

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian sebelumnya yang sebelumnya tentang “kajian manajemen konservasi energi listrik untuk perencanaan dan pengendalian pada gedung perkantoran PT. PHE” oleh Ajen Mukarom dalam penelitian ini penulis melakukan rekomendasi penghematan energi listrik dengan melakukan *retrofit* pada lampu yang awalnya TL 36 W diretrofit ke TL *LED* 19 W sehingga penghematannya 50 % dari konsumsi awal yaitu Rp 34.842.600/tahun dan investasi Rp 225.600.000. Selain lampu dilakukan penghematan pada tata udara dengan melakukan metode peralihan jam operasional yang awalnya jam 05:00 pagi diubah menjadi jam 06:00 pagi mendapatkan penghematan sebesar Rp 179.150.400/tahun dan dimatikan pada setengah jam sebelum jam kerja selesai yaitu nilai penghematannya Rp 81.081.000/tahun.

Penelitian lain yang berkaitan dengan konsumsi energi listrik adalah Gardina Daru Andini tentang “Analisis Potensi Pemborosan Konsumsi Energi Listrik Pada Gedung Kelas Fakultas Teknik Universitas Indonesia” pembahasan dalam penelitian ini membandingkan lampu eksisting dan jumlah lampu sesuai standar SNI 6197 dengan mencari F_{total} , N_{total} dan selisih lampu. Pada rekomendasi tersebut terdapat kelebihan jumlah lampu pada gedung FTUI sebanyak 255 lampu

TL 2 x 40 W dan 38 lampu TL 2 x 20 W, serta total kelebihan kapasitas AC adalah 28 PK dan total kekurangan kapasitas AC sebanyak 53,5 PK.

Penelitian oleh Miftahul Huda dan Ary Bachtiar Khrisna Putra tentang “Evaluasi Kebutuhan Energi Pada Sistem Pengkondisian Udara dan Sistem Penerangan untuk Ruang Laboratorium Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya ” pada penelitian ini merekomendasikan penggantian lampu eksisting (terpasang) dengan lampu *LED*. hasilnya adalah didapatkan nilai penghematan Rp 19.476.830 dengan investasi Rp 75.644.000 dengan penghematan daya sebesar 30 % dengan *NPV* sebesar Rp 9.764.676 dengan *payback period* selama 3 tahun 11 bulan. Untuk sistem udara dilakukan penggantian Freon awalnya R22 menjadi musicool MC22 yang dapat menghemat Rp 50.148.533 dimana *NPV* Rp 41.344.195 dengan *PP* selama 3 tahun.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Audit Energi

Audit energi adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengevaluasi dan identifikasi penggunaan energi sehingga diperoleh besarnya konsumsi energi pada gedung dan dapat mengenali cara-cara untuk penghematannya Audit energi bertujuan untuk memberikan data secara detail penggunaan energi yang meliputi : peralatan yang memerlukan energi, jumlah penggunaan energi, intensitas konsumsi energi (IKE), peluang penghematan, evaluasi kinerja peralatan yang digunakan, perhitungan investasi peralatan, serta perhitungan *simple payback period*.

2.2.2 Macam-macam Audit Energi

Dalam pelaksanaannya audit energi memiliki beberapa macam untuk menentukan jenis audit yang akan dilaksanakan. Beberapa macam audit energi, yaitu :

1. Audit energi singkat (*Walk Through Audit*)

Audit energi singkat memerlukan data historis gedung yang akan diaudit yaitu: luas total gedung, bukti pembayaran rekening listrik selama satu sampai dua tahun terakhir agar mengetahui banyaknya konsumsi energi listrik pada gedung tersebut, daya yang terpasang pada kWh meter. Data yang diperoleh dihitung dan dianalisis konsumsi energi pada gedung dan penghematan energi.

2. Audit energi awal

Audit energi awal data dilakukan pada bagian gedung tertentu yang dirasa penting sebagai contoh. data tersebut meliputi data gedung, diagram satu garis, denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai, dan denah lain secara lengkap untuk menganalisis IKE dan *simple payback period*.

