

Perancangan PLTS Untuk Sumber Daya Lampu Penerangan Jalan Desa Iringmulyo Metro

Jackson¹, Dasweptia², Nasirul Farkhaini³

¹²³ Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung
Jl. H. Zainal Abidin Pagar Alam No.14 Bandar Lampung 35142
*E-mail: jecksonmuhammad@gmail.com
nasirul.f@gmail.com

Abstrak

The increasing activity of the people at night makes the need for lighting sources also increase, especially in public places. One part that requires lighting is the Iringmulyo Metro village road. Roads are the main infrastructure that must be considered for their condition and use, if the road conditions are good for passage it will certainly reduce the level of accidents and crime, so village roads also need lighting. Public street lighting using solar energy is a cheap and economical alternative to use as a source of lighting electricity because it uses a free and unlimited source of energy from nature, namely solar energy. The Iringmulyo Metro village road lighting system uses a solar cell of 200 wp and a lamp load of 40 watts. When the weather is clear the battery can charge up to 720wh and can run a light load for up to 18 hours. If the solar panel is unable to receive light, the battery still has a power reserve of 240wh/6 hours. Lighting a solar street light using a 40 watt LED lamp produces an illumination of 4.58 lux. The power efficiency of the solar cell module panel is 14.5% determined by the tilt position of the solar cell panel and the intensity of sunlight. The higher the sunlight intensity, the higher the output efficiency of the solar cell module.

Keywords: Street Lighting, Solar Cell, Power, Time, Efficiency.

1. Pendahuluan

Meningkatnya aktivitas masyarakat di malam hari membuat kebutuhan sumber penerangan ikut meningkat terutama ditempat-tempat umum. Salah satu bagian yang memerlukan penerangan adalah jalan desa Iringmulyo Metro. Jalan merupakan prasarana utama yang harus diperhatikan kondisi dan penggunaannya, apabila kondisi jalan itu baik untuk dilewati pastinya akan mengurangi tingkat kecelakaan dan kejahatan, maka jalan desa pun butuh sebuah penerangan. Penerangan jalan umum merupakan fasilitas yang bersifat publik untuk kepentingan bersama. Sesuai dengan namanya, penerangan jalan umum (PJU) biasanya dipasang di ruas jalan, beberapa juga ada yang dipasang ditempat umum seperti taman serta tempat umum lainnya. Penerangan jalan umum sendiri ada yang menggunakan sumber listrik dari PLN dan ada juga yang menggunakan sumber listrik tenaga surya.

Penerangan jalan umum 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. Panel surya yang berfungsi menerima cahaya (sinar) matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses photovoltaic. Kemudian disimpan dibaterai sehingga tidak

memerlukan suplai dari PLN, secara otomatis dapat menyala pada sore hari dan padam pada pagi hari dengan perawatan yang mudah dan efisien selama bertahun tahun.

Secara keseluruhan sistem ini dirancang untuk penyediaan cahaya penerangan umum dengan sumber energi terbarukan. Sumber energi terbarukan mempunyai peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi, hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang semakin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian mengenai penerangan jalan menggunakan tenaga surya perlu dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui biaya pemasangan dan efisiensi dari lampu penerangan jalan tenaga surya.

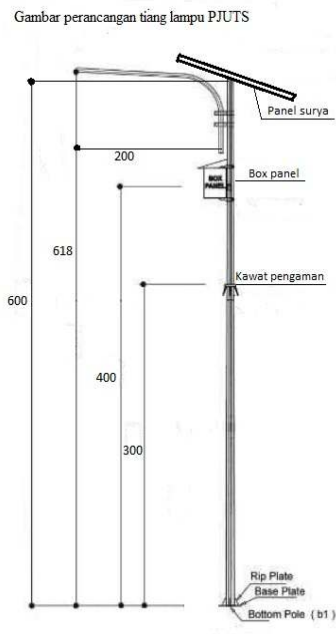
2. Metodologi

Metode penelitian menggunakan kajian literatur, pengumpulan data dan observasi lapangan terhadap bagian-bagian dari sistem sel surya yang digunakan sebagai lampu jalan.

