

ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN LAMPU TL, CFL DAN LAMPU LED (STUDI KASUS PADA APARTEMEN X)

Adib Chumaidy

Program Studi Teknik Elektro FTI – ISTN
Jl. Moh. Kahfi II Jagakarsa – Jakarta Selatan
e-mail: adib.chumaidy@gmail.com

ABSTRAK

Apartemen X merupakan sebuah bangunan yang didalamnya terdiri dari area parkir atau basement, ruang ME (ruang kontrol panel), tangga kebakaran atau evakuasi, utilitas, fasilitas publik (lobby lift), koridor apartemen, ruang ganti, unit hunian apartemen. Sumber penerangan harus memenuhi standar dan disesuaikan dengan indera penglihatan manusia, demi memberikan kenyamanan dalam berbagai aktifitas. Untuk itu dalam menghitung jumlah kebutuhan lampu yang terpakai dari lampu TL, CFL dan LED, dihitung berdasarkan besar nilai lux pada suatu ruangan, luas ruangan, nilai lumen, nilai efisiensi penerangan dan faktor depresiasi atau nilai pengurangan pengotoran lampu, nilai cos phi atau cosinus beban lampu.

Dari hasil perhitungan untuk pemakaian energy listrik pada sebuah apartemen, diperlukan energy listrik sebesar 508,47MWh untuk lampu LED, sedang untuk lampu TL elektronik 682,9 MWh per tahun. Dengan demikian penggunaan lampu LED lebih hemat 25,54 % dibandingkan lampu TL elektronik.

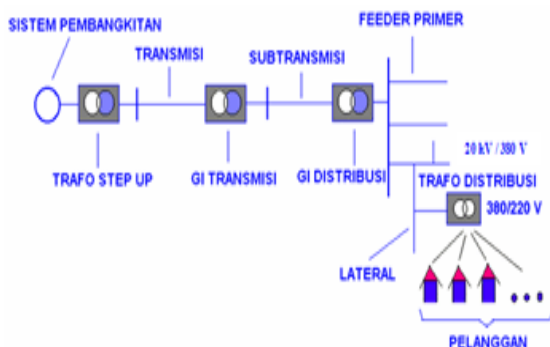
Kata Kunci : Lampu LED, lumen, flux, jumlah titik lampu, energy listrik.

1. PENDAHULUAN

Yang dimaksud lampu terhemat energi saat ini adalah lampu yang mengkonsumsi daya listrik (watt) seminimal mungkin, untuk menghasilkan cahaya tampak yang terpakai manusia sebesar mungkin. Saat ini penggunaan lampu neon / TL (*Tabung Fluorescent*) dan CFL (*Compact Fluorescent Lamp*) dianggap sudah merupakan lampu hemat energi. Sesuai perkembangan teknologi perlampuan terdapat lampu yang lebih hemat dibanding lampu neon, yaitu LED (*Light Emitting Diode*). Oleh sebab itu perlu untuk melakukan penelitian perbandingan suatu produk, dalam hal ini akan melakukan penelitian perbandingan antara lampu TL, CFL dan LED.

2. DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH

Sistem distribusi berguna menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen.

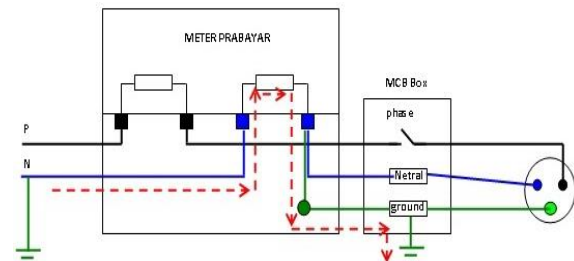


Gambar 1: Diagram Sistem Tenaga Listrik

Pada Gambar 1 merupakan diagram sistem tenaga listrik yang mulai dari sistem pembangkitan (sebagai sumber pembangkit), lalu diberikan trafo step up untuk ditransmisikan ke gardu induk transmisi dan disubtransmisikan ke gardu distribusi, setelah itu diarahkan ke feeder primer ke trafo distribusi yang kemudian didistribusikan ke konsumen ataupun ke pelanggan.

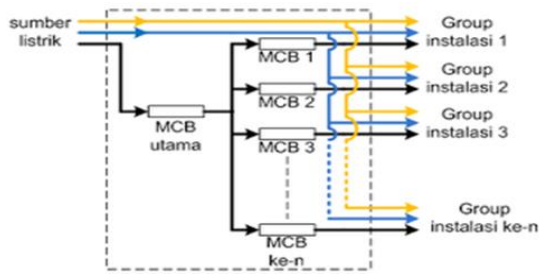
Kemudian daya tersebut dibagikan ke masing-masing sub panel, kemudian dari sub panel didistribusikan ke meter Prabayar (kWh Meter) yang juga didistribusikan ke konsumen ataupun ke pelanggan sesuai dengan kebutuhan.

