0	0	0	0	
A.3.29	0	0	0	0	0	
Total		822.4413	1866.24	527.8	942.5	4158.9813

Lampiran 7

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung B

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	B.1.02	76.14	129.6	42	75	322.74
	B.1.03	93.765	207.36	67.2	120	488.325
	B.1.04	59.925	259.2	42	75	436.125
	B.1.05	50.76	103.68	33.6	60	248.04
	B.1.06A	0	0	0	0	0
	B.1.06B	0	0	0	0	0
	B.1.07	0	0	0	0	0
	B.1.08	0	0	0	0	0
Total		280.59	699.84	184.8	330	1495.23

Lampiran 8

Perhitungan Kapasitas AC Gedung A

Ruangan	Luas (m2)	Tinggi (m)	Volume (m3)	Kebutuhan AC
A.1.01	128	3	384	9
A.1.02	64	3	192	4
A.1.03	64	3	192	4
A.1.04	64	3	192	4
A.1.05	64	3	192	4
A.1.07	64	3	192	4
A.1.08	128	3	384	9
A.1.09	64	3	192	4
A.1.10	128	3	384	9
A.1.11	64	3	192	4
A.1.12	64	3	192	4
A.1.13	55	3	165	4
A.2.04	80	2.6	208	5
A.2.05	80	2.6	208	5
A.2.06	64	2.6	166.4	4
A.2.07A	64	2.6	166.4	4
A.2.07B	64	2.6	166.4	4
A.2.08	64	2.6	166.4	4
A.2.10	64	2.6	166.4	4
A.2.11	128	2.6	332.8	8
A.2.12	64	2.6	166.4	4
A.3.02	61	2.6	158.6	4
A.3.03A	64	2.6	166.4	4
A.3.03B	64	2.6	166.4	4
A.3.04	64	2.6	166.4	4
A.3.05	52	2.6	135.2	3
A.3.06	85	2.6	221	5
A.3.07	56.25	2.6	146.25	3
A.3.08A	64	2.6	166.4	4
A.3.08B	64	2.6	166.4	4
A.3.19A	64	2.6	166.4	4
A.3.19B	64	2.6	166.4	4
A.3.20	64	2.6	166.4	4
A.3.24	64	2.6	166.4	4
A.3.25	64	2.6	166.4	4
A.3.26	128	2.6	332.8	8
A.3.27	61	2.6	158.6	4
A.3.29	80	2.6	208	5

(lanjutan)

Perhitungan Kapasitas AC Gedung B

Ruangan	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Kebutuhan AC
B.1.02	64	3	192	4
B.1.03	64	3	192	4
B.1.04	128	3	384	9
B.1.05	55	3	165	4
B.1.06A	64	3	192	4
B.1.06B	64	3	192	4
B.1.07	64	3	192	4
B.1.08	64	3	192	4
B.2.02	55	2.8	154	4
B.2.08	64	2.8	179.2	4
B.2.09	55	2.8	154	4
B.2.10B	64	2.8	179.2	4
B.2.10A	64	2.8	179.2	4
B.2.11	64	2.8	179.2	4
B.2.12	64	2.8	179.2	4
B.2.13	64	2.8	179.2	4
B.2.15	64	2.8	179.2	4
B.2.17	114	2.8	319.2	7

Lampiran 9

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung A skema pertama saat LWBP

