

ANALISIS PENINGKATAN EFISIENSI ENERGI & PENURUNAN BIAYA PENERANGAN PADA HIGH RISE BUILDING DENGAN METODE *LIFE CYCLE COST ANALYSIS (LCCA)*

EKO PRASETIONO, KAREL L. MANDAGIE DAN W.T. BHIRAWA

Program Studi Teknik Industri, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.

ABSTRAK

Penerangan merupakan salah satu kebutuhan primer manusia dimanapun berada, karena dengan adanya penerangan itu akan sangat membantu aktivitas dan produktivitas manusia. Dalam pembangunan sebuah gedung, pemilik gedung pasti dihadapkan dengan berbagai alternatif dalam melakukan pemilihan suatu material, produk ataupun sistem gedung. Selain aspek teknis, biaya pun turut menjadi aspek penting yang perlu menjadi salah satu pertimbangan. Apakah penggunaan LED pada sistem lampu penerangan dapat menghemat energi menurut Teori LCCA (Life Cycle Cost Analysis)?

Penelitian ini menggunakan metode LCCA (Life Cycle Cost Analysis) mengetahui pilihan alternatif yang lebih hemat diperlukan metode penghitungan, salah satunya adalah dengan). LCCA menghitung keseluruhan biaya mulai dari biaya awal, biaya penggantian, biaya operasional dan pemeliharaan, nilai sisa, dan biaya lain-lain. Metode LCCA menghitung estimasi biaya pada tahun ke-n dalam nilai saat ini (present value). Peneliti melakukan studi kasus yang membandingkan penggunaan lampu CFL (Compact Fluorescence Lamp) dengan lampu LED. Daya lampu-lampu tersebut perlu dihitung apakah benar lampu tersebut hemat, dan seberapa besar penghematannya.

Kesimpulan penelitian ini menggunakan metode LCCA dari 2 alternatif lampu yang direkomendasikan. Lampu yang diteliti adalah CFL dan lampu LED. Hasilnya, lampu LED terpilih menjadi lampu pengganti CFL dengan penghematan biaya hingga sebesar Rp.297.051.982 dalam kurun waktu 5 tahun dan penghematan daya sebesar 73.569,6 Kwh pertahun dari lampu CFL yang digunakan di apartemen The Peak at Sudirman.

Kata Kunci : Life Cycle Cost Analysis (LCCA), LED, CFL.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu elemen penting yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia. Hampir semua alat pendukung aktivitas manusia menggunakan energi listrik. Energi listrik dibutuhkan mulai dari pengerjaan pekerjaan rumah tangga seperti penerangan, mencuci baju, menyetraka, hiburan (televisi, *music player*, radio, dan lain-lain), pompa air, kulkas, dan masih banyak lainnya hingga kebutuhan produksi dalam sebuah industri.

Kebutuhan listrik yang meningkat tentu akan mengakibatkan jumlah energi primer menjadi berkurang atau bahkan menjadi langka. Jika energi primer langka maka harga jual energi primer menjadi naik, dan ini mengakibatkan harga listrik

menjadi naik pula. Selain itu seiring dengan tingginya pertumbuhan penduduk berarti sangat mempengaruhi tingkat kehidupan di Indonesia, hal tersebut juga berpengaruh kepada kebutuhan akan gedung-gedung hunian, perkantoran dan lain sebagainya. Semakin banyaknya *high rise building* yang dibangun maka konsumsi listrik juga meningkat.

Kebutuhan akan lampu sebagai penerangan juga meningkat. Penggunaan listrik pada *high rise building* memang tidak hanya untuk penerangan saja, seperti untuk penggunaan AC (*Air Conditioner*), penggunaan LCD, *speaker*, *sound system*, dan lain-lain. Pada penelitian kali ini penulis mengambil *concern* pada sektor penerangannya saja, dan penelitian ini hanya dilakukan di apartemen The Peak at Sudirman.

Penggunaan lampu yang banyak tentu bisa menjadi masalah tersendiri. Permasalahan tersebut merupakan permasalahan yang menarik untuk diteliti dan diselesaikan. Tentu ini akan membantu bagaimana caranya untuk bisa mendapatkan penerangan yang dibutuhkan dengan biaya pengeluaran seminimal mungkin. Maka nantinya akan diberikan alternatif solusi dari hasil riset lapangan yang awalnya akan dimulai dengan meneliti kebenaran daya dari tiap unit lampu yang digunakan saat ini, kemudian menghitung jumlah keseluruhan unit lampu yang digunakan oleh apartemen The Peak at Sudirman, kemudian setelah itu dihitung jumlah total daya dan biaya yang dikeluarkan untuk semua lampu. Melakukan perbandingan dengan beberapa jenis lampu lainnya untuk didapatkan perumpamaan biaya dalam hal yang sama. Kemudian dapat disimpulkan lampu manakah yang lebih hemat energi. Pemilihan lampu hemat energi ini dapat membantu pihak perusahaan mengurangi biaya pengeluaran, jika riset di apartemen The Peak at Sudirman berhasil membantu *reduce cost* dan mengurangi daya penggunaan listrik, maka riset selanjutnya bisa diterapkan pada gedung *high rise building* lainnya. Hal ini juga membantu apartemen The Peak at Sudirman menjalankan program hemat energi dan *save environment* yang dapat menguntungkan apartemen The Peak at Sudirman sendiri, masyarakat, dan negara.

Adanya perkembangan teknologi dalam lingkup pengembangan produk yang masih berkaitan dengan naiknya kebutuhan listrik adalah munculnya inovasi-inovasi lampu yang hemat energi. Seperti yang terlihat pada awalnya hanya lampu pijar biasa. Warna cahaya kuning oranye atau yang disebut juga dengan lampu (*Incandescent light bulb*), kemudian lampu pijar mulai ditinggalkan dan beralih kepada lampu neon yang berbentuk spiral atau biasa disebut sebagai lampu CFL (*Compact Fluorescence Lamp*). sampai saat ini lampu ini masih ada dan bahkan sudah banyak lampu CFL yang hemat energi. Kemudian muncul lagi jenis lampu yang baru dan dikenal sebagai Lampu LED (*Light Emitting Diode*). Kemudian

yang menjadi masalah saat ini adalah banyak sekali jenis produk lampu yang mengaku produknya hemat energi dan saat ini kebetulan belum ada yang mengidentifikasi lebih lanjut atau yang meneliti kebenaran dari daya lampu hemat energi. Apakah lampu tersebut benar-benar hemat? Seberapa besar penghematannya? Dengan adanya penelitian ini diharapkan ada hasil yang memberikan penggambaran manakah yang seharusnya diterapkan *high rise building*. Apakah lebih baik menggunakan lampu hemat energi yang lebih kecil dayanya, lebih lama *life time* nya, tetapi mahal harga produknya. Atau lebih baik menggunakan lampu biasa yang dayanya besar, *life time*-nya sebentar, tetapi murah harga produknya.