Sistem Distribusi Pelanggan



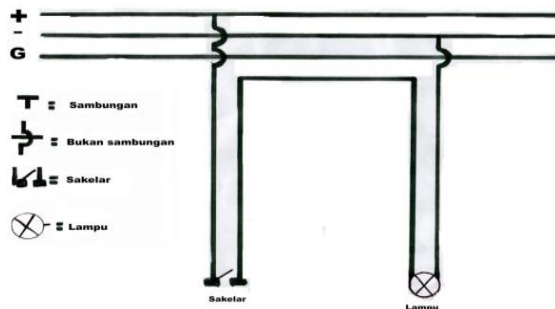
Gambar 2: Diagram Tenaga Listrik Pelanggan

Pada Gambar 2 diatas adalah diagram sistem tenaga listrik untuk kosumen yang mulai dari Meter Prabayar (kWh Meter), lalu ditransmisikan ke MCB Box yang berfungsi sebagai pengaman untuk suatu instalasi.



Gambar 3: Diagram Sistem Tenaga Listrik Grouping Instalasi Untuk Konsumen

Pada Gambar 3 diatas adalah diagram sistem tenaga listrik grouping instalasi untuk kosumen yang mulai dari MCB Utama yang berfungsi sebagai pengaman untuk suatu instalasi yang menjadi pusat pengaman sebelum dibagi MCB tersebut sesuai jalur yang telah ditentukan sesuai dengan kebutuhan pada grouping instalasi yang dibutuhkan oleh masing-masing beban.



Gambar 4: Diagram Sistem Instalasi Penerangan

Pada Gambar 4 diatas adalah diagram sistem instalasi penerangan untuk kosumen yang terdiri dari kabel instalasi yang positif, negatif serta pada suatu instalasi juga dilengkapi dengan grounding, pada instalasi penerangan memiliki saklar yang fungsinya sebagai pengaman dan juga untuk menghidup dan mematikan lampu, pada instalasi penerangan tersebut lampu sebagai beban yang dipakai.

3. PENCAHAYAAN

Pencahayaan didefinisikan sebagai jumlah cahaya yang jatuh pada permukaan. Satuannya adalah lux (1 lm/m^2), dimana lm adalah lumens atau lux cahaya. Beberapa jenis lampu dan istilah yang digunakan pada bangunan apartemen, diantaranya sebagai berikut :

a. Lampu TL

Lampu TL (Tubular lamp) yaitu jenis lampu pelepasan gas berbentuk tabung, berisi uap raksa bertekanan rendah.

b. Compact Fluorescent (CFL)

CFL (Compact Fluorescent Lamp) adalah jenis lampu fluorescent yang dibuat untuk menggantikan lampu incandescent / tungsrn. Dibandingkan dengan lampu tungsrn, dengan

penerangan yang sama, lampu CFL menggunakan energi yang lebih sedikit, tidak sama borosnya dengan lampu bohlam.

c. Lampu LED

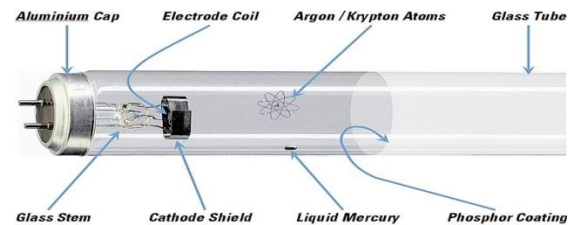
Lampu LED adalah dioda semikonduktor. Terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor diolah untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut pn (positif-negatif) persimpangan. Bila tersambung ke powersource maka arus mengalir dari sisi p-atau anoda ke sisi n, atau katoda, tetapi tidak dalam arah sebaliknya. Pembawa muatan (elektron dan lubang elektron) mengalir ke junction dari elektroda. Ketika elektron bertemu lubang, itu jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah, dan melepaskan energi dalam bentuk foton (cahaya). Oleh karena itu tidak ada pemberat atau starter diperlukan, sehingga dibutuhkan daya listrik yang lebih kecil.

3.1 Karakteristik dari beberapa jenis lampu

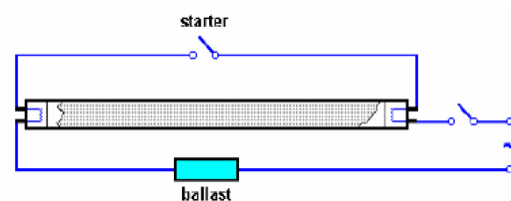
Karakteristik Jenis Lampu yang digunakan pada bangunan apartemen, diantaranya sebagai berikut :

a. Lampu TL

Lampu Fluorescent atau TL adalah jenis lampu yang di dalam tabungnya terdapat sedikit mercury dan gas argon dengan tekanan rendah, serbuk phosphor yang melapisi seluruh permukaan bagian dalam kaca tabung lampu tersebut. Tabung ini mempunyai dua elektroda pada masing-masing ujungnya, elektroda yang dimaksud adalah kawat pijar sederhana. Saat menyalakan lampu, arus mengalir pada elektroda kemudian elektron-elektron di dalamnya akan berpindah tempat dari ujung yang satu ke ujung tabung yang lain. Energi listrik ini juga merubah mercury dari cairan menjadi gas sehingga pada saat bersamaan atom mercury yang berupa gas ini akan tertabrak oleh elektron. Tabrakan ini menyebabkan energi elektron meningkat. Ketika energi elektron kembali normal saat itulah elektron-elektron itu melepaskan energi menjadi cahaya ringan.



