

# ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGOPERASIAN PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN SOLAR CELL UNTUK KEBUTUHAN PENERANGAN DI JALAN BY PASS I GUSTI NGURAH RAI

I.W.H. Setiawan,<sup>1</sup> I. W. Rinas,<sup>2</sup> I. M. Suartika<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: [wayanhnd@gmail.com](mailto:wayanhnd@gmail.com)<sup>1</sup>, [rinas@ee.unud.ac.id](mailto:rinas@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup>, [suartika@ee.unud.ac.id](mailto:suartika@ee.unud.ac.id)<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Upaya penghematan energi dilakukan di Kabupaten Badung melalui penerapan *solar cell* untuk penerangan jalan *by pass* I Gusti Ngurah Rai sepanjang 9,4 km dari bundaran patung I Gusti Ngurah Rai sampai Nusa Dua. Dalam penerapannya terdapat empat arah kemiringan *solar cell* yaitu arah barat laut, barat, selatan, dan barat daya. Kondisi ini mengakibatkan perbedaan *output* pada setiap arah kemiringan panel surya. Arah barat memiliki pembangkitan tertinggi yaitu rata-rata 19,49 V; 1,64 A dengan produksi daya 976,5 W/bulan, sedangkan arah selatan memiliki pembangkitan terendah yaitu 13,97 V; 0,79A dengan produksi daya 391,2 W/bulan. LPJU *solar cell* dengan kapasitas baterai 200 Ah dapat memenuhi kebutuhan penyaluran pada malam hari secara berkelanjutan.

**Kata kunci :** *Solar cell*, Produksi energi panel surya, dan Lampu Penerangan Jalan Umum.

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu fasilitas umum yang cukup banyak menggunakan energi listrik yaitu lampu penerangan jalan umum yang beroperasi kurang lebih 12 jam dari sore hari hingga pagi hari serta pada saat mendung. Dinas Perhubungan, Komunikasi, dan Informatika (DISHUBKOMINFO) Kabupaten Badung mengupayakan penghematan energi listrik konvensional melalui penerapan *solar cell* sebagai sumber energi listrik khusus untuk penerangan pada jalan *by pass* I Gusti Ngurah Rai sepanjang 9,4 km dari bundaran patung I Gusti Ngurah Rai sampai Nusa Dua.

Di sepanjang jalan tersebut terdapat 297 tiang lampu penerangan jalan tipikal tiang ganda dengan dua buah panel surya yang terpasang pada setiap tiang, serta 2 buah tiang tipikal lengan tunggal dengan masing-masing terpasang sebuah panel surya. *Solar cell* terpasang pada setiap lampu penerangan jalan dengan arah panel *solar cell* mengikuti arah jalan, sehingga terdapat empat arah kemiringan *solar cell* yaitu arah barat laut, barat, selatan, dan barat daya [1]. Perbedaan arah kemiringan tersebut mengakibatkan perbedaan energi yang di hasilkan pada setiap arah kemiringan panel surya.

Berdasarkan pengukuran awal pada pukul 12.00 dalam kondisi cuaca cerah diperoleh tegangan pada arah barat laut sebesar 15,27 V, arah barat sebesar 20,64 V, pada arah selatan 12,57 V, dan arah barat daya sebesar 19,52 V.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis teknis dan ekonomis pengoperasian lampu penerangan jalan umum dengan menggunakan *solar cell* di jalan *By Pass* I Gusti Ngurah Rai.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Kuat Penerangan

Kuat penerangan adalah kuantitas/jumlah cahaya pada level pencahayaan/permukaan tertentu dengan satuan = *lux* (lumen/m<sup>2</sup>) [2]. Berdasarkan fungsi dan kondisi jalan maka SNI (2008), merekomendasikan tingkat intensitas penerangan (iluminansi) yang dibutuhkan oleh masing-masing jalan sebagai berikut [3] :