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	A.1.01	139.59	432	70	125	766.59
	A.1.02	111.0375	194.4	63	112.5	480.9375
	A.1.03	159.471	259.2	84	150	652.671
	A.1.04	158.202	237.6	77	137.5	610.302
	A.1.05	177.66	280.8	91	162.5	711.96
	A.1.07	145.0185	216	70	125	556.0185
	A.1.08	135.7125	216	70	125	546.7125
	A.1.09	174.135	259.2	84	150	667.335
	A.1.10	123.375	432	70	125	750.375
	A.1.11	183.3	263.52	85.4	152.5	684.72
	A.1.12	145.935	194.4	63	112.5	515.835
	A.1.13	76.14	108	35	62.5	281.64
	Lantai 2	A.2.04	120.555	194.4	63	112.5
A.2.05		153.1613	237.6	77	137.5	605.26125
A.2.06		139.59	237.6	77	137.5	591.69
A.2.07A		174.135	259.2	84	150	667.335
A.2.07B		124.785	216	70	125	535.785
A.2.08		133.95	194.4	63	112.5	503.85
A.2.10		147.345	216	70	125	558.345
A.2.11		107.865	388.8	63	112.5	672.165
A.2.12	88.83	129.6	42	75	335.43	
Lantai 3	A.3.02	76.14	129.6	42	75	322.74
	A.3.03A	139.59	237.6	77	137.5	591.69
	A.3.03B	63.45	108	35	62.5	268.95
	A.3.04	80.37	129.6	42	75	326.97
	A.3.05	40.185	64.8	21	37.5	163.485
	A.3.06	63.45	108	35	62.5	268.95
	A.3.07	40.185	64.8	21	37.5	163.485
	A.3.08A	80.37	129.6	42	75	326.97
	A.3.08B	12.69	21.6	7	12.5	53.79
	A.3.19A	53.58	86.4	28	50	217.98
	A.3.19B	50.76	86.4	28	50	215.16
	A.3.20	12.69	21.6	7	12.5	53.79
	A.3.24	40.185	64.8	21	37.5	163.485
A.3.25	26.79	43.2	14	25	108.99	
A.3.26	0	0	0	0	0	
A.3.27	38.07	64.8	21	37.5	161.37	
A.3.29	53.58	86.4	28	50	217.98	
Total		3791.878	6613.92	1940.4	3465	15811.198

(lanjutan)

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung A skema pertama saat WBP

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	A.1.01	52.875	216	35	62.5	366.375
	A.1.02	51.40625	108	35	62.5	256.90625
	A.1.03	51.1125	108	35	62.5	256.6125
	A.1.04	54.93125	108	35	62.5	260.43125
	A.1.05	52.875	108	35	62.5	258.375
	A.1.07	54.93125	108	35	62.5	260.43125
	A.1.08	51.40625	108	35	62.5	256.90625
	A.1.09	55.8125	108	35	62.5	261.3125
	A.1.10	51.40625	216	35	62.5	364.90625
	A.1.11	47	86.4	28	50	211.4
	A.1.12	54.05	86.4	28	50	218.45
	A.1.13	31.725	64.8	21	37.5	155.025
	Lantai 2	A.2.04	46.8825	86.4	28	50
A.2.05		37.13	64.8	21	37.5	160.43
A.2.06		42.3	86.4	28	50	206.7
A.2.07A		33.4875	64.8	21	37.5	156.7875
A.2.07B		20.7975	43.2	14	25	102.9975
A.2.08		22.325	43.2	14	25	104.525
A.2.10		0	0	0	0	0
A.2.11		9.9875	43.2	7	12.5	72.6875
A.2.12		0	0	0	0	0
Lantai 3	A.3.02	0	0	0	0	0
	A.3.03A	0	0	0	0	0
	A.3.03B	0	0	0	0	0
	A.3.04	0	0	0	0	0
	A.3.05	0	0	0	0	0
	A.3.06	0	0	0	0	0
	A.3.07	0	0	0	0	0
	A.3.08A	0	0	0	0	0
	A.3.08B	0	0	0	0	0
	A.3.19A	0	0	0	0	0
	A.3.19B	0	0	0	0	0
	A.3.20	0	0	0	0	0
	A.3.24	0	0	0	0	0
	A.3.25	0	0	0	0	0
	A.3.26	0	0	0	0	0
A.3.27	0	0	0	0	0	
A.3.29	0	0	0	0	0	
Total		822.4413	1857.6	525	937.5	4142.5413

(lanjutan)