Gambar 5.a. Susunan Lampu TL

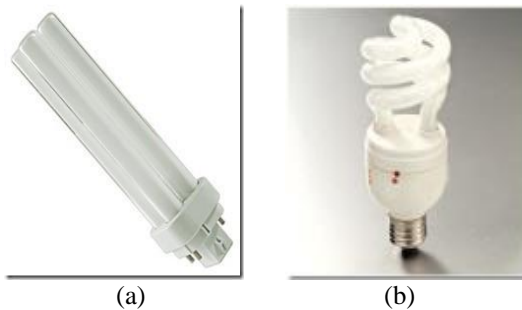


Gambar 5.b. Rangkaian Lampu TL

Pengoperasian lampu fluorescent membutuhkan setidaknya tabung lampu fluorescent, starter, dan ballast dan opsional ditambah dengan kapasitor untuk memperbaiki faktor daya yang ditimbulkan ballast sebagai induktor. Starter merupakan komponen bimetal yang dibangun di dalam sebuah tabung vacuum yang biasanya diisi gas neon. Starter berguna untuk start-up sebagai switch untuk memanggil ballast agar mengeluarkan spike tegangan tinggi sehingga elektron dalam tabung bergerak dari elektroda satu ke elektroda yang lainnya.

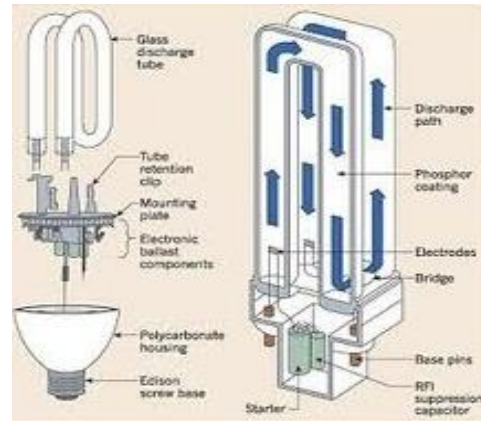
b. Lampu CFL

Lampu CFL (Compact Fluorescent Lamp) adalah lampu fluorescent yang berbentuk seperti lampu tungsten, ataupun lampu pijar. Lampu CFL yang umum adalah menggunakan Vac 220 Volt.



(c)
Gambar 6: Macam-macam lampu CFL
a). Tipe Essential (lurus)
b). Tipe Tornado (spiral)
c). Tipe PL-S, PL-C dan PL-L

Pada Gambar 6 yaitu macam-macam tipe lampu CFL, dari tipe lampu CFL ada beberapa bentuk yang berbeda-beda, diantaranya CFL Tipe Essential yaitu Lampu CFL yang berbentuk lurus, lalu ada juga CFL Tipe Tornado yaitu Lampu CFL yang berbentuk spiral dan ada juga lampu CFL dengan Tipe PL yaitu PL-S, PL-C dan PL-L.



Gambar 7: Rangkaian Lampu CFL

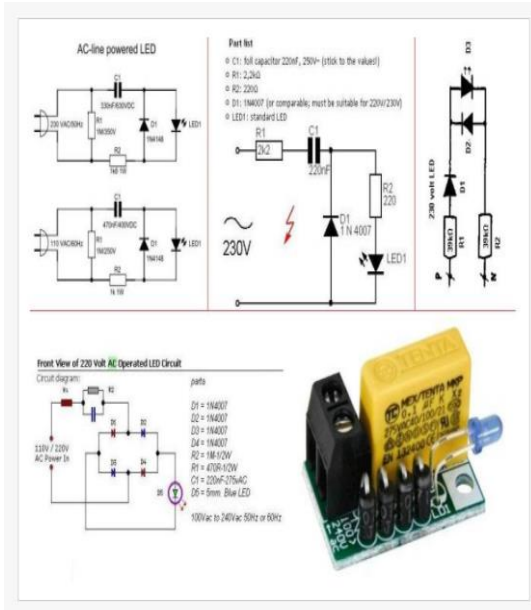
Pada Gambar 7 yaitu rangkaian lampu CFL, lampu tersebut terdiri dari glass discharge tube, tube reflection clip, mounting plate, electronic ballast components, polycarbonate housing, Edison screw base, discharge path, phosphor coating, electrodes, bridge, base pins, rfi suppression capacitor dan starter, merupakan satu kesatuan yang tergabung dalam susunan lampu CFL.

c. Lampu LED

LED (Light Emitting Diode) merupakan lampu yang akhir-akhir ini muncul, dengan nilai lumen per watt nya lebih tinggi dibandingkan lampu TL dan CFL. Pada Gambar 8 yaitu macam-macam lampu LED yaitu lampu LED dengan tipe atau berbentuk tabung, tipe bohlam (bulb) atau seperti lampu pijar, dan juga lampu LED dengan tipe downlight.