3. Audit energi rinci

Audit energi rinci dilaksanakan diseluruh aspek yang dianggap memiliki potensi penghematan energi dengan tingkat kelayakan yang menarik. Audit energi ini dilakukan oleh para ahli dalam melakukan audit dibidang listrik dan mekanis serta arsitektur dengan alat ukur untuk dilaksanakan pengukuran secara detail dan berkelanjutan. Hasil akhir dari pelaksanaan audit ini adalah dapat dilihat biaya yang dibutuhkan untuk

melakukan perbaikan dan berdampak terjadinya penghematan, serta rekomendasi dalam melaksanakan penghematan energi dari sisi pengoperasian.

2.2.3 Audit Sistem Penerangan

Sistem penerangan atau pencahayaan adalah suatu cara yang digunakan dalam memanfaatkan cahaya alami maupun buatan. Tata cahaya harus didesain senyaman mungkin agar aktifitas pada kegiatan gedung tidak terganggu. Tata cahaya ada dua jenis yaitu : tata cahaya alami dan tata cahaya buatan. Tata cahaya alami tanpa menggunakan energi listrik karena sudah tersedia tinggal cara pemanfaatannya dalam sebuah gedung yang didesain sesuai standar bangunan gedung. apabila cahaya alami dapat dimanfaatkan untuk penerangan pada siang hari untuk menerangi ruangan maka dapat menghemat energi listrik. Sedangkan tata cahaya buatan memerlukan energi listrik. Pada tata cahaya buatan harus didesain sesuai dengan standar tingkat pencahayaan.

2.2.3.1 Perhitungan Tingkat Pencahayaan

Tingkat pencahayaan adalah besarnya cahaya yang menerangi bidang kerja. Tingkat pencahayaan pada ruangan dapat diperoleh dengan pengukuran menggunakan lux meter dengan cara dibandingkan dengan nilai standar sesuai SNI 6197. Tingkat pencahayaan pada ruangan sangat penting untuk mengetahui penerangan yang ada ruangan ruangan sudah memenuhi kriteria atau belum

Tabel 2.1 Standar tingkat pencahayaan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Ruang Direktur	350
Ruang Kerja	350
Ruang Komputer	350
Ruang Rapat	300
Gudang arsip	150
Gudang arsip aktif	300
Ruang tangga darurat	150
Ruang parkir	100

Sumber : SNI 6197 tahun 2011

Tingkat pencahayaan pada setiap ruangan berbeda tergantung fungsi dan jenis pekerjaan. Untuk mengetahui tingkat pencahayaan pada masing-masing ruangan dapat diukur menggunakan lux meter, atau menggunakan rumus :

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{F_{\text{total}} \times K_p \times K_d}{A}$$

Dimana :

F_{total} = fluks luminous total lampu (lumen)

A = Luas Ruang (m^2)

K_p = Koefisien Penggunaan.

K_d = Koefisien depresiasi

$E_{\text{rata-rata}}$ = tingkat pencahayaan rata-rata (Lux)

Berkaitan dengan penghematan energi, SNI 6197 tahun 2011 bahwa daya listrik maksimal untuk kebutuhan pencahayaan sesuai dengan (table 2.3), contoh

pada ruang direktur daya pencahayaan maksimal 12 W/m² artinya setiap luas 1 m² total daya maksimum untuk lampu yang dapat digunakan adalah 12 Watt.

Tabel 2. Daya listrik maksimum untuk pencahayaan dgedung kantor menurut SNI 6197 tahun 2011.

Fungsi Ruangan	Daya Pencahayaan maks (W/m ²)
Ruang Direktur	13
Ruang Kerja	12
Ruang Komputer	12
Ruang Rapat	20
Gudang arsip	6
Gudang arsip aktif	12
Ruang tangga darurat	4
Ruang parkir	4

Sumber : SNI 6197 tahun 2011

2.2.3.2 Perhitungan Kebutuhan Lampu

Jumlah lampu yang diperlukan dalam suatu ruangan digunakan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan sesuai standar. Untuk memperoleh tingkat pencahayaan yang sesuai standar dapat digunakan rumus :

$$F_{total} = \frac{E \times A}{K_p \times K_d}$$

Sedangkan untuk mengetahui jumlah lampu yang dibutuhkan dapat menggunakan rumus :

$$N_{total} = \frac{F_{total}}{F_1 \times n}$$

E = tingkat pencahayaan sesuai standar SNI 6197 (Lux)

A = Luas ruangan (m²)