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung B skema pertama

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	B.1.02	76.14	108	35	62.5	281.64
	B.1.03	93.765	172.8	56	100	422.565
	B.1.04	59.925	216	35	62.5	373.425
	B.1.05	50.76	86.4	28	50	215.16
	B.1.06A	0	0	0	0	0
	B.1.06B	0	0	0	0	0
	B.1.07	0	0	0	0	0
	B.1.08	0	0	0	0	0
Lantai 2	B.2.02	0	0	0	0	0
	B.2.08	0	0	0	0	0
	B.2.09	0	0	0	0	0
	B.2.10B	0	0	0	0	0
	B.2.10A	0	0	0	0	0
	B.2.11	0	0	0	0	0
	B.2.12	0	0	0	0	0
	B.2.13	0	0	0	0	0
	B.2.15	0	0	0	0	0
B.2.17	0	0	0	0	0	
Total		280.59	583.2	154	275	1292.79

Lampiran 10

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung A skema kedua saat LWBP

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	A.1.01	139.59	414.72	92.4	165	811.71
	A.1.02	111.0375	181.44	75.6	135	503.0775
	A.1.03	159.471	259.2	109.2	195	722.871
	A.1.04	158.202	233.28	100.8	180	672.282
	A.1.05	177.66	259.2	117.6	210	764.46
	A.1.07	145.0185	181.44	92.4	165	583.8585
	A.1.08	135.7125	207.36	92.4	165	600.4725
	A.1.09	174.135	233.28	109.2	195	711.615
	A.1.10	123.375	414.72	84	150	772.095
	A.1.11	183.3	233.28	109.2	195	720.78
	A.1.12	145.935	181.44	75.6	135	537.975
	A.1.13	76.14	103.68	50.4	90	320.22
	Lantai 2	A.2.04	120.555	181.44	75.6	135
A.2.05		153.1613	233.28	92.4	165	643.84125
A.2.06		139.59	207.36	92.4	165	604.35
A.2.07A		174.135	259.2	109.2	195	737.535
A.2.07B		124.785	207.36	84	150	566.145
A.2.08		133.95	207.36	84	150	575.31
A.2.10		147.345	207.36	92.4	165	612.105
A.2.11		107.865	362.88	75.6	135	681.345
A.2.12	88.83	103.68	58.8	105	356.31	
Lantai 3	A.3.02	76.14	77.76	50.4	90	294.3
	A.3.03A	139.59	181.44	92.4	165	578.43
	A.3.03B	63.45	103.68	42	75	284.13
	A.3.04	80.37	103.68	50.4	90	324.45
	A.3.05	40.185	77.76	25.2	45	188.145
	A.3.06	63.45	77.76	42	75	258.21
	A.3.07	40.185	51.84	25.2	45	162.225
	A.3.08A	80.37	77.76	50.4	90	298.53
	A.3.08B	12.69	25.92	8.4	15	62.01
	A.3.19A	53.58	77.76	33.6	60	224.94
	A.3.19B	50.76	77.76	33.6	60	222.12
	A.3.20	12.69	25.92	8.4	15	62.01
	A.3.24	40.185	51.84	25.2	45	162.225
A.3.25	26.79	51.84	16.8	30	125.43	
A.3.26	0	0	0	0	0	
A.3.27	38.07	77.76	25.2	45	186.03	
A.3.29	53.58	51.84	33.6	60	199.02	
Total		3791.878	6065.28	2436	4350	16643.158

(lanjutan)

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung A skema kedua saat WBP

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	A.1.01	52.875	216	35	62.5	366.375
	A.1.02	51.40625	108	35	62.5	256.90625
	A.1.03	51.1125	108	35	62.5	256.6125
	A.1.04	54.93125	108	35	62.5	260.43125
	A.1.05	52.875	108	35	62.5	258.375
	A.1.07	54.93125	108	35	62.5	260.43125
	A.1.08	51.40625	108	35	62.5	256.90625
	A.1.09	55.8125	108	35	62.5	261.3125
	A.1.10	51.40625	216	35	62.5	364.90625
	A.1.11	47	86.4	28	50	211.4
	A.1.12	54.05	86.4	28	50	218.45
	A.1.13	31.725	64.8	21	37.5	155.025
	Lantai 2	A.2.04	46.8825	90.72	29.4	52.5
A.2.05		37.13	69.12	22.4	40	168.65
A.2.06		42.3	86.4	28	50	206.7
A.2.07A		33.4875	64.8	21	37.5	156.7875
A.2.07B		20.7975	43.2	14	25	102.9975
A.2.08		22.325	43.2	14	25	104.525
A.2.10		0	0	0	0	0
A.2.11		9.9875	43.2	7	12.5	72.6875
A.2.12	0	0	0	0	0	
Lantai 3	A.3.02	0	0	0	0	0
	A.3.03A	0	0	0	0	0
	A.3.03B	0	0	0	0	0
	A.3.04	0	0	0	0	0
	A.3.05	0	0	0	0	0
	A.3.06	0	0	0	0	0
	A.3.07	0	0	0	0	0
	A.3.08A	0	0	0	0	0
	A.3.08B	0	0	0	0	0
	A.3.19A	0	0	0	0	0
	A.3.19B	0	0	0	0	0
	A.3.20	0	0	0	0	0
	A.3.24	0	0	0	0	0
A.3.25	0	0	0	0	0	
A.3.26	0	0	0	0	0	
A.3.27	0	0	0	0	0	
A.3.29	0	0	0	0	0	
Total		822.4413	1866.24	527.8	942.5	4158.9813