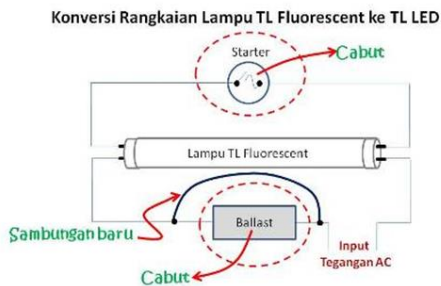


(c)
Gambar 8: Macam-macam lampu LED
a). Lampu LED Tipe Tabung (Tube)
b). Lampu LED Tipe Bohlam (Bulb)
c). Lampu LED Tipe Downlight



Gambar 9: Contoh Rangkaian Lampu LED

Pada Gambar 9 adalah contoh rangkaian lampu LED, pada rangkaian tersebut terdiri dari beberapa buah resistor, kapasitor, dan dioda. Fungsi resistor pada rangkaian untuk membatasi arus yang mengalir dalam rangkaian, sedangkan kapasitor pada rangkaian fungsinya untuk menyimpan muatan listrik dan untuk Dioda bersifat menghantarkan arus listrik hanya pada satu arah saja atau sebagai penyearah tegangan, dengan demikian beberapa komponen tersebut membantu proses menyalanya lampu LED.



Gambar 10: Contoh Rangkaian Lampu TL LED

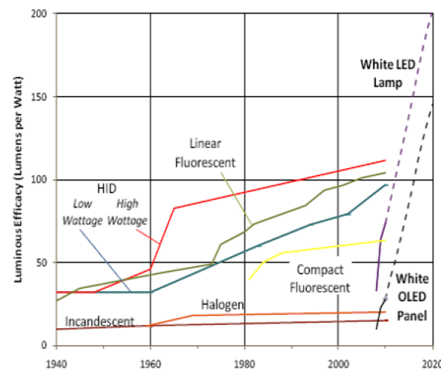
Pada Gambar 10 adalah contoh rangkaian lampu TL LED, dimana tidak menggunakan starter dan juga tidak menggunakan ballast (starter dan ballast dicabut atau dihilangkan).

Pada Tabel 1 adalah karakteristik dari lampu TL, CFL dan LED, dapat dilihat pada tabel karakteristik tersebut terdiri dari jenis lampu, colour rendering index (Ra), colour temperature ($^{\circ}$ K) dan lamp luminous flux EM (lm). Nilainya berbeda-beda atau bervariasi seperti nilai colour rendering index (Ra), colour temperature ($^{\circ}$ K) dan lamp luminous flux EM (lm), nilai tersebut menyesuaikan dengan lampu yang dipakai.

Tabel 1. Karakteristik Lampu TL, CFL dan LED

Lampu yang digunakan	Colour Rendering Index (Ra)	Colour Temperature (K)	Lamp Luminous Flux EM (lm)
TL 1 x 36 W / 33 - 640	63	4.100	2.850
TL 1 x 18 W / 33 - 640	63	4.100	1.200
CFL 1 x 36 W / 840	82	5.000	2.900
CFL 1 x 18 W / 840	82	5.000	1.200
TL LED 1 x 36 W	-	7.000	3.400
TL LED 1 x 18 W	80	6.500	1.900
Bulb LED 1 x 18 W	75	6.500	1.700

Figure 5-9. Efficacy Comparison of Light Sources for General Lighting³⁶



Gambar 11 Grafik Komparasi TL, CFL dan LED

Pada Gambar 11 Grafik Komparasi Lampu TL, CFL dan LED dapat dilihat bahwa nilai lumen per watt pada lampu TL, CFL dan LED. Dari data tersebut jelas terlihat bahwa nilai lumen per watt pada lampu LED lebih besar dibandingkan lampu TL dan CFL.

3.2 Intensitas Penerangan yang sesuai dengan ketentuan SNI

Tabel 2. Data Intensitas Ruangan

Area / Ruangan	Satuan (lux)
Basement / Garasi / Tempat Parkir	60
Gudang Makanan	60
Ruang Ganti	60
Ruang Samping / Koridor	60
Tangga	60
Teras Depan	60
Toilet Pembantu	120
Kamar Tidur Anak	120
Foyer	120
Ruang Makan	Dari 120 - 250, dipakai (120)
Ruang Kerja / Ruang Belajar	Dari 120 - 250, dipakai (250)
Kamar Tidur Orang Tua	250
Kamar Mandi	250
Dapur / Pantry	250
Penerangan Umum / Fasilitas Publik	250

Pada dasarnya dalam perhitungan jumlah titik lampu pada suatu ruang dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain : dimensi ruang, kegunaan/fungsi ruang, warna dinding, tipe armatur yang akan digunakan, dan masih banyak lagi. Intensitas Penerangan untuk beberapa ruang berbeda-beda.

Pada Tabel 2 adalah data intensitas penerangan atau kebutuhan lux pada masing-masing ruangan yang sesuai dengan ketentuan SNI, dimana pada masing-masing ruangan tersebut jumlah kebutuhan intensitas atau besarnya lux yang dibutuhkan berbeda-beda (d disesuaikan dengan kebutuhan ataupun kegunaan dari masing-masing ruangan tersebut).

Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah sumber penerangan yang diperlukan (n) pada suatu ruangan adalah :

$$n = \frac{E \times A}{\phi \times \eta \times d} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- Ø = Arus cahaya tiap lampu (lumen)
- η = Efisiensi penerangan
- d = Faktor depresiasi akibat pengaruh pengotoran dan umur pemakaian
- A = Luas bidang yang diterangi (m²)
- E = Kuat Penerangan (lux)
- n = Banyak lampu tiap sumber cahaya

Rumus yang digunakan untuk menghitung indeks bentuk atau indeks ruang (k). Besarnya indeks ruang pada suatu ruangan adalah :

$$k = \frac{l \times w}{h (l + w)} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

- l = Panjang ruang (m)
- w = Lebar ruang (m)
- h = Tinggi ruang (m)

Sebelum menghitung nilai indeks ruang (k), tentukan dulu faktor reflektasi diantaranya nilai reflektasi dinding (pd), nilai reflektasi langit-langit (pll), dan nilai reflektasi lantai (pl).

$$\eta = \{k1 + (k2 - k1) ((pd + pll + pl) / 3)\} \dots (3)$$

Dengan :

- η = Efisiensi penerangan
- k = Nilai indeks ruang
- pd = Nilai reflektasi dinding
- pll = Nilai reflektasi langit-langit
- pl = Nilai reflektasi lantai

Daya nyata (watt), kadang kadang disebut daya sebenarnya atau daya rata-rata, daya listrik pada rangkaian arus AC adalah daya listrik yang sesungguhnya diubah menjadi panas atau kerja.

Untuk rangkaian satu fasa:

$$P = V \times I \times \cos \phi \text{ (watt), } \dots\dots\dots (4)$$

Pada rangkaian arus DC daya dalam watt adalah tegangan dikalikan arus. Apabila daya tersebut dikalikan waktu maka sama dengan energi.

Untuk rangkaian satu fasa:

$$E = V \times I \times \cos \phi \times t \text{ (watt-jam), } \dots\dots\dots (5)$$

Daya semu adalah daya yang biasanya dikenal sebagai daya terpasang dan merupakan hasil perkalian tegangan (volt) dan arus (I).

$$S = V \times I \text{ (VA), } \dots\dots\dots (6)$$

Daya reaktif (VAr), adalah daya yang kelihatannya menggunakan kapasitor atau induktor serta bersifat menyimpan energi.

$$Q = V \times I \times \sin \phi \text{ (VAr), } \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :

- P = Besarnya daya nyata dalam watt
- S = Besarnya daya semu dalam VA
- V = Besarnya tegangan dalam volt
- I = Besarnya arus dalam ampere
- Q = Besarnya daya reaktif dalam VAr

Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah pemakaian energi listrik adalah :

$$E = P \times t \text{ (kWh), } \dots\dots\dots (8)$$

4. PERHITUNGAN & ANALISIS

Perhitungan jumlah lampu dikelompokan sesuai dengan bangunan atau ruangan masing-masing, pembagian bangunan atau ruangnya sebagai berikut :

- a. Bangunan Basement atau Area Parkir yang terdiri dari Parkir Basement dan Semi Basement, ruang servis, ruang mekanikal dan elektrik atau ruang panel, ruang pompa, ruang storage, janitor, mushola dan tangga darurat.
- b. Ruang Ganti di Lantai Ground.
- c. Area Koridor dan Fasilitas yang terdiri dari area ruang koridor, ruang servis, ruang mekanikal dan elektrik atau ruang panel, ruang storage, tangga darurat, ruang mesin lift di lantai atap dan area void.
- d. Unit Hunian atau Kamar yang terdiri dari 232 unit hunian.

4.1 Jumlah Lampu Dan Daya Yang Dibutuhkan

1. Area Parkir dan Sirkulasi (Basement)

Besarnya luas suatu ruangan dan faktor kuat penerangan sangat menentukan banyaknya jumlah lampu pada setiap ruangan tersebut. Perhitungan tersebut sebagai berikut :

- a. Lampu pada Basement 2
 - Untuk lampu TL 1 x 36 W, (Ø) = 2.850 lm.
 - Untuk lampu CFL 1 x 36 W, (Ø) = 2.900 lm.
 - Untuk lamp TLLED 1x36 W, (Ø) = 3.400 lm
 - A = 88 x 44 = 3.872 m²
 - E = 60 lux

- η = Efisiensi penerangan
- d = Faktor depresiasi akibat pengaruh pengotoran dan umur pemakaian
- k = Nilai indeks ruang

Sebelum menghitung nilai indeks (k), sebaiknya tentukan dulu faktor refleksi diantaranya nilai refleksi dinding (pd), refleksi langit-langit (pl), dan refleksi lantai (pl).
 $pd = 0,5$; $pl = 0,7$; $pl = 0,1$ dengan menggunakan rumus (2):

$$k = \frac{88 \times 44}{3(88 + 44)} = 9,78$$

Sedangkan berdasarkan rumus (3) dengan:

$$k = 1, \eta_p = 0,53 \text{ dan } k = 2, \eta_p = 0,68 \text{ sehingga :}$$

$$\eta_p = 0,53 + (0,68 - 0,53)(0,5 + 0,7 + 0,1)/3 = 0,59$$

Sesuai dengan persamaan (1) banyaknya jumlah lampu

$$n = \frac{E \times A}{\phi \times \eta \times d}$$

Untuk lampu TL 1 x 36 W :

$$n = \frac{60 \times 3.872}{2.850 \times 0,59 \times 0,8} = 172,70 \text{ buah}$$

Hasil perhitungan jumlah lampu TL 1 x 36 W dibulatkan yaitu menjadi 173 buah.