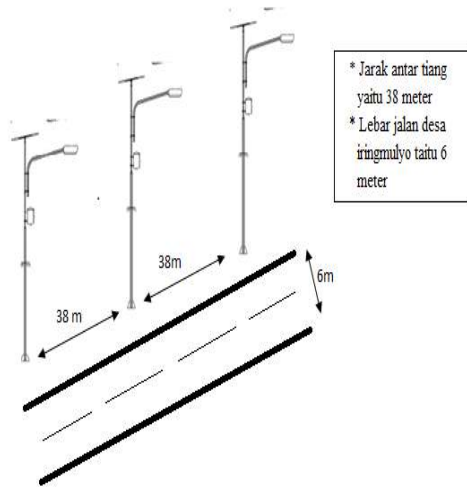
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perancangan Perancangan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya

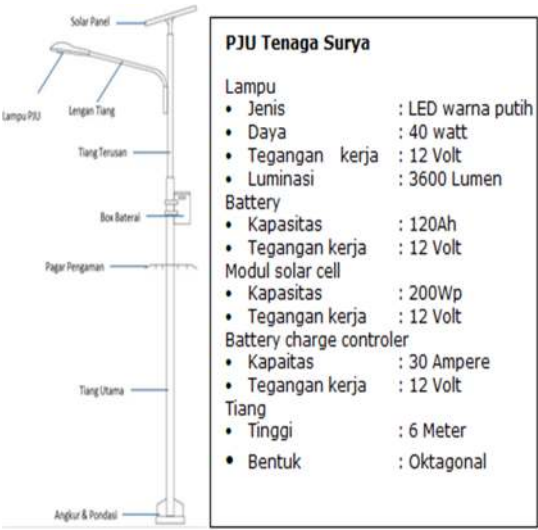
Perancangan penerangan jalan umum tenaga surya terdiri dari penentuan tinggi tiang, penentuan jarak antar tiang, penentuan daya PJU-TS dan biaya investasi untuk PJU-TS.



Gambar 1. Perancangan tiang lampu PJU-TS



Gambar 2. peletakan tiang dan jarak antar tiang



Gambar 3. Perancangan Lampu PJU-TS dan Spesifikasinya

3.2. Perhitungan Perancangan PJU-TS

1. Perencanaan tiang lampu yang digunakan

Tiang lampu penerangan jalan dengan tinggi tiang octagonal 6 meter berjenis *galvanis*, panjang stang ornamen 2 meter dan jarak horizontal lampu tengah jalan yaitu 1,5 meter (jarak tiang lampu ke tepi perkerasan (s1) minimum 0,5 meter) untuk menentukan sudut kemiringan stang ornamen dapat dihitung sebagai berikut :

Dimana :

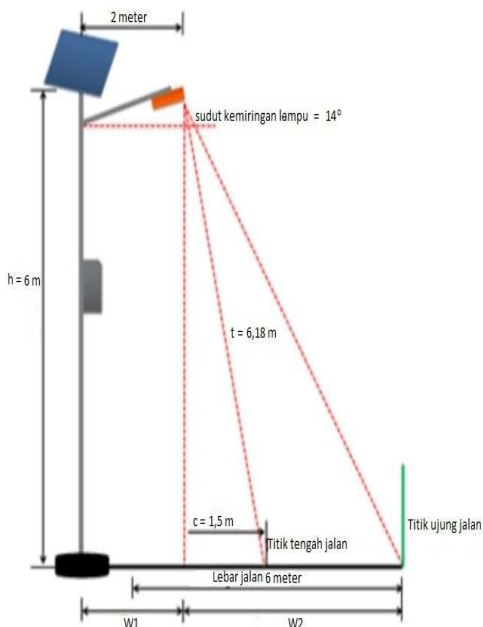
- h : tinggi tiang
- t : jarak lampu ke tengah-tengah jalan
- c : jarak horizontal lampu tengah jalan
- W1 : tiang keujung lampu
- W2 : jarak horizontal lampu ke ujung jalan

$$t = \sqrt{h^2 + c^2}$$
$$= \sqrt{6^2 + 1.5^2}$$
$$= 6,18 \text{ meter}$$

maka :

$$\cos^{-1} \varphi = \frac{h}{t}$$
$$= \frac{6}{6,18}$$
$$= 0,97$$
$$\Phi = \cos^{-1} 0,97$$
$$= 14,06^\circ = 14^\circ$$