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah apakah penggunaan LED pada sistem lampu penerangan dapat menghemat energi menurut Teori LCCA (Life Cycle Cost Analysis) dan seberapa besar penghematan energi dan penurunan biaya yang bisa dicapai.

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain: objek dari penelitian dibatasi pada lingkup kompleks apartemen The Peak at Sudirman. Dengan object sebatas pada jenis lampu CFL di area koridor service di tiap lantai, waktu mulai dari bulan April sampai dengan Oktober 2018, variabel penentu adalah penghematan daya, harga lampu, lumen lampu dan *life time* lampu dan perhitungan biaya yang dimaksudkan adalah perhitungan biaya manual yang dihitung berdasarkan satuan unit lampu (unit), satuan daya lampu (watt) dan *life time* (tahun).

Tujuan dari penelitian ini antara lain: membuktikan kebenaran daya dari lampu hemat energi, dan membuktikan kebenaran dari penghematannya, mendapatkan hasil analisis perhitungan efisiensi penghematan dan efisiensi biaya penggunaan lampu hemat energi pada *high rise building* dan memberikan alternatif solusi dalam pemilihan lampu hemat energi serta ramah lingkungan yang dapat memberikan manfaat bagi *high rise building* tersebut serta

membandingkan *life cycle cost* lampu yang hemat energi (LED) dengan lampu yang non-hemat energi (CFL).

METODE

Life Cycle Cost Analysis (LCCA)

Life-cycle cost analysis (LCCA) adalah suatu metode ekonomi untuk mengevaluasi suatu proyek atau usaha yang mana semua biaya dalam kepemilikan (*owning*), pengoperasian (*operating*), pemeliharaan (*maintaining*), dan pada akhirnya penjualan (*disposing*) dari proyek tersebut dipertimbangkan untuk kepentingan pada keputusan mengenai proyek tersebut (Lilis Purnamasari, 2012). LCCA dapat digunakan pada keputusan investasi modal dimana biaya awal yang lebih tinggi dibelanjakan untuk mengurangi biaya wajib harus dikeluarkan di masa depan. Konservasi energi merupakan contoh yang sangat tepat untuk aplikasi LCCA.

Siklus hidup biaya analisis (LCCA) juga merupakan teknik evaluasi yang mendukung keputusan investasi. Meskipun dibangun di atas prinsip-prinsip analisis ekonomi yang telah digunakan untuk mengevaluasi jalan raya dan pekerjaan umum lainnya untuk investasi tahunan. Secara khusus, ketika telah diputuskan bahwa proyek akan dilaksanakan, LCCA akan membantu dalam menentukan yang caraterbaik dengan biaya terendah untuk mencapai proyek. Pendekatan LCCA memungkinkan perbandingan biaya total desain bersaing (atau preservation) alternatif. Semua biaya yang relevan yang terjadi sepanjang kehidupan alternatif juga disertakan. Hal ini dilakukan dengan menggabungkan diskon jangka panjang, pengguna dan biaya terkait lainnya dan aset lainnya untuk mengidentifikasi nilai terbaik untuk pengeluaran investasi (misalnya, biaya terendah yang memenuhi tujuan kinerja dicari). LCCA dapat diterapkan pada berbagai keputusan investasi untuk mengevaluasi biaya relatif dari alternatif desain atau proyek bersaing atau strategi sistem investasi dalam rangka memberikan keuntungan terbesar. Analisis LCC mencakup dua hal yaitu metode perhitungan biaya usia pakai (LCC) dan

perhitungan parameter-parameter tambahan (*suplementer*)

Perkiraan Biaya pada LCCA

Hanya biaya yang relevan dengan keputusan dan jumlah yang signifikan yang dibutuhkan untuk membuat keputusan investasi yang sah. Biaya relevan dengan keputusan apabila biaya berubah dari alternatif ke alternatif. Biaya yang kira-kira sama untuk tiap alternatif bukan faktor penentu dalam pemilihan alternatif dan oleh karena itu dapat diabaikan dari perhitungan LCC. Biaya yang signifikan adalah ketika cukup besar untuk membuat perbedaan dalam LCC dari alternatif proyek.

Biaya investasi awal mungkin kesulitan terakhir dan perkiraan proyek, karena investasi awal secara relatif tertutup (berakhir) untuk masa sekarang. Jumlah waktu dari penggantian modal tergantung pada perkiraan umur sistem dan panjang periode layanan (*service*). Nilai *residual* (sisa) dari sistem adalah nilai sisa pada akhir periode studi, atau pada waktu terjadi penggantian selama periode studi. Nilai residual dapat didasarkan pada nilai di tempat, nilai penjualan kembali, nilai *salvage* atau nilai sisa, keuntungan bersih dari beberapa penjualan, konservasi, atau biaya pembangunan.

Perhitungan Life-Cycle Cost

Metode *Life-Cycle Cost* adalah suatu metode perhitungan biaya masa depan dan biaya sekarang dari suatu proyek selama siklus pakainya. Dalam menggunakan metode LCC dibutuhkan dua buah atau lebih pilihan yang akan dibandingkan untuk kemudian dipilih satu yang akan diimplementasikan. Penentuan keefektifan biaya relatif masing-masing pilihan alternatif dapat dilihat dari LCC yang terendah. Metode LCC dapat dilakukan dengan catatan asumsi ekonomi dan periode studi yang sama.