Untuk lampu CFL 1 x 36 W :

$$n = \frac{60 \times 3.872}{2.900 \times 0,59 \times 0,8} = 169,73 \text{ buah}$$

Hasil perhitungan jumlah lampu CFL 1 x 36 W dibulatkan yaitu menjadi 170 buah.

Untuk lampu TL LED 1 x 36 W :

$$n = \frac{60 \times 3.872}{3.400 \times 0,59 \times 0,8} = 144,77 \text{ buah}$$

Hasil perhitungan jumlah lampu TL LED 1 x 36 W dibulatkan yaitu menjadi 145 buah.

Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan untuk jumlah lampu di Basement 2 pada lampu TL 1 x 36 W sebanyak 173 buah, sedangkan pada lampu CFL 1 x 36 W sebanyak 170 buah, dan untuk lampu TL LED 1 x 36 W dibulatkan yaitu menjadi 145 buah.

Perhitungan jumlah lampu dengan menggunakan rumus dan tata cara yang sama seperti perhitungan di atas, dapat dilihat hasilnya pada Tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Hasil perhitungan jumlah lampu

	Nama Ruangan	Lampu TL	Lampu CFL	Lampu LED (TL & Bulb)
1	Area Parkir Basement:	1 x 36 W	1 x 36 W	1 x 36 W
	a. Basement 2 b. Basement 1 c. Semi Basement	= 173 bh = 173 bh = 173 bh	= 170 bh = 170 bh = 170 bh	= 145 bh = 145 bh = 145 bh
	Total Lampu Basement	= 519 bh	= 510 bh	= 435 bh
2	Area :	1 x 36 W	1 x 36 W	(T. LED)
	a. Ruang ME	= 32 buah	= 32 bh	= 32 buah
	b. Tangga	1 x 18 W = 32 bh	1 x 18 W = 32 buah	1 x 18 W = 32 buah
	c. Utilitas (1 Tower = 32 Lantai)	1 x 36 W = 32 buah	1 x 36 W = 32 buah	1 x 36 W = 32 buah
3	Area Fasilitas Publik (1 Tower = 7 Lantai)	1 x 36 W = 28 buah	1 x 36 W = 28 buah	(T. LED) 1 x 36 W = 21 bh
4	Area Koridor Apart (1 Tower = 29 Lantai)	1 x 18 W = 435 bh	1 x 18 W = 435 bh	(B.LED) 1 x 18 W = 319 bh
5	Area Ruang Ganti	1 x 18 W = 15 bh	1 x 18 W = 15 bh	(B.LED) 1 x 18 W = 11 bh
6	Unit Hunian Apart :	1 x 18 W	1 x 18 W	B 1x18
	a. Area Foyer	= 232 bh	= 232 bh	= 232 bh
	b. Area Bedroom	= 464 bh	= 464 bh	= 464 bh
	c. Area R. Pembantu	= 232 bh	= 232 bh	= 232 bh
	d. Area R. Duduk makan	= 1.624 b	= 1.624 b	= 1.160 b
	e. Area Ruang Study	= 696 bh	= 696 bh	= 464 bh
	f. Area Master Bedroom	= 2.088 b	= 2.088 b	= 1.392 b
	g. Area Km/WC Utama	= 464 bh	= 464 bh	= 232 bh
	h. Area Km/WC	= 464 bh	= 464 bh	= 232 bh
	i. Area Toilet Pembantu	= 232 bh	= 232 bh	= 232 bh
	j. Area Pantry	= 464 bh	= 464 bh	= 464 bh
	(1 Tower = 29 Lantai) (1 Lantai = 8 Unit) (29 Lantai = 232 Unit)	= 6.960 b	= 6.960 b	= 5.568 b
I	Total Lampu 1 Tower (Basement, ME, Utilit, Fas. Publik / lobby lift)	Lamp TL 1 x 36 W = 611 bh	Lp.CFL 1x36W = 602 bh	Lp.LED 1x36 W = 520 bh
II	Total Lampu 1 Tower (Area Tangga)	Lamp TL 1 x 18 W = 32 bh	Lp.CFL 1 x 18 W = 32 bh	Lp.LED 1x18 W = 32 bh
III	Total Lampu 1 Tower (Koridor Apartemen, Ruang Ganti dan Unit Hunian Apart)	Lamp TL 1 x 18 W = 7.410 b	Lp.CFL 1x18 W = 7.410 b	Lp.Bulb 1x18W = 5.434 b
	Total II + III	32+7.410 = 7.442 b	32+7.410 = 7.442 b	32+5.434 = 5.466 b

Tabel 4.1 Hasil perhitungan jumlah lampu, berdasarkan hasil hitungan yang diperoleh dari data seperti : luas ruangan, nilai kebutuhan lux pada suatu ruangan, efisiensi penerangan, faktor depresiasi akibat pengaruh pengotoran dan umur pemakaian dan nilai indeks ruang.

4.1.2 Perhitungan Daya Lampu

Besarnya luas suatu ruangan dan faktor kuat penerangan sangat menentukan banyaknya jumlah lampu pada setiap ruangan dan juga mempengaruhi daya yang dipakai untuk lampu-lampu tersebut.