K_p = Koefisien Depresiasi sebesar 0.8 menurut standar SNI 6575 tahun 2001

K_d = Koefisien Penyusutan 0.84 sesuai dengan standar

N_{total} = Jumlah Lampu 1 ruangan

F_1 = Fluks luminous dalam 1 lampu (Lumen)

n = jumlah lampu 1 armature

2.2.3.3 Jenis- Jenis Lampu

Nilai lux juga dipengaruhi oleh jenis lampu yang digunakan pada sebuah ruangan, jenis- jenis lampu yaitu :

1. Lampu Halogen

Lampu halogen adalah lampu pijar yang memiliki temperature tinggi sehingga partikel tungsten menguap dan menempel di permukaan lampu. Pada lampu halogen partikel yang menempel tersebut tidak terjadi penghitaman karena adanya gas halogen yang dapat mencegahnya. umur lampu halogen lebih lama dibandingkan lampu pijar.

2. Lampu Flouresen

Lampu flouresen adalah lampu tabung terbuat dari kaca yang tersekat. Didalam lampu dilapisi warna putih dan diisi gas inert dengan sedikit mercury. Pada lampu jenis ini membutuhkan ballast dalam menyalakan sehingga terdapat kedip pada saat lampu sebelum menyala dan ballast tersebut juga memiliki daya tambahan. Lampu flouresen cocok untuk pencahayaan pada pekantoran dan area komersil lainnya.

3. *LED*

LED (Lighting Emitted Diode) adalah lampu dengan teknologi terbaru dengan material diode semikonduktor yang mampu mengalirkan listrik. Lampu *LED* mengalirkan listrik dan tidak perlu adanya pembakaran bahan kimia, sehingga lampu ini tidak menimbulkan panas berlebih seperti lampu TL ataupun flouresen. Dengan watt yang kecil akan tetapi cahaya yang dihasilkan seperti watt yang besar oleh karena itu kebanyakan pada saat ini masyarakat beralih ke lampu *LED* karena keunggulannya dibanding jenis lampu lainnya.

Tabel 2.3 perbandingan lampu

NO	Lampu	Efisiensi	Umur lampu
1	Pijar	14 lumen/W	1000 jam
2	Halogen	20 lumen/W	2000 - 4000 jam
3	TL	80 lumen/W	5000 jam
4	CFL	60 lumen/W	8000 - 10000 jam
5	<i>LED</i>	70 lumen/W	40000 jam

Sumber : (Adini, Gardina Daru.2012. *Analisis Potensi Pemborosan Konsumsi*

Energi Lisrik Pada Gedung Kelas Fakultas Teknik Universitas Indonesia

(Skripsi). Depok: Universitas Indonesia)

Tabel 2. 4 Spesifikasi Lampu

Lampu terpasang	Lumen	Umur lampu	<i>LED</i>	Lumen	Umur lampu
TL 18 W	1050	10,000	TL <i>LED</i> 10 W	1050	40,000
8 W	430	8800	6 W	470	15000
14 W	810	8800	13 W	1400	15000
23 W	1370	8800	13 W	1400	15000

Sumber : Philips Catalogue

2.2.3.4 Pemilihan Retrofit Lampu

Retrofit atau pergantian lampu merupakan teknik yang digunakan untuk mengganti lampu yang lama dengan teknologi yang terbaru .

Alasan dilakukan retrofit :

1. Untuk dapat menghemat energi listrik.
2. Lampu *LED* memiliki umur yang lebih lama dibandingkan lampu biasa, yaitu dengan daya tahan 20-25 tahun.
3. Lampu *LED* tidak menghasilkan sinar UV.
4. Lampu *LED* memiliki efisiensi energi yang lebih baik.
5. Lampu *LED* memiliki tegangan DC yang rendah
6. Lampu *LED* tidak menghasilkan panas akan tetapi energi listrik langsung menjadi cahaya tanpa harus melakukan pemanasan bahan kimia terlebih dahulu.

2.3 Audit Sistem Tata Udara

Sistem tata udara adalah seluruh sistem yang mengendalikan kondisi udara pada sebuah gedung melalui pengendalian termal, penyebaran udara, serta kualitas udara. Sehingga dapat diperoleh kondisi ruangan yang bersih, segar dan nyaman

bagi penghuninya. Pengendalian termal meliputi suhu dan kelembaban pada ruangan harus diperhatikan. Untuk kenyamanan dapat diperoleh suhu ruangan antara 24-27 °C dengan nilai kelembaban udara 55-65 %. Dalam memenuhi kriteria tersebut maka diperlukan peralatan tambahan yaitu penyejuk udara seperti AC (*Air Conditioning*). Sistem pengkondisian udara pada sebuah gedung kebutuhan energinya 40 sampai 70 %.