Data-data yang dibutuhkan dalam menghitung LCC dari suatu proyek adalah biaya yang diukur berdasarkan waktunya masing-masing, tingkat pemotongan dan periode studi. Adapun persamaan dari LCC menurut Lilis Purnamasari (2012) adalah sebagai berikut:

$$LCC = (CC + RC + OC - SV) \times i$$

Keterangan :

CC = Biaya Investasi (*Capital Cost*)

RC = biaya penggantian (*Replacement Cost*), dalam PV (*present value*)

OC = biaya operasi (*Operating Cost*), dalam PV

SV = nilai sisa (*residual/Salvage Value*), dalam PV

i = Discount Rate, dalam PV

Perhitungan Parameter Suplementer

$$EC = \frac{N \times W \times OH}{1000} \quad (1)$$

N = Banyak lampu yang digunakan

W = Daya lampu

OH = *Operating Hours* (lama operasi)

b. Energi Saving (ES)

Energy Saving atau penghematan energi adalah selisih antara total konsumsi energi yang digunakan saat ini untuk penggunaan dominan lampu TL dikurangkan dengan total konsumsi energi yang dikeluarkan setelah dilakukan penggantian LED. Nilai konsumsi energi didapatkan dari perhitungan pada persamaan (1) di halaman sebelumnya. Berikut ini adalah persamaan untuk *Energy Saving*:

$$ES = EC_{(Existing)} - EC_{(Retrofitting)} \quad (2)$$

Di mana:

$EC_{(Existing)}$ = *Energy Consumption* lampu TL

$EC_{(Retrofitting)}$ = *Energy Consumption* lampu LED

c. Bill Saving (BS)

Bill Saving atau penghematan biaya tagihan adalah perhitungan

$$OC = \frac{N \times W \times OH}{1000} \times ET$$

Dimana:

OC = *Operating Cost*

W = Daya Lampu

N = Jumlah unit lampu

OH = *Operating Hour*

ET = *Electrical Tarif*

Waktu Periode Pengembalian

Menurut Abdul Choliq dkk (2004) waktu periode pengembalian dapat diartikan sebagai jangka waktu kembalinya investasi yang telah dikeluarkan, melalui keuntungan yang diperoleh dari suatu proyek yang telah direncanakan. Sedangkan menurut Bambang Riyanto (2004) waktu periode

a. Electricity Consumption (EC)

Electricity Consumption atau konsumsi energi listrik adalah total konsumsi listrik yang didapat dari menghitung jumlah unit lampu yang terpakai dikalikan dengan daya dari unit lampunya kemudian dikalikan dengan lama pemakaian dalam satu hari kerja lalu hasilnya dibagi dengan 1000. Berikut adalah persamaan dari konsumsi energi listrik:

penghematan yang didapatkan dengan menghitung perkalian antara penghematan energi (Persamaan (2)) dan harga tarif dasar listrik negara yang dibebankan. Berikut adalah persamaan untuk *bill saving* :

$$BS = ES \times ET$$

Di mana:

BS = *Bill saving* ES = *Energy Saving*

ET = *Electricity Tarif*

d. Operating Cost (OC)

Operating Cost atau biaya operasi ini dihitung untuk mengetahui total biaya operasi setelah melakukan penggantian lampu. Biaya operasi didapatkan dengan cara mengalikan total unit lampu, daya dari lampu pengganti, lama operasi per hari, dan harga tarif dasar listrik negara. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

pengembalian adalah suatu periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan proceeds atau aliran kas netto (net cash flows).

Selanjutnya menurut Djarwanto Ps (2003) menyatakan bahwa waktu periode pengembalian lamanya waktu yang diperlukan untuk menutup kembali original

cash outlay. Berdasarkan uraian dari beberapa pengertian tersebut maka dapat dikatakan bahwa waktu periode pengembalian dari suatu investasi menggambarkan panjang waktu yang diperlukan agar dana yang tertanam pada suatu investasi dapat diperoleh kembali seluruhnya. Analisis waktu periode pengembalian dalam studi kelayakan perlu juga ditampilkan untuk mengetahui seberapa lama usaha/proyek yang dikerjakan baru dapat mengembalikan investasi.

Metode analisis waktu periode pengembalian bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi break even-point (jumlah arus kas masuk sama dengan jumlah arus kas keluar). Analisis waktu periode pengembalian dihitung dengan cara menghitung waktu yang diperlukan pada saat total arus kas masuk sama dengan total arus kas keluar. Dari hasil analisis waktu periode pengembalian ini nantinya alternatif yang akan dipilih adalah alternatif dengan periode pengembalian lebih singkat. Penggunaan analisis ini hanya disarankan untuk mendapatkan informasi tambahan guna mengukur seberapa cepat pengembalian modal yang diinvestasikan.

a. Kelebihan dan kelemahan waktu periode pengembalian

- 1) Kelebihan waktu periode pengembalian
 - a) Digunakan untuk mengetahui jangka waktu yang diperlukan untuk pengembalian investasi dengan resiko yang besar dan sulit
 - b) Dapat digunakan untuk menilai dua proyek investasi yang mempunyai *rate of return* dan resiko yang sama, sehingga dapat dipilih investasi yang jangka waktu pengembaliannya cepat.
 - c) Cukup sederhana untuk memilih usul-usul investasi.
 - d) Mudah dan sederhana bisa dihitung untuk menentukan lamanya waktu pengembalian dana investasi.
 - e) Memberikan informasi mengenai lamanya BEP project.

f) Sebagai alat pertimbangan resiko karena semakin pendek waktu periode pengembaliannya maka semakin pendek pula resiko kerugiannya.

2) Kelemahan

- a) Mengabaikan penerimaan investasi atau proceeds yang diperoleh sesudah waktu periode pengembalian tercapai.
- b) Mengabaikan Time Value Of Money (Nilai Waktu Uang).
- c) Tidak memberikan informasi mengenai tambahan value untuk perusahaan.
- d) Waktu periode pengembalian digunakan untuk mengukur kecepatan kembalinya dana, dan tidak mengukur keuntungan proyek pembangunan yang telah direncanakan.
- e) Tidak memperhitungkan nilai sisa dari investasi

c. Indikator waktu periode pengembalian

- 1) Periode pengembalian lebih cepat dari waktu yang ditentukan = Layak/Diterima
- 2) Periode pengembalian lebih lama atau melebihi waktu yang telah ditentukan = Tidak layak/Ditolak
- 3) Jika usaha proyek investasi lebih dari satu, maka periode pengembalian yang diambil adalah yang lebih cepat.

d. Rumus waktu periode pengembalian

$$\text{Waktu periode pengembalian} = \frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Biaya operasi}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Pengambilan data di Apartement The Peak at Sudirman meliputi data: Banyak unit lampu yang ada digunakan di Apartement The Peak at Sudirman, daya dari unit lampu yang banyak digunakan, lama pemakaian lampu, dan mereklampu yang digunakan.