Perhitungan tersebut sebagai berikut :

1. Daya pada lampu TL dan CFL dengan $\cos \phi = 0,93$ (Ballast Elektronik) :

$$P = V \times I \times \cos \phi = S \cos \phi \text{ (watt), untuk rangkaian fasa satu (3.4)}$$

- a. Untuk lampu TL dan CFL 1x36 W, daya beban instalasinya adalah :

$$S = \frac{36}{0,93} = 38,7 \text{ VA}$$

- b. Untuk lampu TL dan CFL 1x18 W, daya beban instalasinya adalah :

$$S = \frac{18}{0,93} = 19,35 \text{ VA}$$

2. Daya pada lampu TL LED dan Bulb LED dengan $\cos \phi = 0,95$ dan $\cos \phi = 0,90$ untuk Lampu Bulb LED

- a. Untuk lampu TL LED 1x36 W, daya beban instalasinya adalah :

$$S = \frac{36}{0,95} = 37,89 \text{ VA}$$

- b. Untuk lampu TL LED 1x18 W, daya beban instalasinya adalah :

$$S = \frac{18}{0,95} = 18,94 \text{ VA}$$

- c. Untuk lampu Bulb LED 1 x 18 W, daya beban instalasinya adalah :

$$S = \frac{18}{0,90} = 20 \text{ VA}$$

3. Daya yang terpakai pada lampu TL, CFL dan LED untuk Basement 2

- a. Untuk lampu TL 1 x 36 W, daya beban instalasinya adalah :

$$\text{Daya (S) untuk Lampu TL 1x36 W} = 38,7 \text{ VA}$$

$$\text{Daya Total (S Total di Basement 2)} = 38,7 \times 173 = 6.695,1 \text{ VA}$$

- b. Untuk lampu CFL 1x36 W, daya beban instalasinya adalah :

$$\text{Daya (S) untuk Lampu CFL 1x36 W} = 38,7 \text{ VA}$$

$$\text{Daya Total (S Total di Basement 2)} = 38,7 \times 170 = 6.579 \text{ VA}$$

- c. Untuk lampu TL LED 1x36 W, daya beban instalasinya adalah :

$$\text{Daya (S) untuk Lampu TL LED 1x36 W} = 37,89 \text{ VA}$$

$$\text{Daya Total (S Total di Basement 2)} = 37,89 \times 145 = 5.494,05 \text{ VA}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka didapatkan untuk daya lampu di Basement 2 pada lampu TL 1 x 36 W sebesar 6.695,1 VA, sedangkan pada lampu CFL 1 x 36 W sebesar 6.579 VA, dan untuk lampu TL LED 1x36 W sebesar 5.494,05 VA

Hasil perhitungan dengan menggunakan rumus dan cara yang sama seperti di atas, dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan daya lampu

	Nama Ruangan	S.Lampu TL (VA)	S.Lampu CFL (VA)	S.Lampu LED (VA)
1	AreaParkir Basement	1 x 36 W	1 x 36 W	1 x 36 W
	a. Basement 2	= 6.695,1	= 6.579	= 5.494,05
	b. Basement 1	= 6.695,1	= 6.579	= 5.494,05
	c. Semi Basement	= 6.695,1	= 6.579	= 5.494,05
	ΣDaya Basement	= 20.085,3	= 19.737	16.482,15
2	Area :			
	a. Ruang ME	1 x 36 W	1 x 36 W	1 x 36 W
		= 1.238,4	= 1.238,4	= 1.21,48
	b. Tangga	1 x 18 W	1 x 18 W	1 x 18 W
	= 619,2	= 619,2	= 606,08	
	c. Utilitas	1 x 36 W	1 x 36 W	1 x 36 W
	(1Tower=32 Lantai)	= 1.238,4	= 1.238,4	= 1.21,48
3	Area Fas. Publik (1Tower = 7 Lantai)	1 x 36 W	1 x 36 W	(TL LED) 1 x 36 W
		= 1.083,6	= 1.083,6	= 795,69
4	AreaKor. Apartmen (1Tower=29 Lantai)	1 x 18 W	1 x 18 W	(B. LED) 1 x 18 W
		= 8.417,25	= 8.417,25	= 6.380 W
5	Area Ruang Ganti	1 x 18 W	1 x 18 W	(B. LED) 1 x 18 W
		= 290,25	= 290,25	= 220
6	UnitHunian Apart: ΣDaya Unit Hunian (untuk 1 Tower)	1 x 18 W	1 x 18 W	(B. LED) 1 x 18 W
		= 134.676	= 134.676	= 102.080
	I Total Daya untuk 1 Tower (Basement, ME dll =29 lantai)	Lamp TL 1 x 36 W	Lam CFL 1 x 36 W	L.TL LED 1 x 36 W
		= 23.645,7	= 23.297,4	= 19.702,8
II	Σ Daya 1 Tower (Area Tangga)	Lamp TL 1 x 18 W	Lam CFL 1 x 18 W	L.TL LED 1 x 18 W
		= 619,2	= 619,2	= 606,08
III	Σ Daya1Tower, Ar Koridor Apart, Ar R. Ganti &UnitHun Apartement	LampuTL 1 x 18 W	LampCFL 1 x 18 W	Lp.B.LED 1 x 18 W
		=143.383,5	=143.383,5	= 108.680
IV	ΣDaya Keseluruhan untuk 1 Tower	Lamp TL 167.648,4	LampCFL 167.300,1	LampLED 128.988,88

Tabel 4.2 hasil perhitungan daya lampu, tabel tersebut berdasarkan hasil hitungan yang diperoleh dari data seperti : daya lampu, $\cos \phi$ lampu dan jumlah lampu yang dipakai.