Beban energi sistem tata udara menggunakan jumlah jam dalam pengoperasian dan karakteristik pemakaian daya aktual. Dalam memperkirakan pemakaian beban perbulan maka harus mengukur pada kebutuhan pemakaian tiap hari kemudian dikalikan jumlah hari pengoperasian dalam satu bulan. Pada bangunan gedung perkantoran AC (*Air Conditioning*) umumnya menggunakan sistem pendingin udara terpusat (*AC Central*).

2.3.1 Pemilihan AC

Pemilihan tata udara dimaksudkan agar sistem dan peralatan yang digunakan sesuai dengan Standar Indonesia 6390 tahun 2011. Dalam memilih sistem sistem dan peralatan tata udara terutama pada perkantoran harus memperhitungkan konsumsi energi paling besar dalam satu tahun. Diperlukan juga mengetahui karakteristik sistem udara dalam merespon ketika terjadi fluktuasi beban akibat kegiatan dalam ruangan secara sesaat seperti ruang aula atau ruang rapat tidak selalu digunakan akan tetapi pada saat dipakai akan terjadi peningkatan beban penghuni yang menyebabkan meningkatnya konsumsi pada pendingin ruangan. Fluktuasi beban terjadi selama perubahan waktu sesaat, Agar peralatan bekerja dengan baik maka harus memiliki nilai efisiensi yang baik.

Dengan memilih efisiensi yang baik terdapat pada spesifikasi alat maka akan diperoleh nilai performa AC.

COP atau sering disebut *Coefficient Of Performance* merupakan perbandingan antara kalor yang diserap oleh sistem pendingin energi input .

Dalam menghitung performa AC dapat digunakan rumus:

$$COP = \frac{\text{Efek Pendinginan (kW)}}{\text{Daya Input (kW)}}$$

Nilai *COP* yang dihasilkan harus di sesuaikan dengan nilai *COP* pada standar SNI 6390 tahun 2011.

Tabel 2. 5 Efisiensi Tata Udara

TIPE MESIN REFRIGERASI	Efisiensi minimum	
	COP	KW/TR
<i>Split</i> < 65.000 BTU/h	2,70	1,303
<i>Variable Refrigerant Value</i>	3,70	0,951
<i>Split Duct</i>	2,60	1,353
<i>Air Cooled Chiller</i> < 150 TR (recip)	2,80	1,256
<i>Air Cooled Chiller</i> < 150 TR (screw)	2,90	1,213
<i>Air Cooled Chiller</i> > 150 TR (recip)	2,80	1,256
<i>Air Cooled Chiller</i> > 150 TR (screw)	3,00	1,172
<i>Water Cooled Chiller</i> < 150 TR (recip)	4,00	0,879
<i>Water Cooled Chiller</i> < 150 TR (screw)	4,10	0,858
<i>Water Cooled Chiller</i> > 150 TR (recip)	4,26	0,826
<i>Water Cooled Chiller</i> > 150 TR (screw)	4,40	0,799
<i>Water Cooled Chiller</i> > 300 TR (centrifugal)	6,05	0,581

Sumber : SNI 6390 tahun 2011

2.4 Konsumsi Energi Listrik

Konsumsi energi listrik adalah banyaknya energi yang digunakan selama beberapa waktu dan hasil perkalian antara besarnya daya dengan lamanya penggunaan. Besarnya energi listrik selalu fluktuatif (berubah-ubah) setiap bulan maupun tahun. Beban energi listrik setiap sektor berbeda-beda. Konsumsi energi listrik dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Konsumsi perhari} = \frac{(\sum \text{Watt} \times \text{Jam Penggunaan Per hari})}{1000}$$

Dalam mencari nilai konsumsi perbulan maka dikali dengan jumlah penggunaan selama 1 bulan berapa hari, dan untuk mencari konsumsi pertahun dikali 12 bulan.