jadi didapat kemiringan stang ornamen sebesar 14°



Gambar 4. Sudut kemiringan stang ornamen

2. Perhitungan daya lampu dan penerangan

Lampu penerangan jalan ini menggunakan lampu LED dengan alasan lebih hemat energi dan umur pakai yang panjang sehingga sesuai dengan sistem penerangan jalan berbasis surya, lampu LED yang dipilih juga merupakan lampu LED DC sehingga pada aplikasinya nanti tidak memerlukan inverter untuk merubah arus DC dari solar sel ke arus AC yang dibutuhkan lampu. Hal ini dilakukan sebagai penghematan biaya investasi. Selain itu, memilih lampu LED juga mesti teliti untuk memeriksa efikasi (besar lumen lampu). Hal ini sangat terkait dengan level terang yang dihasilkan dibandingkan dengan daya yang dikonsumsi oleh lampu. Satuan efikasi adalah lumen/watt (lm/w), jadi memilih lampu LED tidak boleh hanya didasarkan pada besarnya daya lampu saja. Efisiensi lumen pada lampu LED yaitu 90 lumen/watt.

Tabel 1. Spesifikasi jenis lampu

Keterangan	Lampu penerangan jalan
Jenis lampu	LED
Daya	40 watt
Lumen	3600 lm

a. Besar energi yang dipakai lampu LED

$$E_{load} = 40 \text{ watt} \times \frac{12 \text{ jam}}{\text{hari}}$$
$$= 480 \text{ wh}$$

$= 0,48 \text{ kwh}$
b. Menentukan efikasi cahaya dengan rumus:

Dimana :

K = efikasi cahaya (lm/watt)
 Φ = fluks cahaya dalam lumen (lm)
P = daya lampu (watt)

$$K = \frac{\Phi}{P}$$
$$= \frac{3600}{40}$$
$$= 90 \text{ lm/watt}$$

c. intensitas cahaya (i dalam candela/cd)

$$I = \frac{\Phi}{\omega}, \omega = 4\pi$$

Dimana :

$$K = \frac{\Phi}{P} \text{ dan } \Phi$$
$$= K \times P \text{ sehingga :}$$
$$= \frac{K \cdot P}{\omega}$$
$$I = \frac{90 \times 40}{4\pi}$$
$$= 286,6 \text{ Candela}$$

d. Menghitung iluminasi pada titik ujung jalan

Jarak lampu keujung jalan (r) :

$$r = \sqrt{h^2 + W^2}$$
$$= \sqrt{6^2 + 4^2}$$
$$= 7,21 \text{ meter}$$
$$E = \frac{I}{r^2} \cos \theta$$

$$= \frac{286,6}{7,21^2} \times \frac{6}{7,21}$$
$$= 4,58 \text{ lux}$$

e. Menghitung luminasi (L) :

Dimana :
L = luminasi (cd/m²)

A = Luas bidang (m²)

θ = Sudut antara sinar datang dengan garis normal objek

$$L = \frac{I}{(4\pi r^2 \cos \theta)}$$
$$= \frac{286,6}{4 \times 3,14 \times 7,21^2 \times 0,83}$$
$$= 0,52 \text{ cd/m}$$

f. Jumlah titik lampu yang diperlukan

jumlah titik lampu untuk penerangan jalan desa iring mulyo sepanjang 1500 meter dapat dihitung :

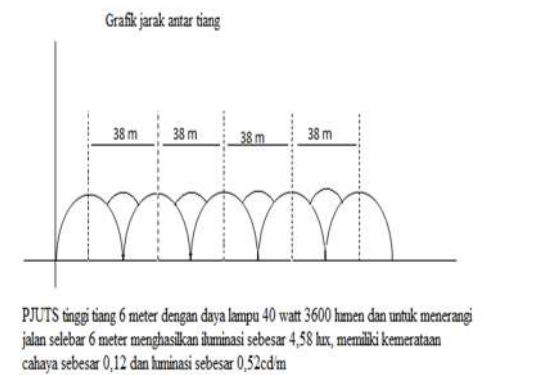
$$T = \frac{L}{S} + 1$$

Dimana :
T : jumlah titik lampu
L : panjang jalan (m)
S : jarak tiang ketiang (m)

Sedangkan jarak antara antar tiang lampu penerangan jalan berdasar tipikal distribusi pencahayaan yang telah ditetapkan BSN 2008 (Badan Standarisasi Nasional) untuk lampu jalan tenaga surya tinggi tiang 6 meter yaitu 38 meter dimana jarak tersebut digunakan karena lampu LED 40 watt tingkat pencahayaannya setara dengan lampu SOX 55 watt.

