ANALISIS PERBANDINGAN LIGHT EMITTING DIODE (LED) DAN FLUORESCENT PADA GEDUNG GRIYA LEGITA UNIVERSITAS PERTAMINA

Sabila Hadinnisa
Fakultas Sains dan Komputer, Program Studi Ilmu Komputer
Universitas Pertamina

Muhammad Redho Darmawan
Fakultas Sains dan Komputer, Program Studi Ilmu Komputer
Universitas Pertamina

Cleoputra Goldi Abdichianto
Fakultas Sains dan Komputer, Program Studi Ilmu Komputer
Universitas Pertamina

Adikara Perkasa B.Tjaru
Fakultas Sains dan Komputer, Program Studi Ilmu Komputer
Universitas Pertamina

Arie Ardiansyah Siswanto
Fakultas Sains dan Komputer, Program Studi Ilmu Komputer
Universitas Pertamina

Meredita Susanty
Fakultas Sains dan Komputer, Program Studi Ilmu Komputer
Universitas Pertamina
Email: mereditasusanty@universitaspertamina.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan bidang industri pencahayaan menjadi salah satu hal yang banyak mendapat perhatian oleh para peneliti dan investor khususnya dalam usaha penghematan energi, usia pemakaian, dan kelestarian lingkungan. Salah satu penemuan baru di bidang industri pencahayaan adalah teknologi *Light Emitting Diode* (LED). Teknologi LED mempunyai keunggulan dalam penghematan energi. Lampu LED memiliki watt yang jauh lebih kecil dengan tingkat penerangan yang lebih tinggi dibandingkan lampu fluorescent dengan besar watt yang sama sehingga teknologi LED mulai menggeser teknologi *Fluorescent* sebagai teknologi yang digunakan oleh sebagian besar komoditas sebelum munculnya LED. Hanya saja harga lampu LED lebih mahal sehingga membentuk pemikiran beberapa orang bahwa penggunaan LED belum tentu lebih hemat dari segi dana. Tulisan ini bertujuan untuk membandingkan pengeluaran dari penggunaan lampu LED dan *fluorescent* dan mencari tahu penggunaan teknologi pencahayaan yang lebih efisien untuk Gedung Griya Legita. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam jangka waktu yang lama, penggunaan lampu LED lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan lampu *fluorescent*.

Kata kunci: efisiensi, energi, harga, industri pencahayaan, penggunaan

ABSTRACT

The development of the illumination industry has become one of the things that has received much attention from researchers and investors, typically in the effort of energy-saving, lifetime, and preserve the environment. One of the new inventions in the illumination industry is the Light

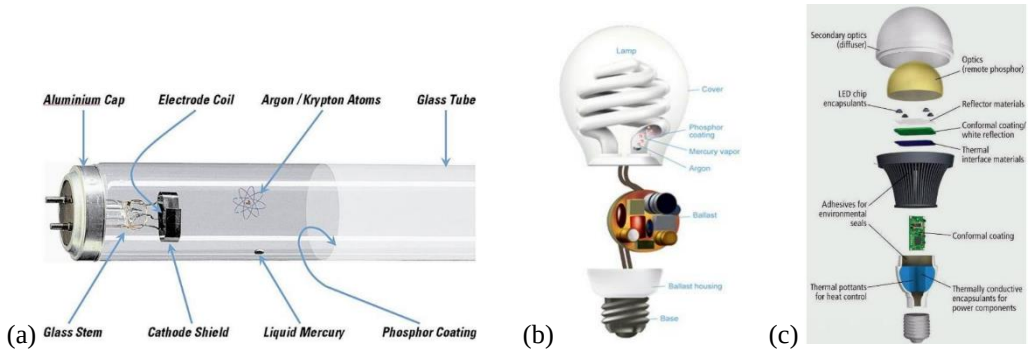
Emitting Diode (LED) technology. LED technology has advantages in energy savings. LEDs have a much smaller wattage with a higher level of illumination than fluorescent with the same wattage so that LED technology began to shift Fluorescent technology as the technology used by most commodities before the advent of LEDs. The disadvantage is the price of LED is more expensive, so it forms the thought of some people that, in terms of the fund, the use of LEDs is not necessarily more economical. This paper aims to compare expenditure from the use of LED and fluorescent and find out more efficient use of lighting technology for the Griya Legita Building. The results of this study show that over a long period, the utilization of LED is more efficient than fluorescent.

