

Kajian Investasi Pemakaian Lampu *Led* Dibandingkan Dengan Lampu *Flourescent* Menggunakan *Solar Cell*

Pelpinus Sinay

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon, Maluku, Indonesia

Corresponding Author

Nama Penulis: Pelpinus Sinay

E-mail: sinaypelpinus@gmail.com

Abstrak

Teknologi penerangan jalan umum dengan sumber solar cell menjadi sebuah alternatif khususnya untuk daerah-daerah yang jauh dari jalur PLN atau dengan sumber genset yang masih membutuhkan biaya untuk bahan bakarnya. Penerapan PJU solar cell memiliki banyak keuntungan, karena energi matahari dapat diperoleh dalam jumlah yang cukup besar, tidak menimbulkan polusi, dan tidak memerlukan biaya untuk mendapatkannya. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk membandingkan nilai ekonomis dari biaya investasi dan operasional pemakaian solar cell dan mengetahui efisiensi penggunaan energi lampu LED dibandingkan dengan lampu flourescent. Setelah dilakukan kajian, maka untuk perhitungan biaya investasi dan operasional pemakaian PJU lampu Led dengan sumber Solar Cell lebih ekonomis, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk perencanaan pemasangan lampu penerangan jalan dan menjadi solusi yang tepat dalam mengatasi kebutuhan penerangan jalan umum.

Kata kunci - Solar cell, Lampu Led dan Lampu Flourescent

Abstract

Street lighting technology with the source of the solar cell into an alternative, especially for regions far from the path of PLN or the source generator that still need to fuel costs. Application PJU solar cell has many advantages, because the sun's energy can be obtained in large enough quantities, does not cause pollution, and does not require a fee to get it. Therefore conducted a study to compare the economic value of the operational costs of infestation and the use of solar cell compared with the generator set and knowing the efficiency of energy use of LED lighting compared to flourescent lights. After analysis, then for the calculation of costs and operational use of PJU infestations LEDs with a more economical source of solar cell compared to using a source generator so that it can be used as reference for planning the installation of street lighting lamps and be the perfect solution in addressing the needs of street lighting.

Keywords - Solar cell, Led Lights and Flourescent Lights.

PENDAHULUAN

Energi matahari mempunyai banyak keuntungan dibandingkan energi lain. Karena energi ini dapat diperoleh dalam jumlah yang cukup besar, kontinyu, tidak menimbulkan polusi, dan tidak memerlukan biaya untuk mendapatkannya. Dengan adanya teknologi pembangkit listrik tenaga fotovoltaik, yaitu cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan bantuan solar cell. Diharapkan dapat membantu masyarakat di desa-desa terpencil atau pesisir, seperti di Desa Hatu yang masih belum mendapatkan pasokan listrik secara merata dan tidak adanya penerangan jalan umum (PJU). Tujuan penelitian ini adalah: Mengetahui nilai ekonomis dari biaya investasi dan operasional pemakaian solar cell. Mengetahui efisiensi penggunaan energi lampu LED dibandingkan dengan lampu flourescent menggunakan sumber solar cell.

Sesuai dengan tujuan dari penulisan laporan akhir di atas, maka kami dapat merumuskan masalah antara lain: Kajian ekonomis dari biaya investasi dan operasional pemakaian solar cell. Kajian efisiensi penggunaan energi lampu LED dibandingkan dengan lampu flourescent. Mengingat permasalahan yang cukup luas dan untuk menghindari permasalahan yang mungkin timbul dan tidak relevan dengan pembahasan masalah, maka dibuat batasan masalah. Adapun permasalahan yang akan dibahas meliputi: Membahas perbandingan nilai ekonomis biaya investasi dan operasional dari suplai energi cahaya yang dihasilkan oleh solar cell. Membahas efisiensi konsumsi energi lampu LED dibandingkan lampu flourescent menggunakan sumber energi surya.