Tabel 2. Spesifikasi lampu PJU terhadap lebar jalan
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional 2008)

Jenis lampu	Tinggi lampu (m)	Lebar jalan (m)									Tingkat pencahayaan
		4	5	6	7	8	9	10	11		
35W SOX	4	32	32	32	-	-	-	-	-	3,5 LUX	
	5	35	35	35	35	35	34	32	-		
	6	42	40	38	36	33	31	30	29		
55W SOX	6	42	40	38	36	33	32	30	28	6,0 LUX	
90W SOX	8	60	60	58	55	52	50	48	46	10,0 LUX	
90W SOX	8	36	35	35	33	31	30	29	28		
135W SOX	10	46	45	45	44	43	41	40	39		
135W SOX	10	-	-	25	24	23	22	21	20	20,0 LUX	
180W SOX	10	-	-	37	36	35	33	32	31	30,0 LUX	
180W SOX	10	-	-	-	-	22	21	20	20		



Gambar 5. Grafik jarak antar tiang

Kualitas pencahayaan pada suatu jalan diukur berdasarkan metode iluminasi atau luminasi. Kualitas pencahayaan normal

menurut jenis dan klasifikasi fungsi jalan ditentukan seperti pada tabel :

Tabel 3. Jenis dan klasifikasi fungsi jalan
(Sumber : SNI 7391 2008)

URAIAN		BESARAN – BESARAN
1.	Tinggi Tiang Lampu (H)	
	- Lampu Standar	10 – 15 M
	- Tinggi Tiang rata-rata digunakan	13 M
	- Lampu Menara	20 - 50 M
2.	Tinggi Tiang rata-rata digunakan	30 M
	Jarak Interval hang Lampu (e)	
	- Jalan Arteri	3,0 H - 3,5 H
	- Jalan Kolektor	3,5 H - 4,0 H
	- Jalan Lokal	5,0 H - 6,0 H
3.	- minimum jarak interval tiang	30 m
	Jarak Tiang Lampu ke Tepi Perkerasan (s1)	minimum 0,7 m
4.	Jarak dari Tepi Perkerasan ke Titik Penerangan Terjauh (s2)	minimum L / 2
5.	Sudut Inklinasi (i)	20° – 30°

Keterangan : H = Tinggi tiang lampu (meter)
L = lebar badan jalan (meter)

Maka :

$$T = \frac{L}{S} + 1$$
$$= \frac{1500}{38} + 1$$
$$= 40 \text{ Titik}$$

g. Perhitungan daya lampu

Jumlah lampu yang digunakan pada penerangan jalan umum tenaga surya di desa Iringmulyo adalah 40 titik. Lampu yang digunakan yaitu LED 40 watt. Untuk perhitungan total daya lampu yang dipakai dalam penerangan jalan tenaga surya maka bisa menggunakan :

Dimana :
 P_{tot} = Daya Total beban (watt)
P = Daya beban (watt)
T = jumlah titik lampu
t = waktu (jam)

Daya total lampu penerangan jalan umum tenaga surya

$$P_{tot} = P \times T$$
$$= 40 \times 40$$
$$= 1600 \text{ watt}$$

Daya lampu menyala dalam 12 jam/hari

$$P = P_{tot} \times t$$
$$= 1600 \text{ w} \times 12 \text{ jam}$$
$$= 19200 \text{ wh} = 19,2 \text{ kwh}$$

h. Perhitungan energi listrik

Pukul 18.00 lampu menyala dan mati pada pukul 06.00 sehingga lampu beroperasi selama 12 jam. Energi yang terpakai pada PJU ini adalah :

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 40 \times 12 \\ &= 480 \text{wh} \end{aligned}$$

3. Perhitungan berdasarkan kapasitas modul *solar cell* :

Tabel 4. data panel surya yang digunakan yaitu :

Keterangan	Spesifikasi
Daya modul (pnom)	200wp (watt peaks)
Banyak modul per tiang	1
Tegangan maks (Vm)	17,2 ± 5% volt
Arus maks (Im)	8,72 ± 5% ampere
Tegangan tanpa beban (Voc)	21,6 ± 5% volt
Arus hubung singkat (Isc)	9,70 ± 5% ampere

Panel surya yang dipilih terbuat dari sel surya silicon poli-crytalline yang memiliki efisiensi cukup tinggi serta *lifetime* rata-rata 25 tahun, dimana saat mencapai umur tersebut tingkat daya panel surya turun hingga 20%. Panel dilengkapi dengan *junction box* yang tahan air (*waterproof*) dan konektor IP 67. Untuk mencari efisiensi sel surya, maka harus mencari faktor pengisian (*fill faktor*) dengan menggunakan :