Keywords: efficient, energy, illumination industry, price, utilization.

1. PENDAHULUAN

Teknologi semakin berkembang seiring dengan pertambahan umur alam semesta. Perkembangan ini didorong oleh peningkatan kebutuhan manusia akan teknologi pada segala jenis aspek kehidupan. Berawal dari era revolusi industri sampai sekarang, para ilmuwan dan peneliti terus melakukan pengembangan perangkat elektronik baru baik sebagai kebutuhan maupun gaya hidup yang lebih modern. Hal ini berakibat pada peningkatan permintaan teknologi di pasaran yang secara otomatis berdampak pula pada peningkatan kebutuhan sumber daya energi listrik. Data bauran energi primer Indonesia [1] menunjukkan sumber daya energi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia bersumber dari 43.05% minyak bumi, 28,7% batu bara, 22,05% gas bumi, dan 6,2% energi baru terbarukan. Dari data tersebut, sebagian besar sumber energi listrik di Indonesia masih berasal dari minyak bumi. Semakin banyak energi listrik yang dibutuhkan, semakin banyak kebutuhan energi fosil yang digunakan dan semakin banyak pula limbah gas yang penyebab global warming yang dihasilkan. Hal inilah yang mendorong para pengembang perangkat keras dan perangkat lunak akan pentingnya efisiensi energi pada device teknologi. Dari kepedulian ini terciptalah inovasi-inovasi baru berupa peralatan hemat energi. Salah satu inovasi yang cukup mendapat perhatian adalah inovasi di bidang penerangan ruangan (lampu).

Saat ini terdapat beberapa tipe lampu yang tersebar di pasaran yang ditunjukkan pada gambar 1. *Linear fluorescent* (TL) adalah lampu yang paling banyak dijumpai dan digunakan pada bangunan, pusat perbelanjaan, maupun di lingkungan industri. Lampu TL mengandung merkuri dan gas argon bertekanan rendah, serta serbuk fosfor pada lapisan tabungnya. Lampu jenis ini membutuhkan waktu nyala yang lebih lama jika dibandingkan dengan lampu LED karena menggunakan reaktan sirkuit magnet untuk memulai cahaya. Ini merupakan suatu kerugian karena menyebabkan konsumsi energi yang cukup signifikan dalam penyalaannya. Disisi lain, merkuri adalah zat yang sangat berbahaya karena dapat mencemari lingkungan sehingga proses daur ulang lampu *fluorescent* harus dilakukan secara hati-hati. Jenis lampu *fluorescent* yang lain yaitu *Compact Fluorescent Lighting* (CFL). Lampu ini biasa digunakan pada rumah-rumah dan perkantoran. Cara kerja dan zat yang terkandung dalam lampu CFL sama dengan lampu TL hanya saja lampu CFL diciptakan untuk menggantikan lampu pijar sehingga didesain dengan ukuran yang lebih kecil. Karena mengandung kandungan zat yang sama, lampu CFL juga menimbulkan dampak yang buruk terhadap lingkungan [2].



Gambar 1. Struktur Lampu: (a) Linear Fluorescent, (b) Lampu CFL, (c) Lampu LED [2]

Penemuan terbaru di bidang industri penerangan saat ini adalah *Light Emitting Diode* (LED). LED adalah teknologi dengan media semikonduktor yang dapat merubah energi listrik menjadi cahaya pada saat media tersebut dialiri oleh listrik. Dilihat dari segi efisiensi energi, lampu LED lebih unggul dibandingkan lampu *fluorescent*. LED juga dapat digunakan pada berbagai bentuk lampu dan perlahan mulai menggantikan lampu fluorescent. Kekurangan dari lampu LED adalah harganya yang relatif mahal. Hal ini menjadi salah satu faktor pemicu bagi para konsumen untuk tidak berpindah ke lampu LED. Akan tetapi terdapat suatu hipotesis bahwa pengeluaran biaya investasi lampu LED akan diikuti dengan rendahnya biaya energi listrik yang dikeluarkan sehingga penggunaan lampu LED akan lebih hemat dibandingkan lampu fluorescent [2], [3]. Penelitian tersebut dilakukan di Untuk membuktikan hal itu dilakukan uji perbandingan penggunaan listrik untuk penerangan pada Gedung Griya Legita Universitas Pertamina.