Untuk pengambilan data di PT. Archindo Citra Indahhanya meliputi data: type unit lampu dan beberapa spesifikasinya yang

banyak digunakan di Apartement The Peak at Sudirman, dan Harga unit lampu yang nantinya akan dijadikan sebagai pembanding penghematan.

a. Data lampu di Apartement The Peak at Sudirman

Tabel 1. Data Titik Lampu di Gedung Apartement The Peak at Sudirman

Type lampu	Lokasi	Daya Watt	Jumlah Lampu
Existing			
MASTER PL-C 13W/840/2P 1CT/5X10BOX Merk Philips	Coridor Lift service area Tower A, B, C, & D (lt. 1-55)	13	1050
MASTER PL-C 13W/840/2P 1CT/5X10BOX Merk Philips	Area Basement coridor, parking & ramp (GF, B1, & B2)	13	260
TOTAL			1310

Tabel 1. di atas merupakan tabel jumlah titik lampu yang ada di gedung Apartement The Peak at Sudirman. Adapun jenis lampu-lamputersebut antara lain CFL (Compact Flourescence Lamp) 13 Watt, dengan

merek lampu adalah Philips. Dan didapatkan total jumlah titik lampu CFL yang ada di gedung Apartement The Peak at Sudirman adalah sebanyak 1310 titik lampu berfungsi.

Tabel 2. Data Penggantian Lampu CFL PLC

Lantai : 20

NO	Name Item	Date Replace				
1	Lampu PLC-1	02/12/2015	07/07/2016	10/04/2017	04/02/2018	12/10/2018
2	Lampu PLC-2	12/10/2015	16/08/2016	18/06/2017	25/02/2018	23/11/2018
3	Lampu PLC-3	01/09/2015	18/05/2016	22/01/2017	25/12/2017	17/09/2018
4	Lampu PLC-4	13/08/2015	16/04/2016	23/02/2017	10/01/2018	12/08/2018
5	Lampu PLC-5	15/07/2015	18/07/2016	03/02/2017	08/11/2017	10/07/2018
6	Lampu PLC-6	25/10/2015	19/08/2016	21/06/2017	11/02/2018	02/11/2018
7	Lampu PLC-7	06/09/2015	13/05/2016	28/01/2017	24/12/2017	10/09/2018
8	Lampu PLC-8	30/08/2015	21/04/2016	09/02/2017	18/01/2018	29/08/2018
9	Lampu PLC-9	25/07/2015	28/07/2016	23/02/2017	28/11/2017	14/07/2018
10	Lampu PLC-10	17/12/2015	18/07/2016	13/04/2017	07/02/2018	19/10/2018

Tabel 2 di atas adalah contoh dari data penggantian lampu CFL PLC di lantai 20 apartemen The Peak at Sudirman. Kemudian dapat disimpulkan berdasarkan

tabel 3 usia lampu CFL PLC di apartemen The Peak at Sudirman adalah selama 9 bulan.

Tabel 3. Data Rata-Rata Bulan Penggantian Lampu CFL PLC

Lantai : 20

NO	Name Item	Month Replace				Average
1	Lampu PLC-1	8	9	10	8	8,75
2	Lampu PLC-2	10	10	8	9	9,25
3	Lampu PLC-3	8	8	11	9	9,00
4	Lampu PLC-4	8	10	11	7	9,00
5	Lampu PLC-5	12	7	9	9	9,25
6	Lampu PLC-6	10	10	8	9	9,25
7	Lampu PLC-7	8	8	11	9	9,00
8	Lampu PLC-8	8	10	11	7	9,00
9	Lampu PLC-9	12	7	9	8	9,00
10	Lampu PLC-10	7	9	10	8	8,50
Total Month Average						9,00

b.Pengambilan Data di PT. Archindo Citra Indah

Setelah mengetahui banyak lampu dan jenisnya yang digunakan di gedung Apartemen The Peak at Sudirman maka

data selanjutnya yang dibutuhkan adalah harga dari unit masing-masing unit lampu. Pengambilan data ini dilaksanakan di PT. Archindo Citra Indah yang merupakan distributor tunggal dari lampu Philips.

Tabel 4. Daftar Harga dan Spesifikasi Lampu Merek Philips

NO	Type lampu	Daya Watt	Life Time	Harga
1	MASTER PL-C 13W/840/2P 1CT/5X10BOX	13	6.500 h	Rp 34.550
2	LED PLC 6.5W 840 2P G24d-2	6,5	35.000 h	Rp106.300

Berikut ini adalah contoh tabel dari kesetaraan lampu LED, CFL dan lampu

biasa dengan merk Philips serta ukuran lumen (tingkat keterangan cahaya).

Tabel 5. Kesetaraan Lampu LED, CFL dan Lampu Biasa

DAYA JENIS LAMPU		SETARA LAMPU BIASA	
LAMPU LED	LAMPU CFL	WATT	LUMEN
3,0 W	5 W	25	250
4,0 W	8 W	40	400
5,0 W	10 W	50	500
6,5 W	13 W	65	700
10,0 W	18 W	85	1055
12,0 W	23 W	100	1400
14,0 W	27 W	120	1800

Tarif Listrik Negara

Berdasarkan info yang didapat dari kepala Departemen Engineering Apartemen The Peak at Sudirman, bahwa untuk tarif dasar listrik apartemen The Peak at sudirman termasuk ke dalam golongan B-3/TM sehingga untuk tarif listrik yang dijadikan acuan untuk perhitungan di penelitian ini adalah

tarif sebesar Rp 1.035,78 untuk blok WBP & LWBP karena batas dayayang ditetapkan di atas 200 kVA dan daya yang dimiliki apartemen The Peak at Sudirman 4.150 kVA.