Dimana :

FF = faktor pengisian / *fill factor*
Vm = tegangan nominal panel surya (volt)
Im = arus nominal panel surya (volt)
Voc = tegangan *open circuit* panel surya (volt)
Isc = arus *short circuit* panel surya (volt)
F = intensitas radiasi matahari yang diterima 1000 (watt/m²)
S = luas permukaan modul surya (m²)
P = panjang modul sel surya (m)
l = lebar modul sel surya (m)

$$\begin{aligned} FF &= \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \\ &= \frac{17,2 \times 8,72}{21,6 \times 9,70} \\ &= 0,71 \end{aligned}$$

Luas permukaan panel surya yaitu, panjang 1482 mm² × lebar 670mm² sehingga luas permukaan panel surya yaitu 0,992 m². Dimana besar intensitas sinar global matahari yang diterima ketika radiasi dalam keadaan maksimum (F) besar 1000 watt/m². Maka efisiensi sel surya adalah :

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{S \times F} \\ &= \frac{21,6 \times 9,70 \times 0,71}{0,992 \times 1000} \times 100\% \\ &= 14,5\% \end{aligned}$$

dengan estimasi jumlah sinar global yang diterima desa Iring mulyo sebesar 4300 wh/m²/hari, maka dapat diketahui lamanya panel surya harus mendapatkan sinar matahari (t modul) dimana maksimum sinar global sebesar 1000 watt/m²/hari adalah :

$$\begin{aligned} t_{modul} &= \frac{\text{jumlah sinar global}}{\text{maksimum sinar global}} \\ &= \frac{4300}{1000} = 4,3 \text{ jam} \end{aligned}$$

Energi yang dihasilkan panel surya :

$$\begin{aligned} E_{modul} &= P_{nom} \times t_{modul} \\ &= 200 \times 4,3 \\ &= 860 \text{ wh} \end{aligned}$$

Jumlah minimum modul yang digunakan untuk dapat melayani beban (lampu LED) yang dibutuhkan adalah :

dimana :

t_{modul} = lama panel surya mendapatkan sinar global
 E_{modul} = energi yang dihasilkan modul (Wh/hari)
 P_{nom} = daya nominal panel surya (watt)
 n_{min} = jumlah minimum modul yang diperlukan

$\eta_{baterai}$ = efisiensi baterai (%)

$$\begin{aligned} n_{min} &= \frac{P_{load} \times t}{E_{modul} \times \eta_{min}} \\ &= \frac{480}{860 \times 90\%} = 0,620 = 1 \text{ modul panel surya} \end{aligned}$$

Maka dibutuhkan 1 modul surya untuk melayani 1 beban lampu LED, sehingga untuk jarak 1,5 km yang membutuhkan 40 sistem PJU maka jumlah modul surya yang dibutuhkan yaitu 40 modul.

4. Baterai

Tabel 5. spesifikasi baterai yang digunakan

Keterangan	Spesifikasi
Type	GEL-Electrolyte Valve Regulated Lead Acid (VRLA)
Tegangan (V)	12 volt
Kapasitas arus (I)	120 Ah
Efisiensi baterai	90 %

Keterangan	Spesifikasi
Jenis baterai	Kering

Energi yang bisa ditarik dari baterai normalnya yaitu 50% dari kapasitas simpan baterai. Untuk mencari cadangan baterai ketika panel surya tidak mendapatkan cahaya dalam sehari, maka dapat dihitung menggunakan :

$$\begin{aligned}P_{baterai} &= V \times I \\&= 12 \times 120 \times 50\% \\&= 1440 \text{ w} \times 50\% \\&= 720 \text{ w}\end{aligned}$$

Daya baterai yang bisa digunakan adalah 720 w

Maka untuk menghitung cadangan beban dalam dalam satu hari selama 12 jam adalah dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}t_{beban} &= \frac{P_{baterai}}{P_{beban}} \\&= \frac{720 \text{ w}}{40 \text{ w}} \\&= 18 \text{ jam}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas mendapatkan hasil bahwa dalam keadaan baterai terisi penuh dapat menyalakan beban lampu hingga 18 jam. Jika dari jam 18.00 s/d 06.00 maka baterai masih memiliki cadangan beban 6 jam untuk penerangan. apabila ada gangguan alam seperti mendung ataupun tidak ada sinar matahari. Untuk menghitung daya pada baterai dapat digunakan rumus:

$$\begin{aligned}P_{cadangan} &= P_{baterai} - (P_{beban} \times t_{beban}) \\&= 720 \text{ w} - (40 \text{ w} \times 12 \text{ jam}) \\&= 240 \text{ wh}\end{aligned}$$