Gedung Griya Legita Universitas Pertamina terdiri dari 9 lantai dengan spesifikasi ruang bangunan dapat dilihat pada gambar 2. Untuk menunjang kegiatan pembelajaran, Universitas Pertamina telah menyediakan fasilitas-fasilitas pendukung. Fasilitas yang dimaksud salah satunya ruang kelas dan ruang perpustakaan sebagai tempat kegiatan belajar dan membaca. Untuk mendukung kegiatan ini, dibutuhkan fasilitas penerangan yang cukup dan memadai. Penerangan untuk Gedung Griya Legita Universitas Pertamina sendiri hampir seluruhnya telah menggunakan teknologi LED, kami akan membandingkan pengeluaran listrik untuk penerangan Gedung Griya Legita jika menggunakan LED dan kondisi hipotetikal jika menggunakan lampu *fluorescent*.

Penelitian ini bertujuan mengukur efisiensi penggunaan listrik dan biaya terhadap penggunaan lampu jenis tertentu di gedung perkantoran di Indonesia. Dengan adanya data dan fakta yang diperoleh dari perhitungan empiris pada penelitian ini diharapkan dapat mendorong masyarakat di Indonesia untuk menggunakan jenis lampu yang lebih efisien.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti tahapan-tahapan pada Gambar 2. Detail setiap tahapan dijelaskan pada sub bab yang berbeda.

Gambar 2. Tahapan Penelitian

2.1 *Persiapan*

Pada tahapan ini dilakukan tinjauan pustaka dan penentuan batasan penelitian, area yang akan diamati, hal-hal yang akan diamati serta cara pengambilan dan lama pengambilan data serta cara untuk melakukan pengolahan data.

2.2 *Pengumpulan Data*

Pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi, analisis dokumen, dan wawancara. Observasi adalah suatu teknik yang dilakukan dengan cara pengamatan secara teliti dan pengamatan secara sistematis[4]. Penelitian ini melakukan observasi lapangan yang mengamati keadaan nyata yang terjadi di area tertentu yang ditentukan pada tahap persiapan. Observasi dapat dilakukan untuk mengumpulkan data kualitatif dan kuantitatif [5]. Dalam penelitian ini, observasi dilakukan untuk mengumpulkan data kuantitatif berupa data jenis lampu, jumlah lampu.

Analisis dokumen digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi berdasarkan arsip, buku catatan, buku, gambar, atau laporan dan sebagainya [4]. Metode ini digunakan untuk mendapatkan informasi teknis tentang teknologi yang digunakan. Dalam penelitian ini dokumen yang digunakan adalah dokumen spesifikasi teknik yang dikeluarkan oleh perusahaan yang memproduksi teknologi tersebut.

Wawancana adalah cara pengumpulan data yang dilakukan melalui percakapan untuk menggali data dan informasi tertentu. Wawancara dapat dilakukan dengan cara yang terstruktur, semi terstruktur, atau tidak terstruktur [5]. Wawancara semi terstruktur dengan jenis pertanyaan campuran antara pertanyaan terbuka dan tertutup digunakan dalam penelitian ini. Narasumber dalam wawancara adalah tim sarana dan prasana universitas. Wawancara bersifat retrospektif, dimana narasumber diminta untuk berbagi data dan menggambarkan kejadian yang sudah lampau.