(lanjutan)

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung B skema kedua

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	B.1.02	76.14	77.76	42	75	270.9
	B.1.03	93.765	129.6	67.2	120	410.565
	B.1.04	59.925	155.52	42	75	332.445
	B.1.05	50.76	51.84	33.6	60	196.2
	B.1.06A	0	0	0	0	0
	B.1.06B	0	0	0	0	0
	B.1.07	0	0	0	0	0
	B.1.08	0	0	0	0	0
Lantai 2	B.2.02	0	0	0	0	0
	B.2.08	0	0	0	0	0
	B.2.09	0	0	0	0	0
	B.2.10B	0	0	0	0	0
	B.2.10A	0	0	0	0	0
	B.2.11	0	0	0	0	0
	B.2.12	0	0	0	0	0
	B.2.13	0	0	0	0	0
	B.2.15	0	0	0	0	0
B.2.17	0	0	0	0	0	
Total		280.59	414.72	184.8	330	1210.11

Lampiran 11

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung A skema ketiga saat LWBP

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	A.1.01	139.59	210.989011	92.4	165	607.97901
	A.1.02	111.0375	92.30769231	75.6	135	413.94519
	A.1.03	159.471	131.8681319	109.2	195	595.53913
	A.1.04	158.202	118.6813187	100.8	180	557.68332
	A.1.05	177.66	131.8681319	117.6	210	637.12813
	A.1.07	145.0185	92.30769231	92.4	165	494.72619
	A.1.08	135.7125	210.989011	92.4	165	604.10151
	A.1.09	174.135	118.6813187	109.2	195	597.01632
	A.1.10	123.375	210.989011	84	150	568.36401
	A.1.11	183.3	118.6813187	109.2	195	606.18132
	A.1.12	145.935	92.30769231	75.6	135	448.84269
	A.1.13	76.14	45.32967033	50.4	90	261.86967
	Lantai 2	A.2.04	120.555	115.3846154	75.6	135
A.2.05		153.1613	148.3516484	92.4	165	558.9129
A.2.06		139.59	105.4945055	92.4	165	502.48451
A.2.07A		174.135	131.8681319	109.2	195	610.20313
A.2.07B		124.785	105.4945055	84	150	464.27951
A.2.08		133.95	105.4945055	84	150	473.44451
A.2.10		147.345	105.4945055	92.4	165	510.23951
A.2.11		107.865	184.6153846	75.6	135	503.08038
A.2.12	88.83	52.74725275	58.8	105	305.37725	
Lantai 3	A.3.02	76.14	37.70604396	50.4	90	254.24604
	A.3.03A	139.59	92.30769231	92.4	165	489.29769
	A.3.03B	63.45	52.74725275	42	75	233.19725
	A.3.04	80.37	52.74725275	50.4	90	273.51725
	A.3.05	40.185	32.14285714	25.2	45	142.52786
	A.3.06	63.45	52.54120879	42	75	232.99121
	A.3.07	40.185	23.17994505	25.2	45	133.56495
	A.3.08A	80.37	39.56043956	50.4	90	260.33044
	A.3.08B	12.69	13.18681319	8.4	15	49.276813
	A.3.19A	53.58	39.56043956	33.6	60	186.74044
	A.3.19B	50.76	39.56043956	33.6	60	183.92044
	A.3.20	12.69	13.18681319	8.4	15	49.276813
	A.3.24	40.185	26.37362637	25.2	45	136.75863
A.3.25	26.79	26.37362637	16.8	30	99.963626	
A.3.26	0	0	0	0	0	
A.3.27	38.07	37.70604396	25.2	45	145.97604	
A.3.29	53.58	32.96703297	33.6	60	180.14703	
Total		3791.878	3241.792582	2436	4350	13819.67