5. Solar Charge Controller

Ukuran untuk alat pengontrol aliran masuk dan keluar dari aki dalam satuan ampere dihitung dengan :

$$\begin{aligned}i_{cc} &= \frac{P_{maks}}{FF \times V_{oc}} \times (100\% + \eta_{baterai}) \\&= \frac{200}{0,71 \times 21,6} \times (100\% + 90\%) \\i_{cc} &= 24,77 \text{ Ampere} \\&= 30 \text{ Ampere}\end{aligned}$$

3.3 Biaya Investasi

Penerangan jalan umum tenaga surya adalah penerangan jalan umum dimana daya listrik untuk lampu disuplay oleh sistem mandiri yang diperoleh dari energi matahari. Penerangan jalan umum tenaga surya mempunyai biaya operasi dengan perawatan yang rendah dikarenakan penerangan jalan umum tenaga surya tidak memerlukan bahan bakar dalam pengoprasiannya.

Penerangan jalan umum tenaga surya memiliki biaya investasi yang cukup besar diawal.

Hasil dari analisis teknik Penerangan jalan umum tenaga surya untuk jalan desa iringmulyo metro sepanjang 1500 meter. jarak antara tiang penerangan jalan umum tenaga surya adalah 38 meter maka jumlah penerangan jalan umum tenaga surya yang dibutuhkan adalah 40 tiang.

Tabel 6. Perhitungan biaya investasi PJUTS

N o	Komponen	Jumlah (unit)	Harga	
			Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Panel surya 200wp type polycrystalline	40	1.000.000	40.000.000
2	Baterai VRLA 120Ah	40	2.700.000	108.000.000
3	Solar charge controller 30A	40	250.000	10.000.000
4	Lampu jalan LED 40W	40	475.000	19.000.000
5	Tiang 6 m set komplet	40	2.500.000	100.000.000
6	Kabel, box baterai, TDR, dll	40	1.200.000	48.000.000
7	Biaya pemasangan	40	1.500.000	60.000.000
Jumlah (Rp)				385.000.000
Harga per tiang (Rp)				9.625.000

4. Kesimpulan

Menggunakan panel surya dengan daya 200 wp mampu menghasilkan energi hingga 860wh dan dengan efisiensi 14,5%. Penerangan lampu jalan menggunakan lampu LED dengan daya 40 watt dengan flux lampu 3600 lumen dengan intensitas penerangan 286,6 cd dan menghasilkan iluminasi pada lampu LED sebesar 4,58 lux. Apabila modul surya mendapatkan cahaya maksimal (baterai mencapai penuh) maka lampu bisa menyala hingga 18 jam, dan apabila modul surya tidak mendapatkan cahaya akibat gangguan alam, maka baterai masih bisa membackup beban hingga 6 jam.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional, (2008). SNI 7391 tentang *Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan*. Jakarta
- Daniel Bimbingan Limbong (2014). *Perbandingan Teknis dan Ekonomis Penggunaan Penerangan Jalan Umum Solar Cell Dengan Penerangan Jalan Umum Konvensional*. Medan : Departemen Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1992). *Spesifikasi Lampu Penerangan Jalan Perkotaan*. Jakarta
- Engga Kusumayogo (2008). *Analisis Teknis Dan Ekonomis Penerapan Penerangan Jalan Umum Solar Cell Untuk Kebutuhan Penerangan Di Jalan Tol Darmo Surabaya*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Novianthi, Methi (2010). *Studi Pemasangan Instalasi Penerangan Jalan Umum (Studi Kasus) Rusun Cingised Kel. Cisaranten Kulon Kec. Arcamanik Kota Bandung*. S1 thesis, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Raymond Simanjorang (2014). *Merencanakan PJU Tenaga Surya*. PT Hexamitra Daya Prima
- Rusman (2015). *Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 Wp*. Loktuan Bontang: Politeknik Negeri Samarinda
- Sri Kurniati dan Sudirman (2013). *Analisis Efisiensi Keluaran Daya Solar Sel Berdasarkan Sudut kemiringan*. Penfui-kupang, Nusa Tenggara Timur: Universitas Nusa Cendana