2.3 *Analisis*

Data yang diperoleh pada tahapan sebelumnya kemudian dianalisis menggunakan metode kuantitatif riset komparatif. Penelitian kuantitatif riset komparatif adalah penelitian deskriptif yang mencari jawaban secara mendasar tentang sebab-akibat, dengan menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya atau munculnya fenomena tertentu.

$$d = (\sum_{i}^{x} P_i * n_i) * \frac{15}{1000} \quad (1)$$

$$C_d = d * R \quad (2)$$

$$m = \sum_{j=1}^{24} d_j \quad (3)$$

$$C_m = \sum_{j=1}^{24} c_{dj} \quad (4)$$

$P = daya\ listrik$ $d = konsumsi\ listrik\ harian$ (kWH) $j = hari$
$n = jumlah\ lampu$ $m = konsumsi\ listrik\ bulanan$ (kWH) $R = harga\ dasar\ listrik$
$i = jenis\ lampu$ $C_d = biaya\ listrik\ harian$ $C_m = biaya\ listrik\ bulanan$

Hal yang dibandingkan adalah kondisi as-is (kondisi saat ini) dengan kondisi hipotesis, yaitu ketika seluruh teknologi penerangan gedung Griya Legita Universitas Pertamina menggunakan

lampu Fluorescent untuk mendapatkan kesimpulan berupa rekomendasi teknologi penerangan mana yang lebih baik secara ekonomis.

Untuk membandingkan kedua teknologi, terlebih dahulu dihitung konsumsi daya harian dan bulanan dari keseluruhan lampu yang digunakan dalam gedung menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2). Total konsumsi harian kemudian digunakan untuk menghitung biaya listrik harian dan bulanan yang dikeluarkan oleh universitas setiap bulannya menggunakan persamaan (3) dan persamaan (4).

$$K = 15\frac{jam}{hari} * 24\frac{hari}{bulan} = \frac{360\ jam}{bulan} \quad (5)$$

$$A = \frac{MTTF}{K} \quad (6)$$

$$K = konstanta\ konversi\ jam\ ke\ tahun$$
$$MTTF = usia\ penggunaan\ maksimal\ lampu\ dalam\ satuan\ jam$$
$$A = perkiraan\ usia\ penggunaan\ lampu\ dalam\ satuan\ tahun$$

Setiap lampu memiliki perkiraan usia penggunaan dalam satuan jam yang disebut Mean Time to Failure (MTTF). MTTF adalah suatu ukuran untuk benda elektronik yang tidak bisa diperbaiki. Ukuran ini menggambarkan rata-rata waktu hingga suatu benda elektronik tidak bisa digunakan lagi [6]. Karena perhitungan biaya dilakukan tiap bulan perlu dilakukan konversi usia penggunaan ke dalam satuan bulan. Untuk melakukan perkiraan kapan lampu akan diganti masa penggunaan lampu dihitung dalam satuan bulan menggunakan persamaan (6) yang membagi nilai MTTF dengan konstanta jam dimana konstata jam ini dihitung menggunakan persamaan (5). Pada saat masa penggunaan lampu ini habis, selain pengeluaran karena biaya listrik, biaya penggantian lampu juga dimasukkan sebagai komponen pengeluaran pada bulan tersebut. Sehingga pengeluaran biaya pada bulan tersebut dihitung dengan persamaan (7)

$$C_T = C_m + (\sum_{i}^{x} r_i * n_i) \quad (7)$$

$$C_T = pengeluaran\ total\ tahunan$$
$$r = harga\ satuan\ lampu$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan mengamati salah satu gedung di kompleks Universitas Pertamina. Gedung yang diamati adalah gedung griya legita yang terdiri dari 9 lantai dengan detail area pengamatan seperti dijabarkan pada Tabel 1. Di setiap area pengamatan dilakukan pengambilan data jumlah lampu dan jenis lampu. Data jenis lampu dicocokan dengan hasil dari wawancara dengan tim sarana dan prasarana universitas. Berdasarkan data jenis lampu, dilakukan dokumen analisis untuk mendapatkan data-data daya, fluks cahaya, rata-rata usia penggunaan, dan harga satuan untuk setiap jenis lampu. Data-data yang diperoleh dari ketiga metode ini dirangkum pada Tabel 2 beserta satuan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Area Pengamatan