TINJAUAN PUSTAKA

Lampu penerangan jalan (PJU) tenaga surya merupakan sebuah alternatif yang murah dan hemat untuk digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi gratis dan tak terbatas dari alam yaitu energi matahari. Dengan menggunakan perangkat ini, kita sudah memiliki sumber energi sendiri tanpa ketergantungan dengan pihak lain, hemat BBM, dan ramah lingkungan. PJU Tenaga Surya beroperasi secara mandiri dan tidak memerlukan kabel jaringan antar tiang sehingga instalasinya menjadi sangat mudah, praktis, sangat ekonomis dan tentunya dapat terhindar dari black out total jika terjadi gangguan.

Penerangan jalan umum di kawasan pedesaan mempunyai fungsi antara lain :

- a. Menghasilkan kekontrasan antara obyek dan permukaan jalan.
- b. Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan.
- c. Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari.
- d. Mendukung keamanan lingkungan.
- e. Memberikan keindahan lingkungan jalan.

Kualitas pencahayaan pada suatu jalan diukur berdasarkan metoda iluminansi atau luminansi. Kualitas pencahayaan normal menurut jenis/klasifikasi fungsi jalan ditentukan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1.
Kualitas pencahayaan normal

Jenis/ klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (Illuminansi)		Luminansi			Batasan silau	
	E rata- rata (lux)	Kemerataan (Uniformity) g1	L rata-rata (cd/m2)	Kemerataan (uniformity)		G	TJ (%)
				VD	VI		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal : - Primer - Sekunder	2 - 5 2 - 5	0,10 0,10	0,50 0,50	0,40 0,40	0,50 0,50	4 4	20 20
Jalan kolektor : - Primer - Sekunder	3 - 7 3 - 7	0,14 0,14	1,00 1,00	0,40 0,40	0,50 0,50	4 - 5 4 - 5	20 20
Jalan arteri : - Primer - Sekunder	11 - 20 11 - 20	0,14 - 0,20 0,14 - 0,20	1,50 1,50	0,40 0,40	0,50 - 0,70 0,50 - 0,70	5 - 6 5 - 6	10 - 20 10 - 20
Jalan arteri dengan akses kontrol, jalan bebas hambatan	15 - 20	0,14 - 0,20	1,50	0,40	0,50 - 0,70	5 - 6	10 - 20
Jalan layang, simpang susun, terowongan	20 - 25	0,20	2,00	0,40	0,70	6	10

Sumber : SNI-7391-2008

Penempatan lampu penerangan jalan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan :

- a. Kemerataan pencahayaan.
- b. Keselamatan dan keamanan bagi pengguna jalan.
- c. Pencahayaan yang lebih tinggi di area tikungan atau persimpangan, dibanding pada bagian jalan yang lurus.
- d. Arah dan petunjuk (guide) yang jelas bagi pengguna jalan dan pejalan kaki.

Adapun rumus perhitungan penerangan lampu jalan yang diuraikan sebagai berikut

$$E = \frac{F \times U \times M \times K}{W \times S} \dots\dots\dots (1)$$

Atau :

$$F = \frac{E \times W \times S}{U \times M \times K} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- E = illumination level (lux)
- F = lamp Flux (lumen)
- U = koefisien utilization (%)
- M = factor utama (%) $\approx 75\%$
- W = lebar jalan (m)
- S = spacing penerangan jalan (m)
- K = koefisien flux lampu menyala ($\approx 75\%$)

Menentukan Koefisien penggunaan :

$$B/H \text{ (road side)} = \frac{W - OH}{H}$$

$$B/H \text{ (pavementside)} = \frac{OH}{H}$$

Menentukan coefficient ofutilization :

$$\text{Maka } U \text{ total} = U1 + U2$$

$$\text{Menentukan spacing } S = (3/5) h$$

Pada sel surya terdapat sambungan (junction) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis "P" (positif) dan semikonduktor jenis "N" (negatif). Cahaya yang jatuh pada sel surya menghasilkan "hole" yang bermuatan positif dan "elektron" yang bermuatan negatif. Elektron dan "hole" mengalir membentuk arus listrik.