4.2 Perbandingan pemakaian energi listrik

Untuk mendapatkan perbandingan pemakaian energi listrik, haruslah terlebih dahulu menghitung nilai pemakaian daya listrik dan waktu nyala pertahun. Perhitungan tersebut dapat diselesaikan berdasarkan rumus (4) dan (6) menjadi:

$$P = V \times I \times \cos \phi \text{ dan } S = V \times I \text{ maka } P=S \cos \phi.$$

Perhitungan nilai pemakaian energi listrik berdasarkan rumus (8) menjadi :

a. Untuk lampu TL :

$$E = 167.648,4 \times 0,93 \times 12 \times 365 \times 10^{-6} \\ = 682,9 \text{ MWh.}$$

b. Lampu CFL :

$$E = 167.300 \times 0,93 \times 12 \times 365 \times 10^{-6} \\ = 681,48 \text{ MWh.}$$

c. Lampu LED :

$$E = 128.988,88 \times 0,90 \times 12 \times 365 \times 10^{-6} \\ = 508,47 \text{ MWh.}$$

Dari hasil perhitungan pemakaian energi listrik diatas didapatlah prosentase penghematan energi bila lampu TL sebagai referensi sebagai berikut :

a. Untuk lampu CFL :

$$\dot{\eta} = \{(682,9 - 681,48) / 682,9\} 100\% \\ = 0,208 \%$$

b. Lampu LED :

$$\dot{\eta} = \{(682,9 - 508,48) / 682,9\} 100\% \\ = 25,54 \%$$

5 SIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemakaian energy listrik dari lampu yang dibutuhkan bangunan apartemen per tahun adalah: lampu LED sebesar 508,47 MWh lebih kecil dari enregy lampu CFL sebesar 681,48 MWh dan lampu TL sebesar 682,9 MWh.
2. Secara pembiayaan pembayaran rekening listrik, lampu LED dapat menghemat sebesar 25,54 % dibanding penggunaan lampu TL.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wrahatnolo, Tri dan Suhadi. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
2. 2006. *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*. Copyright © United Nations Environment Programme www.energysufficiencyasia.org
3. _____. *Standar Nasional Indonesia (SNI), Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan*. ICS 91.160.01 SNI-03-6197-2000
4. Muhaimin. 2001. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: Refika Aditama
5. _____. 2009. *Lamps & Lighting Electronics Catalogue*. Philips
6. Sunarno. 2006. *Mekanikal Elektrikal (Lanjutan)*. Yogyakarta: Andi Offset
7. _____. 2013 *Perhitungan Return On Investment*. Depok: Mega Jaya Internasional
8. <https://www.google.com/rangkaian-lampu-tl-fluorescent-neon-rangkaian-lampu-tl-led> (di akses pada 18 April 2016)
9. http://www.alibaba.com/product-detail/New-Arrival--36w-indoor-led_452188597.html (di akses pada 6 September 2016)
10. http://www.alibaba.com/product-detail/top-quality-t8-t10-G13-plastic_1967578778.html (di akses pada 6 September 2016)
11. <http://id.scribd.com/doc/211810535/Audit-Kelistrikan-Gkb> (di akses 5 Agustus 2016)
12. Santoso, Iksan. 2014. *Perancangan Instalasi Listrik pada Blok Pasar Modern dan Apartemen di Gedung Kawasan Pasar Terpadu Blimbing Malang*. Malang: Universitas Brawijaya
13. Kamil, Ikhsan dan Indra.Z. 2011. *Analisis Sistem Instalasi Listrik Rumah Tinggal dan Gedung untuk Mencegah Bahaya Kebakaran (Jurnal Ilmiah Elite Elektro, Vol. 2, No. 1, Maret 2011: 40-44)*. Depok: Politeknik Negeri Jakarta
14. Setiono, Iman. 2011. *Jurnal Efisiensi Pemakaian Energi Listrik pada Lampu Penerangan*. Tembalang Semarang: Universitas Diponegoro
15. Gunawan. 2009. *Jurnal Analisa Tingkat Isolasi Instalasi Listrik Pada Kelompok Beban Perumahan*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung Semarang
16. Yunus, Yadi. Dkk. 2012. *Jurnal Analisis Faktor Daya Dan Kuat Penerangan Lampu Hemat Energi (ISSN 1978-0176)*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir (Badan Tenaga Nuklir Nasional)
17. Uddin, Sohel. 2013. *Journal Investigation of Harmonic Generation from Dimmable LED Lamps*. Malaysia: Universiti Kebangsaan http://www.academia.edu/3643031/Investigation_of_harmonic_generation_from_dimmable_LED_lamps
18. _____. 2013. *Design: Interior, Exterior Lighting and Controls, (Unified Facilities Criteria, UFC 3-530-01)*. America: United States Of America
19. Yencheck, R Michael. 2010. *The potential impact of light emitting diode lighting on reducing mining injuries during operation and maintenance of lighting systems*. America: John J. Sammarco National Institute for Occupational Safety and Health, Pittsburgh