Lantai	*Jenis Ruangan dan Jumlah (ruang)*
1	*Lobi (1), Ruang Kelas (3), Toilet (4)*
2	*Ruang Kelas (3), Ruang Dosen (2), Toilet (1), Lorong*

Tabel 2. Hal yang Diamati

Hal yang diamati	*Satuan*
Jumlah Lampu	*Buah*
Jenis Lampu	-
Daya	*Watt*
Fluks	*Lumen*

3	*Ruang Kelas (6), Toilet (2), Lorong*	Usia Penggunaan	*jam*
4	*Ruang Kelas (6), Toilet (2), Lorong*	(MTTF)	
5	*Ruang Kelas (7), Toilet (2), Lorong*	Harga	*Rupiah*
6	*Ruang Kelas (7), Toilet (2), Lorong*		
7	*Ruang Kelas (7), Toilet (2), Lorong*		
8	*Ruang Kelas (7), Toilet (2), Lorong*		
9	*Perpustakaan, Toilet (2), Lorong*		

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, ada 2 jenis lampu yang digunakan di gedung Griya Legita, yaitu Philips LED Bulb 10.5W yang selanjutnya akan dirujuk sebagai Lampu LED Kecil dan Philips Essential LED tube 1200mm 16W865 AP G yang selanjutnya akan dirujuk sebagai Lampu LED Besar seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3. Jumlah kedua jenis lampu ini di seluruh gedung dijelaskan pada Tabel 3 dan spesifikasi masing-masing lampu dijelaskan pada Tabel 4 [7].

Tabel 3. Hasil Pengamatan Penggunaan Lampu

Jenis Lampu	***Jumlah(buah)***
LED Kecil	*875*
LED Besar	*618*

Tabel 4. Spesifikasi Lampu [7]

Spesifikasi	***LED Kecil***	***LED Besar***
Watt	*10,5 Watt*	*16 Watt*
Intensitas Cahaya	*1.055 Lumen*	*2.100 Lumen*
MTTF	*15.000 jam*	*30.000 jam*
Harga Satuan	*Rp 44.100,-*	*Rp 109.000,-*

Untuk menghitung efisiensi penggunaan listrik dan biaya, penggunaan lampu LED dibandingkan dengan penggunaan lampu Fluorescent yang memiliki intensitas cahaya setara dengan lampu LED yang sekarang terpasang di gedung Griya Legita. Lampu tersebut adalah Panasonic EFU Type EFUHV18L27A2 yang selanjutnya akan dirujuk sebagai Lampu CFL, dan lampu tabung Philips MASTER TL5 HE 21W/830 SLV/40 yang selanjutnya akan dirujuk sebagai Lampu TL seperti pada Gambar 4 dengan spesifikasi masing-masing lampu pada Tabel 5.

Selain membandingkan nilai investasi yang dibutuhkan untuk masing-masing jenis lampu, dilakukan perbandingan pengeluaran listrik rutin dari penggunaan lampu di gedung Griya Legita berdasarkan kondisi hipotetikalnya dapat dibuat. Universitas Pertamina termasuk dalam kategori B2 bisnis menengah tegangan rendah dengan tarif Rp. Rp. 1.467,28/kWH[8]. Penelitian ini menggunakan beberapa asumsi yang diperlukan untuk melakukan perhitungan, yaitu:

1. Dalam 1 hari, penerangan digunakan dalam waktu 15 jam, mulai pukul 6.00 hingga pukul 21.00.
2. Ruangan di dalam gedung digunakan selama 24 hari kerja dalam 1 bulan.
3. Gedung Griya Legita selalu aktif selama satu tahun penuh, karena dalam satu tahun kalender Universitas Pertamina menjalankan 3 semester perkuliahan (ganjil, genap, dan pendek).