(lanjutan)

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung A skema ketiga saat WBP

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	A.1.01	52.875	131.8681319	35	62.5	282.24313
	A.1.02	51.40625	65.93406593	35	62.5	214.84032
	A.1.03	51.1125	65.93406593	35	62.5	214.54657
	A.1.04	54.93125	65.93406593	35	62.5	218.36532
	A.1.05	52.875	65.93406593	35	62.5	216.30907
	A.1.07	54.93125	65.93406593	35	62.5	218.36532
	A.1.08	51.40625	131.8681319	35	62.5	280.77438
	A.1.09	55.8125	65.93406593	35	62.5	219.24657
	A.1.10	51.40625	131.8681319	35	62.5	280.77438
	A.1.11	47	52.74725275	28	50	177.74725
	A.1.12	54.05	52.74725275	28	50	184.79725
	A.1.13	31.725	33.99725275	21	37.5	124.22225
	Lantai 2	A.2.04	46.8825	69.23076923	29.4	52.5
A.2.05		37.13	52.74725275	22.4	40	152.27725
A.2.06		42.3	52.74725275	28	50	173.04725
A.2.07A		33.4875	39.56043956	21	37.5	131.54794
A.2.07B		20.7975	26.37362637	14	25	86.171126
A.2.08		22.325	26.37362637	14	25	87.698626
A.2.10		0	0	0	0	0
A.2.11		9.9875	26.37362637	7	12.5	55.861126
Lantai 3	A.2.12	0	0	0	0	0
	A.3.02	0	0	0	0	0
	A.3.03A	0	0	0	0	0
	A.3.03B	0	0	0	0	0
	A.3.04	0	0	0	0	0
	A.3.05	0	0	0	0	0
	A.3.06	0	0	0	0	0
	A.3.07	0	0	0	0	0
	A.3.08A	0	0	0	0	0
	A.3.08B	0	0	0	0	0
	A.3.19A	0	0	0	0	0
	A.3.19B	0	0	0	0	0
	A.3.20	0	0	0	0	0
	A.3.24	0	0	0	0	0
	A.3.25	0	0	0	0	0
A.3.26	0	0	0	0	0	
A.3.27	0	0	0	0	0	
A.3.29	0	0	0	0	0	
Total		822.4413	1224.107143	527.8	942.5	3516.8484

(lanjutan)

Perhitungan Konsumsi Energi Gedung B skema ketiga

Lantai	Ruangan	AC (kWh)	Lampu (kWh)	PC (kWh)	LCD (kWh)	Total (kWh)
Lantai 1	B.1.02	76.14	79.1208791	42	75	272.260879
	B.1.03	93.765	126.593407	67.2	120	407.558407
	B.1.04	59.925	158.241758	42	75	335.166758
	B.1.05	50.76	54.3956044	33.6	60	198.755604
	B.1.06A	0	0	0	0	0
	B.1.06B	0	0	0	0	0
	B.1.07	0	0	0	0	0
	B.1.08	0	0	0	0	0
Lantai 2	B.2.02	0	0	0	0	0
	B.2.08	0	0	0	0	0
	B.2.09	0	0	0	0	0
	B.2.10B	0	0	0	0	0
	B.2.10A	0	0	0	0	0
	B.2.11	0	0	0	0	0
	B.2.12	0	0	0	0	0
	B.2.13	0	0	0	0	0
	B.2.15	0	0	0	0	0
B.2.17	0	0	0	0	0	
Total		280.59	418.351648	184.8	330	1213.74165