Perhitungan Life Cycle Cost Analysis

a. Perhitungan Electricity Consumption (EC)

Total Energy Consumption dihitung untuk mengetahui seberapa besar perbedaan energi yang dibutuhkan jika dilakukan penggantian lampu di Apartemen The Peak at Sudirman. Akan dihitung penggunaan energi dari masing-masing kebutuhan energi antara lampu

$$EC_{CFL} = \frac{N \times W \times OH}{1000} = \frac{1.310 \times 13 \times 24 \times 30 \times 12}{1000} = 147.139,2 \text{ Kwh}$$

Didapatkan konsumsi energi total untuk CFL 13 Watt di atas adalah 147.139,2Kwh per tahun.

$$EC_{LED} = \frac{N \times W \times OH}{1000} = \frac{1.310 \times 6,5 \times 24 \times 30 \times 12}{1000} = 73.569,6 \text{ Kwh}$$

Kemudian total konsumsi energi untuk lampu LED 6,5 Watt adalah sebesar 73.569,6Kwh per tahun.

b. Perhitungan Energy Saving (ES)

$$ES = EC_{\text{existing}} - EC_{\text{retrofitting}} \\ ES = 147.139,2 - 73.569,6 = 73.569,6 \text{ Kwh per tahun}$$

Jadi jika Apartemen The Peak at Sudirman menggantikan pemakaian lampu CFL dengan lampu LED maka Apartemen The Peak at Sudirman akan mendapatkan keuntungan dengan menghemat energi konsumsi sebesar 73.569,6Kwh setiap tahunnya.

c. Perhitungan Bill Saving (BS)

Bill saving atau penghematan biaya akan didapatkan dengan

$$BS = ES \times ET \\ BS = 73.569,6 \times 1.035,78 = \text{Rp}76.201.920 \text{ per tahun}$$

Penghematan biaya yang dapat diberikan lampu LED adalah sebesar Rp 76.201.920 per tahun.

$$OC = \frac{N \times W \times OH}{1000} \times ET \\ OC = \frac{1.310 \times 6,5 \times 24}{1000} \times 1.035,78 = \text{Rp}211.672 \text{ per hari}$$

Perhitungan biaya operasi ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar biaya yang harus dikeluarkan Apartemen The Peak at Sudirman untuk

CFL dengan lampu LED. Sebagai informasi, berdasarkan data-datayang sudah disebutkan pada halaman-halaman berikutnya diketahui bahwa jumlah lampu penggunaan untuk LED total lampunya adalah 1.310 unit meliputi (CFL Master PLC 13 Watt), dan jika akan digantikan LED PLC 6,5 Watt adalah 1.310 unit. Lama pemakaian per hari (OH) adalah 24 jam.

Energi saving atau penghematan energi didapatkan dari mengurangi total konsumsi energi lampu existing yaitu CFL dengan total konsumsi energi lampuretrofitting yaitu lampu LED. Hasilnya adalah

caramengalihkan jumlah penghematan energi yang diperoleh dari penggunaan lampuLED dengan harga tarif listrik per Kwh yang dibebankan dari pemerintah kepada Apartemen The Peak at Sudirman yaitu sebesar Rp 1.035,78 baik WBP maupun LWBP. Hasil perhitungannya adalah

d. Perhitungan Operating Cost (OC)

Operating Cost atau biaya operasi hanya untuk melihat total biaya per hari yang akan dikeluarkan jika melakukan penggantian pemakaian CFL dengan LED

membayar pemakaian selama satu hari jam operasi yaitu 24 jam. Sehingga setelah dihitung didapatkan hasil biayanya adalah sebesar Rp 211.672 per hari,

kemudian menjadi Rp 6.350.160 jika dihitung dalam sebulan, dan jika dihitung dalam setahun atau dikalikan 12 bulan menjadi Rp 76.201.920.


e. Perhitungan Waktu Periode Pengembalian

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui pada saat kapan lampu LED tidak memberikan kerugian juga tidak memberikan keuntungan untuk Apartemen The Peak at Sudirman. Caramenghitungnya adalah dengan cara

$$\begin{aligned} \text{Waktu periode pengembalian} &= \frac{\text{Biaya Investasi LED PLC}}{\text{Biaya operasi CFL PLC}} \\ &= \frac{\text{Rp } 106.300}{\text{Rp } 117.955} \\ &= 0,9 \text{ tahun / } 10,8 \text{ bulan} \end{aligned}$$

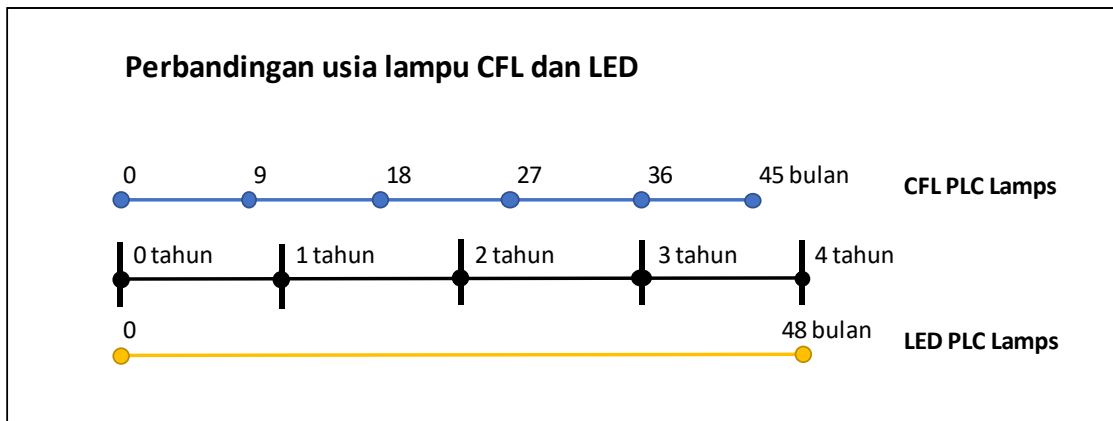
mengetahui total biaya investasi dan biaya annual juga mencari profit yang didapatkan setelah menggunakan LED. Dari perhitungan yang dilakukan untuk biaya investasi LED PLC didapatkan total biaya sebesar Rp 106.300, kemudian untuk biaya operasi meliputi biaya pemakaian lampu selama 1 tahun (24 jam pemakaian per hari) biayanya adalah sebesar Rp 117.955. Sehingga, didapatkan hasil perhitungan waktu periode pengembalian sebagai berikut:

Tabel 6. Waktu Periode Pengembalian LED PLC 6,5 Watt

LED PLC 6,5 Watt			
	Satuan	CFL PLC	LED PLC 6,5 Watt
Harga satuan lampu *(LED Include Driver)	Rp.	34.550	106.300
Daya Per Lampu	W	13	6,5
Jumlah jam operasi dalam 1 hari	jam/hari	24	24
Total daya terpakai dalam 1 hari	Kw	0,31	0,16
Jumlah energi terpakai dalam 1 tahun	Kwh	114	57
Jumlah jam operasi dalam 1 tahun	jam/thn	8.760	8.760
Umur lampu	jam	6.500	35.000
Jumlah lampu terpakai dalam 1 tahun	unit	2	1
Harga energi listrik (per Kwh)	Rp.	1.035,78	1.035,78
Biaya energi dalam 1 hari	Rp.	323	162
Biaya energi dalam 1 tahun	Rp.	117.955	58.977
Estimasi biaya penggantian dalam 1 tahun	Rp.	69.100	-
Total biaya (Kwh + penggantian)	Rp.	187.055	58.977
Penghematan biaya	Rp.		128.077
Persentase penghematan	%		68,5%
Umur lampu	bulan	9	48
Penghematan energi dalam 1 tahun		57	Kwh
Penghematan biaya listrik dalam 1 tahun		Rp 58.977	
Biaya operasi energi listrik 1 tahun		Rp 117.955	
Waktu Periode Pengembalian		0,9 tahun	
		10,8 bulan	

Jika menggunakan lampu LED yang memiliki umur hidup 48 bulan atau 4 tahun, Apartemen The Peak at Sudirman akan mengalami waktu periode pengembalian pada bulan ke 11. Itu

berarti lampu LED memang layak untuk dijadikan lampu pengganti lampu CFL. Usia lampu CFL juga 5 kali dari lampu LED. Berikut ini grafik perbandingannya.



Gambar 1. Perbandingan Usia Lampu CFL dan LED

f

. Perhitungan LCCA (Life Cycle Cost Analysis)

Perhitungan LCC ini memperhitungkan semua biaya yang ada pada satu siklus hidup lampu LED sebagai lampu pengganti TL. Biaya yang diperhitungkan meliputi biaya investasi (Capital Cost) ditambahkan dengan total

OC (Operating Cost) dan (Replacement Cost) kemudian dikurangi nilai sisa (Salvage Value) lalu dikalikan bunga discount rate 12%. Maka yang dilihat adalah selisih nilai LCC untuk bisa mendapatkan analisisnya. Berikut ini adalah perhitungannya

Tabel 7. LCC LED PLC Lamps

LED PLC Lamps						
Year	Capital Cost	Replacement Cost	Operation Cost	Cash flow	Discount	Present Worth
0	Rp 139.253.000	Rp -	Rp -	Rp 139.253.000	1,0000	Rp 139.253.000
1	Rp -	Rp -	Rp 76.201.920	Rp 76.201.920	0,8929	Rp 68.037.429
2	Rp -	Rp -	Rp 76.201.920	Rp 76.201.920	0,7972	Rp 60.747.704
3	Rp -	Rp -	Rp 76.201.920	Rp 76.201.920	0,7118	Rp 54.239.022
4	Rp -	Rp -	Rp 76.201.920	Rp 76.201.920	0,6355	Rp 48.427.698
5	Rp -	Rp 139.253.000	Rp 76.201.920	Rp 215.454.920	0,5674	Rp 122.254.908
TOTAL						Rp 492.959.760

Untuk mempermudah pemahaman cara perhitungan, berikut ini uraian penjelasan secara rinci dari perhitungan masing-masing komponen biaya. Sebagai perwakilan, rincian perhitungan periode waktu 5 tahun diambil sebagai representasi dari keenam perhitungan. Dan semua biaya dihitung dalam bentuk present value.

- 1) Capital Cost merupakan biaya pembelian lampu sesuai dengan jumlah unit lampu.
- 2) Besar Replacement Cost sama dengan Capital Cost. Nilai faktor biaya antara CFL dan LED berbeda karena perbedaan umur lampu CFL dan LED. Berdasarkan data umur lampu, umur lampu CFL adalah 9

bulan dan LED adalah 48bulan, dengan waktu pemakaian per harinya adalah 24 jam. Nilai faktor replacement cost didapatkan dari selisih nilai antara tahun ke-n yang ditentukan dikurangi dengan nilai tahun ke-(sesuai umur lampu).

- 3) Operating Cost didapatkan dari persentase biaya operasi terhadap total biaya keseluruhan lampu. Operating Cost memperhitungkan biaya penggunaan sumber daya seperti listrik. Sedangkan, nilai faktor biaya untuk Operating Cost didapatkan dari nilai tahunan yang ditarik ke dalam nilai saat ini (*present value*).

4) Discount rate berdasarkan definisi dari Life Cycle Costing for Design Professionals^{2nd} Edition, discount rate adalah tingkat bunga yang menunjukkan nilai uang investor terhadap waktu. Nilai discount rate dapat dipengaruhi oleh tingkat inflasi. Discount rate menentukan nilai saat ini (present value) dari biaya dimasa depan. Berikut ini cara perhitungannya discount rate 12% per tahun

Year 0 = uninverted discount rate = 1, discount = $1/1 = 1$.