Tabel 5. Spesifikasi Lampu Fluorescent Setara [9], [10]

Spesifikasi	***CFL***	***TL***
Watt	*18 Watt*	*21 Watt*
Intensitas Cahaya	*1.100 Lumen*	*2.100 Lumen*
MTTF	*8.000 jam*	*24.000 jam*

Tabel 6. Estimasi Harga Lampu

Jenis Lampu	***Jumlah***	***Harga Satuan***	***Total Investasi***
LED Kecil	*875*	*Rp 44.100*	*Rp 38.587.500*
LED Besar	*618*	*Rp 109.000*	*Rp 67.362.000*

	Rp 30.800,-	*Rp*		*875*	*Rp*	*Rp*
Harga Satuan		*27.500,-*	*CFL*		*30.800*	*26.950.000*
				618	*Rp*	*Rp*
			TL		*27.500*	*16.995.000*

Berdasarkan asumsi tersebut, dilakukan perhitungan pemakaian listrik menggunakan persamaan (1) hingga persamaan (4) sehingga menghasilkan estimasi penggunaan jenis lampu LED dan CFL/TL seperti pada Tabel 7. Perhitungan daya dan biaya penggunaan lampu LED menjumlahkan penggunaan LED besar dan LED kecil sedangkan perhitungan daya dan biaya penggunaan lampu CFL/TL menggabungkan penggunaan jenis lampu CFL dan TL.

Karena dalam penelitian ini diperhitungkan biaya investasi pembelian lampu, untuk setiap lampu dihitung masa penggunaannya menggunakan persamaan 6. Hasil perhitungan perkiraan masa penggunaan lampu untuk setiap jenis lampu ditampilkan pada Tabel 8. Setiap usia penggunaan pada Tabel 8 akan dibulatkan keatas. Kemudian pada periode-periode pembulatan tersebut, pengeluaran bulanan akan turut memperhitungkan biaya pembelian lampu baru sesuai dengan jenisnya.

Tabel 7. Estimasi Penggunaan Lampu

Spesifikasi	***LED***	***CFL/TL***
Pemakaian (KWh) harian	*286,1325*	*430,92*
Biaya harian (Rp)	*419.836,49*	*632.280,30*
Pemakaian (KWh) bulanan	*6.867,18*	*10.342,08*
Biaya bulanan (Rp)	*10.076.075,87*	*15.174.727,14*

Tabel 8. Estimasi Penggunaan Lampu

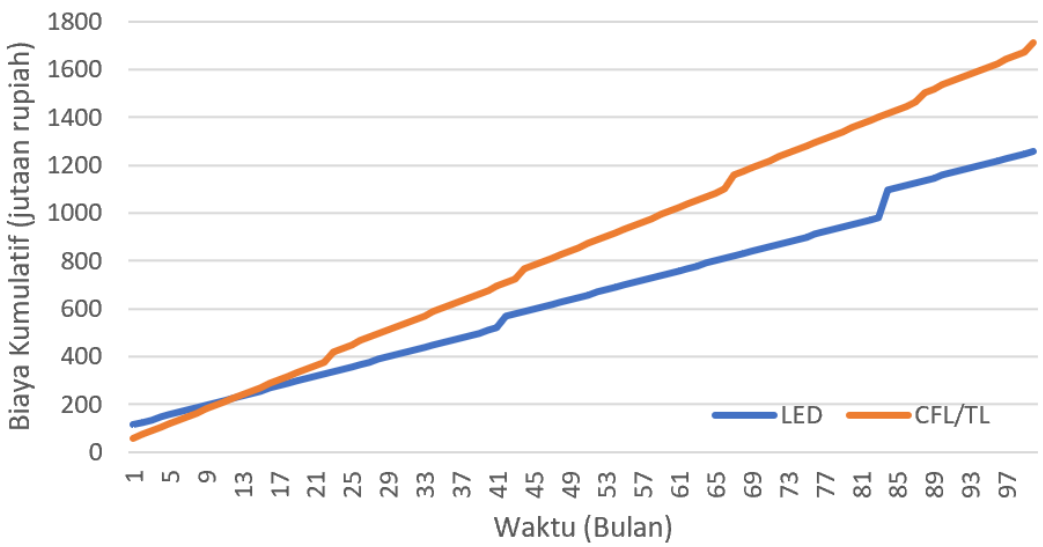
Jenis Lampu	***Masa Penggunaan (bulan)***
LED Kecil	*41,6*
LED Besar	*83,3*
CFL	*22,2*
TL	*66,6*