Untuk besarnya daya yang dihasilkan yaitu perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel fotovoltaiik dapat dihitung dengan rumus (Boylestad, hal:103) sebagai berikut:

$$P = V \times I \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

P = Daya (W)

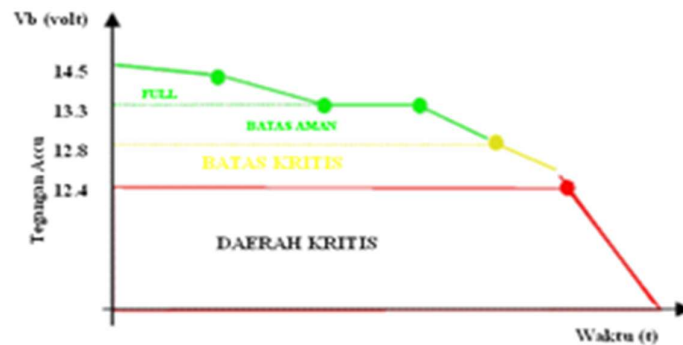
V = Beda potensial (V)

I = Arus (A)

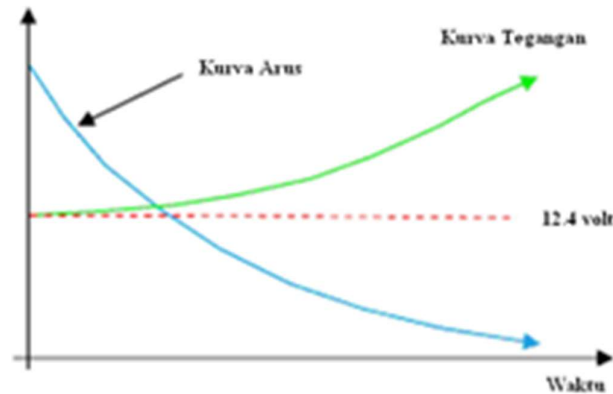
Akumulator dapat diartikan sebagai sel listrik yang berlangsung proses elektrokimia secara bolak-balik (reversible) dengan nilai efisiensi yang tinggi, alat untuk menyimpan tenaga listrik arus searah (DC). Disini terjadi proses pengubahan tenaga kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya tenaga listrik menjadi tenaga kimia.

$$\text{jam}(h) = \frac{\text{ampere} - \text{jam}(Ah)}{\text{ampere}(A)} \dots\dots\dots (4)$$

Misal, baterai 12 V 75 Ah. Baterai ini bisa memberikan kuat arus sebesar 75 Ampere dalam satu jam. Adapun karakteristik – karakteristik dari baterai dapat digambarkan seperti pada grafik berikut :



Gambar 1.
Karakteristik aki basah dan kering (MF)



Gambar 2.
Karakteristik proses pemulihan kondisi aki

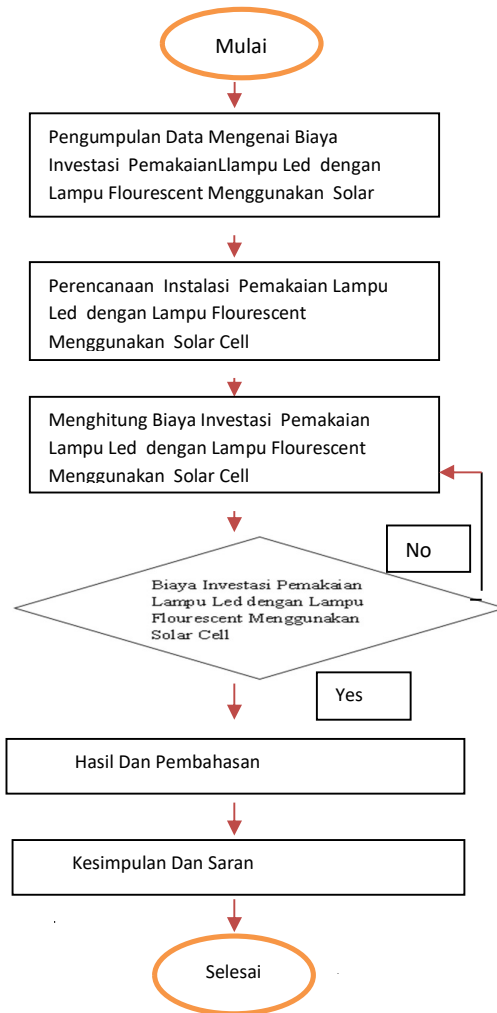
Beberapa pertimbangan penggunaan lampu jalan berbasis panel surya / solar cell dan LED:

- Daya tahan perangkat panel surya / solar cell dan lampu LED.
- Tanpa jaringan kabel listrik, bersifat mandiri, menggunakan tenaga matahari.
- Tidak merusak fasilitas dengan penggalian kabel.
- Tanpa perawatan.
- Instalasi sangat mudah.
- Kemudahan pemindahan.
- Menggunakan daya yang kecil untuk penerangannya.

METODE

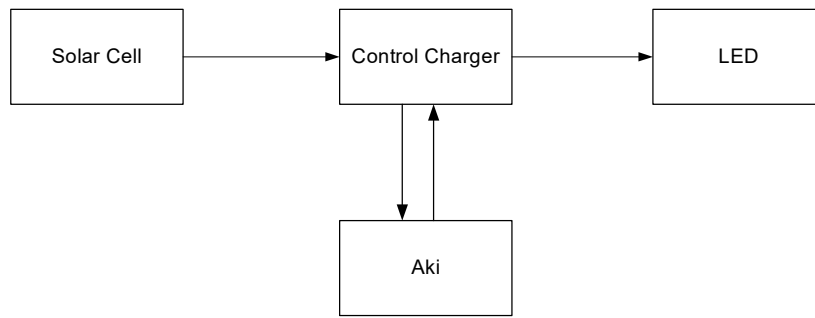
Studi ini menggunakan metode penelitian deskriptif analitik dengan penekanan analisis pada data hasil perencanaan dan hasil survei lapangan.

Penggunaan solar cell untuk penerangan jalan umum ini sangat membantu Desa Hatu, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah yang belum ada penerangan jalan dengan penghematan energi listrik karena menggunakan sumber energi matahari. Tahap kegiatan penelitian yang digunakan dalam penyusunan laporan akhir ini digambarkan dalam flowcard berikut:



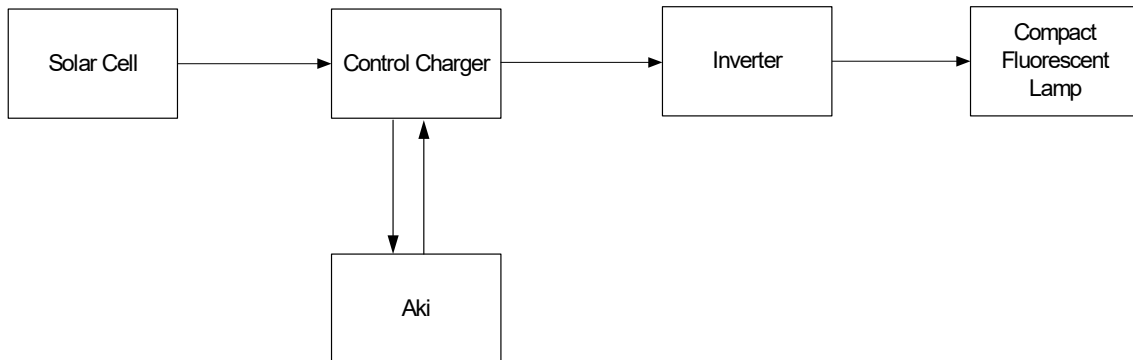
Gambar 3.
Flowcard Pelaksanaan Penelitian