Biaya konsumsi energi listrik tergantung pada harga TDL pada setiap tahun

$$\text{Biaya energi} = \frac{(\sum \text{Watt} \times \text{Jam Penggunaan Per hari})}{1000} \times \text{TDL}$$

Untuk menghitung biaya energi perlu diketahui jam penggunaannya. Karena pada saat malam hari akan dikenakan tarif berbeda yaitu pada saat WBP atau Waktu Beban Puncak adalah waktu beban tertinggi pada PLN selama pukul 17:00 sampai 22:00, pada bulan februari sampai maret 2017 harganya Rp 1553,67. sedangkan waktu LWBP adalah waktu dimana PLN berada pada beban yang masih dalam kategori wajar, LWBP diwaktu selain WBP dan tarifnya lebih murah yaitu Rp 1.035,78

Tabel 2. 6 Harga TDL dari PLN

Golongan Tarif	Daya Listrik	TDL
1-3/TM	Lebih dari 2000 kVA	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74
1-4/ TT	3000 kVA ke atas	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74
P-1 /TR	6600 VA s.d 200 kVA	1.467,28
P-2/ TM	Lebih dari 200 kVA	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74
P-3/TR	Lebih dari 200 kVA	1.467,28

Pada Gedung Keuangan Negara Yogyakarta menggunakan Golongan tarif P-2/TM yaitu daya listrik diatas 200 kVA.

2.5 Studi Kelayakan Proyek

Studi kelayakan proyek digunakan untuk menilai kelayakan sebuah investasi yang dilakukan dalam menjalankan proyek. Studi kelayakan proyek memerlukan menyusun *Cash outflow* (pengeluaran) dan *Cash inflow* (penerimaan). Penerimaan terdiri dari penjumlahan antara nilai penghematan dan nilai sisa (*Salvage value*). *Salvage value* merupakan besarnya investasi yang tidak habis selama dilakukan investasi yaitu 10 % dari harga awal.

2.5.1 NPV (*Net Present Value*)

Net Present Value merupakan besarnya *cash flow* yang telah didiskontokan terhadap suku bunga saat ini. Suku bunga acuan adalah pada Bank Indonesia sebesar 4.75 %. Metode ini digunakan untuk mengetahui nilai mata uang saat ini. Sebelum melakukan perhitungan *NPV* perlu melakukan perhitungan sebelum nilai

kas di diskontokan. Semakin tinggi nilai inflow maka akan semakin tinggi nilai *NPV*

$$Q_t = (B_t - C_t)$$

Q_t = Cash Flow tahun ke-

B_t = Pendapatan tahun ke -

C_t = Pengeluaran tahun ke-

NPV dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} NPV &= \sum_{i=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \\ &= \sum \frac{Q_t}{(1+i)^t} \\ &= \sum PV(-) + \sum PV(+) \end{aligned}$$

PV = *Present Value*

2.5.2 *Net B/C*

Net B/C adalah hasil perbandingan antara nilai penerimaan dan nilai pengeluaran. proyek dapat diterima dengan syarat nilai *net B/C* lebih dari 1 dan proyek akan ditolak apabila hasilnya kurang dari 1. Semakin kecil nilai investasi maka semakin tinggi nilai *net B/C*

$$Net\ B/C = \frac{PV(+)}{-(PV(-))}$$

$PV(+)$ = *Present Value* yang bernilai positif

$PV(-)$ = *Present Value* yang bernilai Negatif

2.5.3 IRR (*Internal Rate of Return*)

IRR atau *Internal Rate of Return* merupakan metode yang digunakan untuk menghitung rata-rata pengembalian uang tiap tahun. Nilai *IRR* didapatkan dari selisih Pada rata-rata ini mencari nilai persentase sehingga *NPV* sama dengan 0. nilai *NPV* = 0 maka tidak ada pengaruh dari suku bunga.

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1)$$

i_1 = tingkat suku bunga 1

i_2 = tingkat suku bunga 2

NPV 1 = Net Present Value 1

NPV 2 = Net Present Value 2

2.5.4 *Payback Period (PP)*

Payback Period adalah suatu cara yang digunakan untuk menghitung waktu pengembalian investasi. Semakin cepat waktu pengembalian maka proyek tersebut diterima. Dalam *payback period* suku bunga tidak diperhitungkan. Pada *payback period* yang diperhitungkan adalah investasi awal dan penghematan.

$$PP = \frac{\text{Investasi}}{\text{penghematan}}$$