Tabel 9. Prediksi Biaya Bulanan

Bulan	***Biaya Listrik LED (Rp)***	***Biaya Listrik CFL/TL (Rp)***	***Pembelian LED (Rp)***	***Pembelian CFL/TL (Rp)***	***Kumulatif LED (Rp)***	***Kumulatif CFL/TL (Rp)***
1	*10.076.076*	*15.174.727*	*105.949.500*	*43.945.000*	*116.025.576*	*59.119.727*
2	*10.076.076*	*15.174.727*			*126.101.652*	*74.294.454*
3	*10.076.076*	*15.174.727*			*136.177.728*	*89.469.181*
4	*10.076.076*	*15.174.727*			*146.253.803*	*104.643.909*
5	*10.076.076*	*15.174.727*			*156.329.879*	*119.818.636*
6	*10.076.076*	*15.174.727*			*166.405.955*	*134.993.363*
7	*10.076.076*	*15.174.727*			*176.482.031*	*150.168.090*
8	*10.076.076*	*15.174.727*			*186.558.107*	*165.342.817*
9	*10.076.076*	*15.174.727*			*196.634.183*	*180.517.544*
10	*10.076.076*	*15.174.727*			*206.710.259*	*195.692.271*
11	*10.076.076*	*15.174.727*			*216.786.335*	*210.866.999*
12	*10.076.076*	*15.174.727*			*226.862.410*	*226.041.726*
13	*10.076.076*	*15.174.727*			*236.938.486*	*241.216.453*
14	*10.076.076*	*15.174.727*			*247.014.562*	*256.391.180*
15	*10.076.076*	*15.174.727*			*257.090.638*	*271.565.907*
16	*10.076.076*	*15.174.727*			*267.166.714*	*286.740.634*
17	*10.076.076*	*15.174.727*			*277.242.790*	*301.915.361*
18	*10.076.076*	*15.174.727*			*287.318.866*	*317.090.089*
19	*10.076.076*	*15.174.727*			*297.394.942*	*332.264.816*
20	*10.076.076*	*15.174.727*			*307.471.017*	*347.439.543*

Setelah mendapatkan biaya pengeluaran listrik per bulan dari masing-masing jenis lampu pada Tabel 7, masa penggunaan lampu pada Tabel 8, dan total investasi pembelian lampu pada Tabel 6, dilakukan perhitungan total pengeluaran per bulan antara kedua kelompok jenis lampu. Tabel 9 menunjukkan total pengeluaran per bulan yang dihitung menggunakan persamaan (4) dan persamaan (7) selama 20 bulan. Sebagai contoh, pengeluaran bulan pertama untuk jenis lampu LED adalah 116 juta yang memperhitungkan biaya pembelian lampu sebesar 105 juta dan biaya konsumsi listrik bulanan sebesar 10 juta.

Tabel 9 menunjukkan meskipun awalnya lampu CFL/TL memiliki pengeluaran yang lebih kecil, mulai bulan ke 12 pengeluaran yang dilakukan universitas lebih kecil untuk penggunaan lampu jenis LED. Hasil perhitungan pada Tabel 9 belum memperhitungkan biaya penggantian lampu saat masa penggunaannya habis karena masa penggunaan lampu paling pendek adalah 23 bulan. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih detail, perhitungan perlu diperpanjang. Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan hingga bulan ke-100 dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Biaya Untuk Penggunaan Lampu LED dan Fluorescent

Gambar 3 menunjukkan perbandingan pengeluaran selama 12 bulan dengan mempertimbangkan biata pembelian lampu baru pada bulan-bulan yang dituliskan di Tabel 8. Pada Gambar 3, sumbu x menyatakan waktu dan sumbu y menunjukkan total biaya yang dikeluarkan. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa dalam jangka panjang biaya penggunaan lampu LED lebih rendah dibandingkan biaya penggunaan lampu CFL/TL. Sejalan dengan waktu, tingkat penghematan yang diperoleh dari penggunaan lampu LED terhadap penggunaan lampu CFL/TL semakin besar, dilihat dari selisih yang semakin lebar antara kedua garis pada grafik tersebut. Selama 100 bulan, lampu LED kecil mengalami pergantian sebanyak dua kali, LED besar 1 kali, CFL lima kali, dan TL sebanyak 1 kali.