Untuk pemasangan PJU solar cell dengan beban lampu LED sumber maupun bebannya sama- sama menggunakan tegangan DC, jadi energi yang diserap oleh solar cell masuk ke control charger untuk pengisian pada aki, kemudian aki menyuplai lampu LED melalui control charger. Dapat dilihat pada gambar 4



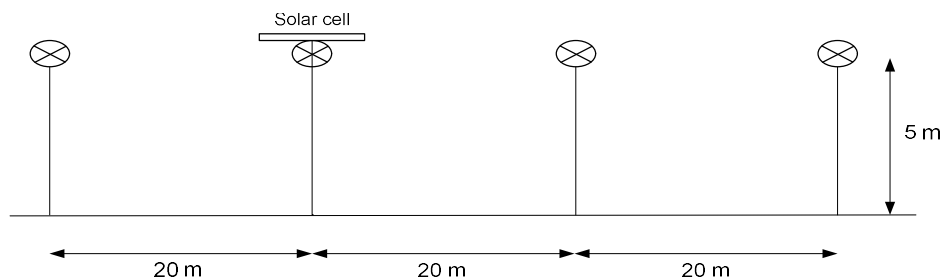
Gambar 4.
Sumber solar cell

Untuk pemasangan PJU solar cell dengan beban lampu compact fluorescent yang menggunakan inverter untuk merubah DC menjadi AC. Dapat dilihat pada gambar 5



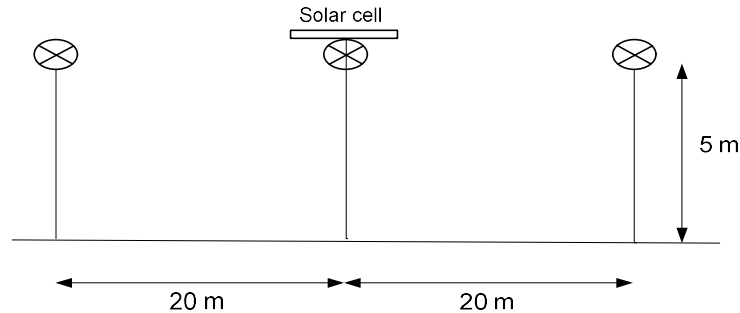
Gambar 5.
Sumber solar cell (DC)

Untuk lampu LED yang digunakan adalah 6 W dengan lumen 2200. Tiap satu aki dapat menyuplai 4 titik lampu yang dipasang sepanjang 500 meter dan jarak antar lampu 20 m, dibutuhkan 6 solar cell dan 6 aki untuk menyuplai 25 titik lampu. Seperti pada gambar 6



Gambar 6.
Penempatan solar cell

Lampu compact fluorescent yang digunakan 32 W dengan lumen 2200. Tiap satu aki dapat menyuplai 3 titik lampu dan dipasang penerangan jalan sepanjang 500 meter dan jarak antar lampu 20 m, membutuhkan 8 solar cell dan 8 aki untuk menyuplai 25 titik lampu. Seperti pada gambar 7



Gambar 7.
Penempatan Solar Cell

PEMBAHASAN

4.1 PENENTUAN PENERANGAN JALAN UMUM

data-data perencanaan instalasi penerangan jalan sebagai berikut :

- Illumination level = 4 lux
- Lay out = satu sisi jalan.
- Lebar jalan (W) = 4 meter.
- Tinggi lampu (H) = 5 meter.
- Sudut penerangan = $\pm 5^\circ$ (derajat).
- Over hung (OH) = 0,5 meter.