Year 1 = uninverted discount rate = $1 \cdot 1.12 = 1.12$, discount = $1/1.12 = 0.8929$

Year 2 = uninverted discount rate = $1.12^2 = 1.2544$, discount = $1/1.2544 = 0.7972$

Year 3 = uninverted discount rate = $1.12^3 = 1.4049$, discount = $1/1.4049 = 0.7118$

Year 4 = uninverted discount rate = $1.12^4 = 1.5735$, discount = $1/1.5735 = 0.6355$

Year 5 = uninverted discount rate = $1.12^5 = 1.7623$, discount = $1/1.7623 = 0.5674$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan perhitungan untuk biaya investasi awallampu LED tanpa lampu CFL adalah sebesar Rp 139.253.000. Kemudiansetelah melakukan perhitungan didapatkan Rp 492.959.760 darimenjumlahkan semua biaya operasi dengan discount rate 12% selama 5tahun. Dandidapatkan nilai LCC untuk lampu LED adalah sebesar Rp 492.959.760. Untuk perhitungan LCC lampu CFL adalah seperti di bawah ini:

Tabel 8. LCC CFL PLC Lamps

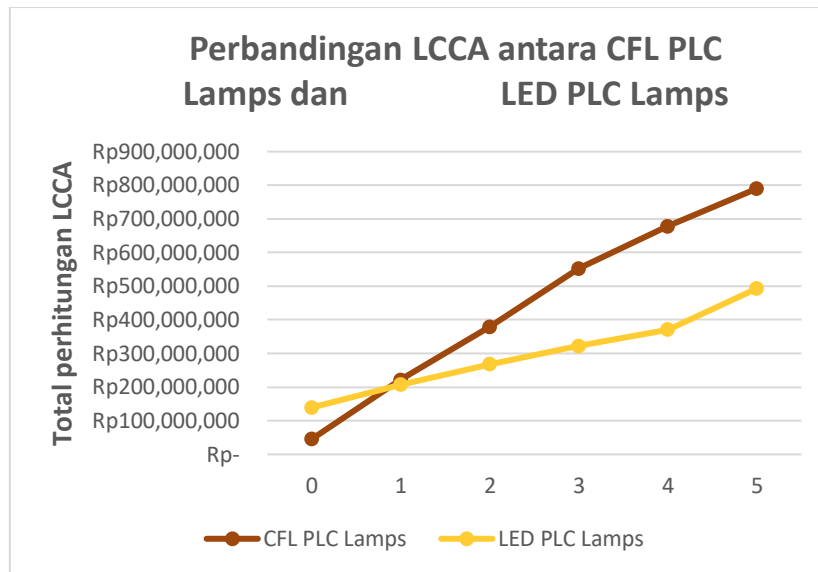
CFL PLC Lamps						
Year	Capital Cost	Replacement Cost	Operation Cost	Cash flow	Discount	Present Worth
0	Rp 45.260.500	Rp -	Rp -	Rp 45.260.500	1,0000	Rp 45.260.500
1	Rp -	Rp 45.260.500	Rp 152.403.841	Rp 197.664.341	0,8929	Rp 176.486.019
2	Rp -	Rp 45.260.500	Rp 152.403.841	Rp 197.664.341	0,7972	Rp 157.576.802
3	Rp -	Rp 90.521.000	Rp 152.403.841	Rp 242.924.841	0,7118	Rp 172.909.104
4	Rp -	Rp 45.260.500	Rp 152.403.841	Rp 197.664.341	0,6355	Rp 125.619.262
5	Rp -	Rp 45.260.500	Rp 152.403.841	Rp 197.664.341	0,5674	Rp 112.160.056
TOTAL						Rp 790.011.742

Diketahui untuk biaya investasi pembelian lampu CFL adalah sebesarRp 45.260.500. Kemudian setelah melakukan perhitungan didapatkan Rp 790.011.742. Angka tersebut didapatkan dari menjumlahkan semua biayaoperasi dengan bunga discount rate 12% selama 5tahun. Sehingga didapatkan biaya LCCuntuk lampu TL adalah sebesar Rp 790.011.742.

Berdasarkan perhitungan pada halaman sebelumnya, dari melihat angkanya nilaiLCC lampu CFL itu lebih

besar daripada nilai LCC lampu LED. Alasannya adalahkarena biaya operasi lampu LED lebih murah dibandingkan lampu CFL dan siklus hidup lampu LED lebih panjang dari lampu CFL. Satu siklus hiduplampu LED akan dapat digantikan dengan lima kali siklus hidup lampu CFL yangsaat ini digunakan.

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan estimasi biaya berdasarkan hasil perhitungan antara lampu CFL dan lampu LED.



Gambar 2. Perbandingan LCCA antara CFL PLC dan LED PLC

Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat bahwa penggunaan lampu LED lebih hemat dari segi biaya dibandingkan dengan penggunaan lampu CFL. Biaya awal penggunaan lampu LED memang lebih besar dibandingkan lampu CFL. Namun, biaya untuk replacement dan operating cost lampu LED lebih kecil dibandingkan lampu CFL dan biaya residual lampu LED lebih besar

dibandingkan lampu CFL. Persentase penghematan penggunaan lampu LED dapat diperoleh minimal sebesar 6,52% pada tahun pertama dan meningkat hingga 45,31 % pada tahun simulasi ke 4. Persentase penghematan pada tahun ke 5 mengalami penurunan menjadi 37,6 % karena terdapat biaya replacement pada LED.

Tabel 9. Biaya LCC dalam Present Value

Tahun	Biaya dalam Present Value		Persentase Penghematan
	CFL PLC Lamps	LED PLC Lamps	
0	Rp 45.260.500	Rp 139.253.000	-207,67 %
1	Rp 221.746.519	Rp 207.290.429	6,52 %
2	Rp 379.323.321	Rp 268.038.133	29,34 %
3	Rp 552.232.425	Rp 322.277.154	41,64 %
4	Rp 677.851.687	Rp 370.704.852	45,31 %
5	Rp 790.011.742	Rp 492.959.760	37,60 %

Berdasarkan hasil perhitungan LCC yang telah dilakukan maka terbukti bahwa penggunaan lampu LED lebih hemat secara biaya bahkan lebih dari 45% dibandingkan dengan penggunaan lampu CFL. Oleh karena itu, perhitungan LCC dapat digunakan untuk memperkirakan alternatif barang/sistem yang lebih hemat biaya karena perhitungan LCC menghitung keseluruhan biaya mulai dari biaya awal, biaya penggantian, biaya

operasional dan pemeliharaan, nilai sisa, dan biaya lain-lain.

Analisis Hasil Evaluasi Pemilihan Alternatif

Evaluasi dilakukan dengan menggunakan metode Life Cycle Cost Analysis, karena usia masing-masing lampu berbeda-beda. Metode life cycle cost ini memperhitungkan total biaya satu lampu dalam satu siklus hidupnya. Jadi

yang terpilih adalah lampu yang memiliki total LCC terkecil dari kedua alternatif yang ada. Setelah dihitung maka didapatkan hasilnya bahwa LCC lampu CFL nilainya adalah Rp 797.643.807, kemudian LCC lampu LED adalah sebesar Rp 496.773.433. Maka alternatif yang terpilih adalah lampu LED.