4. KESIMPULAN

Dari hasil observasi dan komparasi yang dilakukan dalam penelitian ini disimpulkan bahwa pengeluaran biaya penggunaan teknologi penerangan LED lebih kecil dibandingkan dengan Fluorescent, dalam kasus ini setelah 12 bulan penggunaan. Pada awalnya dapat diakui memang pengeluaran biaya dalam membeli lampu LED jauh lebih mahal dibandingkan lampu Fluorescent, tetapi hasilnya lampu LED mampu mengefisiensi energi listrik hingga 80% dibandingkan lampu

Fluorescent yang sangat berdampak pada pengeluaran biaya untuk penggunaan jangka panjang. Tingkat efisiensi yang tinggi ini juga dipengaruhi usia pemakaian lampu LED yang lebih lama dibandingkan lampu Fluorescent. Masa penggunaan yang lebih panjang secara keseluruhan juga akan menghasilkan limbah elektronik yang lebih sedikit.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini merekomendasikan penggunaan lampu LED untuk gedung perkantoran dengan skala mendekati Gedung Griya Legita Universitas Pertamina. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan komponen biaya yang harus dikeluarkan institusi untuk penanganan limbah elektronik yang dihasilkan dari penggunaan lampu di gedung komersil.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2016, "Outlook Energi indonesia 2016," Jakarta.
[2] L. P. Singh and G. Katal, 2013, "A Comparative Study on Design and Operation of Fluorescent Lapns, CFLs and LEDs," *J. Eng. Res. Appl.*, vol. 3, no. 5, pp. 401–407.
[3] P. Principi and R. Fioretti, 2014, "A comparative life cycle assessment of luminaires for general lighting for the office - Compact fluorescent (CFL) vs Light Emitting Diode (LED) - A case study," *J. Clean. Prod.*, vol. 83, pp. 96–107.
[4] S. Ahmed, 2007, "Empirical research in engineering practice," *J. Des. Res.*, vol. 6, no. 3, pp. 359–380.
[5] J. Preece, H. Sharp, and Y. Rogers, 2015, *Interaction Design Beyond Human-Computer Interaction*. Chichester: John Wiley & Sons.
[6] "MTBF, MTTR, MTTF, FIT Explained - B&B Electronics." [Online]. Available: http://www.bb-elec.com/Learning-Center/All-White-Papers/Fiber/MTBF,-MTTR,-MTTF,-FIT-Explanation-of-Terms.aspx. [Accessed: 09-Apr-2020].
[7] "LED lamps and tubes - Philips." [Online]. Available: https://www.lighting.philips.com/main/prof/led-lamps-and-tubes#pfpath=0-LED_GR. [Accessed: 08-Apr-2020].
[8] "Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Tarif Listrik Triwulan I 2020 Tetap." [Online]. Available: https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/tarif-listrik-triwulan-i-2020-tetap. [Accessed: 09-Apr-2020].
[9] "EFUHV18L27A2 / EFUHV18D65A2 Advance - Panasonic Indonesia." [Online]. Available: https://www.panasonic.com/id/consumer/lighting/advance/efuhv18l27a2-efuhv18d65a2.html. [Accessed: 08-Apr-2020].
[10] "MASTER TL5 HE 21W/830 SLV/40 MASTER TL5 High Efficiency - Philips." [Online]. Available: https://www.lighting.philips.co.id/prof/conventional-lamps-and-tubes/fluorescent-lamps-and-starters/tl5/master-tl5-high-efficiency/927926283055_EU/product. [Accessed: 08-Apr-2020].