Koefisien penggunaan :

- B/H (road side) = $W - OH = (4 - 0,5)/5 = 0,07$
- B/H (pavementside) = $OH / H = 0,5 / 5 = 0,1$

Dari harga diatas dapat diketahui nilai U dari Kurva penggunaan :

$$U_1 = 0,07 \quad U_2 = 0,18$$

$$U \text{ total} = U_1 + U_2 = 0,07 + 0,18 = 0,25$$

Menurut persamaan 2-2, adalah :

$$F = \frac{E \cdot W \cdot S}{U \cdot M \cdot K}$$

$$F = \frac{4 \cdot 4 \cdot 20}{0,25 \cdot 0,75 \cdot 0,75} = \frac{320}{0,14} = 2200 \text{ Lumen}$$

Sehingga lampu LED yang digunakan dengan lumen 2200, dan dayanya sebesar 6 W, dan lampu compact fluorescent yang digunakan dengan lumen 2200 sebesar 32 W.

4.2 HASIL PENGUKURAN PENGISIAN AKI

Didapat data pengukuran arus pengisian aki sebagai berikut :

Tabel 2.

Pengukuran arus

Pukul	Arus
07.00	3.18
08.00	4.19
09.00	4.25
10.00	4.36
11.00	3.6
12.00	3.74
13.00	3.11
14.00	3.67
15.00	2.53
16.00	1.26
17.00	0.09
18.00	0

Setelah dilakukan pengukuran arus setiap satu jam sekali, diperoleh data seperti pada tabel 2, dapat digambarkan seperti pada 8



Gambar 8.

Arus terhadap waktu

Arus rata-rata hasil percobaan 3,39 A, dan Solar Cell yang digunakan adalah 80Wp untuk mengisi Aki dengan kapasitas sebesar 100 Ah, memerlukan waktu pengisian dari pukul 07.00 s/d 17.00 = 10 jam
 Jadi pengisian aki dalam satu hari = $3,39 \times 10$
 = 33,9 Ah

Dibutuhkan setidaknya ±3 hari untuk pengisian aki agar dapat terisi penuh.

4.3 PJU LAMPU LED

Perhitungan pemakaian beban dengan waktu penyalaan lampu mulai pukul 17.00 s/d 05.00 selama 12 jam adalah :

- PJU LED Sumber Solar Cell

Lampu LED 6 VA, 12 V.

$$I = 6 \text{ VA} / 12 \text{ V} = 0,5 \text{ A}$$

Satu lampu membutuhkan baterai sebesar $0,5 \text{ A} \times 12 \text{ jam} = 6 \text{ Ah}$. Pengisian aki perhari sebesar 33,9 Ah, dan 35% sebagai untuk cadangan

$$\begin{aligned} \text{jumlah lampu tiap aki} &= 33,9/6 - (33,9/6) \times 35\% \\ &= 5,65 - 1,98 \\ &= 3,7 \approx 4 \text{ lampu} \end{aligned}$$

PJU Compact Fluorescent Sumber Solar Cell

Beban Lampu 32 watt , 0,36 A

Efisiensi inverter 80%, maka:

$$\begin{aligned} \text{Arus untuk satu lampu} &= (100 / 80) \times 0,36 \\ &= 0,45 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{membutuhkan baterai sebesar} &= 0,45 \text{ A} \times 12 \text{ jam} \\ &= 5,4 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Pengisian aki perhari sebesar 33,9 Ah, dan 35% sebagai untuk cadangan.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah titik} &= (33,9-6)/5, 4 - \{(33,9-6)/5, 4\} \times 35\% \\ &= 5,2 - 1,8 \\ &= 3,4 \approx 3 \text{ lampu} \end{aligned}$$

4.4 PJU LAMPU COMPACT FLUORESCENT

Perhitungan pemakaian beban dengan waktu penyalaan lampu mulai pukul 17.00 s/d 05.00 selama 12 jam adalah :