Mengapa bisa lampu LED yang terpilih? Padahal jika dilihat dari perhitungan nilai investasi lampu LED memiliki nilai investasi paling tinggi dibandingkan dengan lampu CFL PLC, namun jika dilihat dari perhitungan biaya tahunan masih lebih murah lampu LED. Alasannya adalah karena lampu LED memiliki usia lebih panjang dari CFL. Jika diperhitungkan ulang maka satu siklus lampu LED dengan usia 4 tahun, akan sama dengan 5 siklus lampu CFL dengan usia 9 bulan. Maka hasilnya akan tetap menguntungkan jika Apartemen The Peak at Sudirman mengganti lampu CFL dengan lampu LED.

Alasan lain mengapa lampu LED lebih layak untuk menggantikan lampu CFL yang sekarang terpakai adalah alasan dampak terhadap lingkungan. Dalam artian lain lampu LED memiliki social benefit untuk pengguna. Berdasarkan informasi yang didapatkan bahwa lampu golongan lampu Fluorescence Lamp yang meliputi lampu CFL (Compact Fluorescence Lamp) sedikitnya mengandung 5 mg logam berbahaya dan beracun yaitu mercury. Sebuah penelitian di Fraunhofer Wilhelm Klauwitz Institute mengungkap bahwa bola lampu CFL yang pecah dapat meningkatkan kadar merkuri di udara tertutup hingga 7 mikrogram/cm³. Sementara batas aman yang tidak membahayakan adalah 0,35 mikrogram/cm. Merkuri merupakan suatu logam yang apabila kontak dengan kulit dapat menyebabkan ruam, sedangkan apabila terhirup dapat menyebabkan sakit kepala migrain, dan memicu kejang pada penderita epilepsi. Kadar merkuri sebenarnya cukup kecil, hanya sekitar 1-5 mg pada setiap bola lampu CFL dan tidak terlalu berbahaya jika segera tersapu angin. Namun ruangan tertutup yang tidak ada angin, kadarnya bisa meningkat 20 kali lipat sehingga sangat

membahayakan. Sehingga beberapa fakta tentang lampu CFL bisa dijadikan bahan pertimbangan untuk memilih menggunakan lampu tersebut.

Adapun beberapa fakta yang mengungkapkan tentang lampu LED adalah selain lampu yang hemat energi karena dayanya rendah, lampu LED jugadinyatakan aman dari bahan-bahan yang beracun dan berbahaya untuk manusia dan lingkungan.

KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan dan analisis mengenai kebenaran daya dan pemilihan lampu alternatif yang terpilih untuk menggantikan lampu CFL saat ini maka didapatkan kesimpulannya adalah sebagai berikut:

- a. Menurut metode LCCA maka penghematan dari biaya terendahlah yang menjadi dasar pemilihan dari kedua jenis lampu yaitu CFL dengan biaya Rp 790.011.742 dan LED Rp 492.959.760. Maka LED lah yang menjadi pilihan yang tepat bagi apartemen The Peak at Sudirman, karena LED memberikan penghematan melalui umur hidupnya yang panjang. Satu siklus hidup LED sama dengan 5 kali siklus hidup lampu CFL. LED juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan lampu CFL yang dikatakan mengandung bahan mercury di dalamnya.
- b. Besar penghematan energi yang diberikan lampu LED dibandingkan dengan lampu CFL adalah sebesar 50 % dan Apartemen The Peak at Sudirman akan mendapatkan keuntungan dengan menghemat energi konsumsi sebesar 73.569,6 Kwh setiap tahunnya. Penurunan biaya yang bisa dicapai adalah sebesar 37,6 % pada nilai LCC lampu LED selama 5 tahun yaitu Rp 492.959.760 dibandingkan dengan LCC pada lampu CFL yaitu Rp 790.011.742. Sehingga pihak Apartemen The Peak at Sudirman dapat melakukan penghematan biaya sebesar Rp 297.051.982 dalam kurun waktu 5 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Endro, Herman, 2003, **Teknik Penghematan Energi Pada System Pencahayaan, Bagian Proyek Pelaksanaan Efisiensi Energi**, Jakarta : DEPDIKNAS
- Fanning, Dean. 2014. **Life Cycle Costing., How to calculate life cycle costs and total ownership cost.** USA : Arkie Fanning PE, CCE.
- Iskandar, Alexander. 2012. **Studi komparasi life cycle cost pada gedung apartemen**, Hal 1-8. <https://media.neliti.com/media/publications/76352-ID-none.pdf>.
- Mahlia TMI, H. Abdul Razakb, M.A. Nursahidaa.2011.**Life cycle cost analysis and payback period of lighting retrofit at the University of Malaya., Renewable and Sustainable Energy Reviews 15.** Hal 1-8. <http://repository.um.edu.my/12241/1/Life%20cycle%20cost%20analysis%20and%20payback%20period%20of%20lighting%20retrofit%20at%20the%20University.pdf>.
- Manuaba, A. 1998. **Pengaruh Ergonomi Terhadap Produktivitas. Dalam Seminar Produktivitas Tenaga Kerja**, Jakarta
- Mardiasmo. 2009. **Akuntansi Sektor Publik.** Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Pujawan, I Nyoman. 2017. **Ekonomi Teknik**, Surabaya : Guna Widya.
- Purnamasari, Lilis. 2012. **Life cycle cost analysis Penggunaan Lampu Hemat Energi di Fakultas Teknik, UI.** Penelitian S1. Depok : UI. Hal 1-107
- Ristono, Agus dan Puryani. 2011. **Ekonomi Teknik**, Yogyakarta : Graha Ilmu
- Suma'mur, PK. 1982. **Ergonomi Untuk Produktivitas Kerja**, Jakarta : Yayasan Swabhawa Karya.
- Thesa D. Junus, Dian Fitria. 2017. **Pengambilan Keputusan Investasi dengan menggunakan Metode Life Cycle Cost Analysis.** Hal 1-8. http://www.pt-asdi.com/upload/file/161219_Pengambilan_Keputusan_Melalui_Metode_LCC.pdf.
- Utomo, Cristiono. 2012. **Analisis Life Cycle Cost pada Green Building Diamond Building Malaysia**, Hal 1-8. <http://www.ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/File/1030/402>.