- Lampu Compact Fluorescent Sumber Solar Cell

Inverter:

$$\text{Istandby} = 0,5 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Posisi stanby} &= 0,5 \text{ A} \times 12 \text{ jam} \\ &= 6 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Efisiensi inverter 80%, maka:

$$\text{Ilampu} = 0,36 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Arus untuk satu lampu} &= (100 / 80) \times 0,36 \\ &= 0,45 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{lampu membutuhkan baterai} &= 0,45 \text{ A} \times 12 \text{ jam} \\ &= 5,4 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Untuk kapasitas aki sebesar 33,9 Ah, dan 35% sebagai asumsi untuk cadangan pengisian baterai, maka untuk satu aki dapat digunakan untuk lampu sebanyak:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah titik} &= (33,9-6)/5, 4 - \{(33,9-6)/5, 4\} \times 35\% \\ &= 5,2 - 1,8 \\ &= 3,4 \approx 3 \text{ lampu} \end{aligned}$$

4.5 PERBANDINGAN BIAYA INVESTASI

Pehitungan keperluan biaya investasi untuk PJU LED ataupun Fluorescent adalah sebagai berikut :

- PJU LED Sumber Solar Cell :
Rp. 55.030.000,-
- PJU Compact Fluorescent Sumber Solar Cell :
Rp. 62.515.000,-

4.6 PERBANDINGAN PEMAKAIAN

Pehitungan keperluan biaya pemakaian selama tiga tahun untuk PJU dengan sumber solar cell ataupun genset adalah sebagai berikut :

- PJU Solar Cell
Memerlukan untuk melakukan penggantian aki. PJU dengan lampu LED yang totalnya adalah Rp. 6.000.000,- untuk penggantian 6 aki pada, dan Rp. 8.000.000,- untuk penggantian 8 aki pada PJU compact fluorescent.

4.7 TOTAL BIAYA KESELURUHAN TIGA TAHUN

Setelah mengetahui biaya investasi dan biaya operasional yang dibutuhkan untuk perencanaan PJU menggunakan solar cell ataupun dengan sumber genset, kita dapat mengetahui total biaya keseluruhan yang dikeluarkan, yaitu sebagai berikut :

I. 4.8 TOTAL BIAYA PJU LAMPU LED DENGAN LAMPU FLOURESCENT MENGGUNAKAN SOLAR CELL

Perbandingan total biaya PJU Lampu LED dengan Lampu Flourescent Menggunakan sumber solar cell adalah sebagai berikut :

- PJU Lampu LED Menggunakan Solar Cell
 - Biaya investasi : Rp. 55.030.000,-
 - Biaya operasional : Rp. 6.000.000,-
 - Total : Rp. 61.030.000,-
- PJU lampu Fluorescent Menggunakan Solar Cell
 - Biaya investasi : Rp. 62.515.000,-
 - Biaya operasional : Rp. 8.000.000,-
 - Total : Rp. 70.515.000,-

KESIMPULAN

Setelah dilaksanakan kegiatan analisis perhitungan nilai ekonomis pemakaian lampu penerangan jalan umum dengan solar cell di Desa Hatu, Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah, maka dapat disimpulkan bahwa dari segi bebannya hasil analisa efisiensi PJU solar cell menggunakan lampu LED lebih sedikit dalam konsumsi Ah dari aki dibandingkan dengan lampu compact fluorescent. Untuk total biaya keseluruhan dalam waktu tiga tahun PJU Lampu LED lebih Ekonomis dibandingkan dengan Lampu Flourescent menggunakan sumber solar cell.

DAFTAR PUSTAKA

- Boylestad., Introductory Circuit AnalysisTenth, Jakarta.
Badan Standardisasi Nasional. 2008. Spesifikasi penerangan jalan dikawasan perkotaan, Jakarta
Esan Hasan,1984, Rangkaian Elektronika Dasar, Geneca Exact, Bandung
F. Suryatmo, 1996, Dasar-Dasar Teknik Listrik, Rineka Cipta, Jakarta
Muhaimin, 1995, Instalasi Listrik 1, PEDC , Bandung
Moeller GmbH, Bonn., Wiring Manual, Germany, 2000.
Michael Neidle, 1999, Teknologi Instalasi Listrik, Erlangga, Jakarta
P.Van. Harten,1981, Instalasi Listrik Arus Kuat 2, Binacipta, Bamdung