Tabel 1. Klasifikasi Jalan

Spesifikasi Jalan	Kondisi Jalan	Klasifikasi
Berkecepatan tinggi, 1 arah dan mempunyai pemisah jalan: Jalan Bebas Hambatan Jalan Utama	Tingkat kepadatan dan kompleksitas jalan : Tinggi Sedang Rendah	M1 M2 M3
Berkecepatan tinggi, 2 arah : Jalan Utama	Pengontrolan, pemisahan, dan pencampuran lalu lintas : Kurang Baik Baik	M1 M2
Jalur-jalur penting distribusi : Jalan Penghubung	Pengontrolan, pemisahan, dan pencampuran lalu lintas : Kurang Baik Baik	M2 M3
Jalan-jalan lingkungan/ lokal	Pengontrolan, pemisahan, dan pencampuran lalu lintas : Kurang Baik Baik	M4 M5

Tabel 2. Rekomendasi Intensitas Penerangan Jalan

Klasifikasi	Semua Jalan
	E ave (Lux)
M 1	30
M 2	20
M 3	15
M 4	10
M 5	7.5

## 2.2 Lampu Penerangan Jalan Umum

Lampu penerangan yang dimaksud adalah suatu unit lengkap yang terdiri dari sumber cahaya (lampu /*luminer*), elemen – elemen optic (pemantul /*reflector*, pembias /*refractor*, penyebar /*diffuser*). Elemen – elemen elektrik (konektor ke sumber tenaga /*power supply* dan lain - lain), struktur penopang yang terdiri dari lengan penopang, tiang penopang vertikal dan pondasi tiang lampu.

Dalam menentukan jarak tiang faktor pemakaian dan faktor kehilangan sangat berpengaruh. Faktor kehilangan cahaya adalah faktor – faktor yang menyebabkan

menurunnya kualitas pencahayaan pada suatu bidang sehingga mempengaruhi kualitas dari penerangan itu sendiri [3].

## 2.3 Spesifikasi Lampu Penerangan Jalan

Ada beberapa jenis lampu penerangan jalan. Jenis lampu penerangan jalan ditinjau dari karakteristik dan penggunaannya sesuai dengan SNI dapat dilihat pada tabel di bawah ini [3] :

Tabel 3. Jenis Lampu Penerangan Jalan Ditinjau dari Karakteristik dan Penggunaannya.

Jenis Lampu	Efikasi rata-rata	Umur rencana rata-rata	Daya	Pengaruh Terhadap warna obyek
Lampu tabung fluoresen tekanan rendah	60 – 70 lm/watt	8.000 – 10.000 jam	18 – 20 watt	Sedang
Lampu gas merkuri tekanan tinggi	50 – 55 lm/watt	16.000 – 24.000 jam	125; 250; 400; 700 watt	Sedang
Lampu gas sodium tekanan rendah	100-200 lm/watt	8.000 - 10.000 jam	90 - 180 watt	Sangat buruk
Lampu gas sodium tekanan tinggi	110 lm/watt	12.000-20.000 jam	150, 250, 400 watt	Buruk

## 2.4 Penataan Penempatan Lampu Jalan

Penyusunan *armature* dengan *ornament* cabang dua pada median digunakan untuk jalan-jalan yang lebar dan dipisahkan oleh median. Biasanya adalah untuk jalan dua arah yang mana masing-masing arah terdiri lebih dari satu jalur. Penataan tipe ini dapat disamakan dengan pemasangan *single side* bagi masing-masing jalur jalan. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk penyusunan *armature* dengan *ornament* cabang dua pada median [3].

$$E_{rata-rata} = \frac{\phi \cdot \eta \cdot MF}{W \cdot S} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

$E_{rata-rata}$  : Tingkat pencahayaan rata-rata (Lux).

$\Phi$  : Fluks cahaya (Lumen).

$\eta$  : Faktor Utilitas.

MF : Faktor perawatan

W : Lebar jalan (m)

S : Jarak antar tiang (m).

### 2.5 Lampu Penerangan Jalan Umum solar cell

Prinsip dasar lampu jalan tenaga surya hampir sama dengan lampu jalan konvensional. Bedanya hanya sumber listriknya yang diperoleh dari energi matahari yang telah disimpan di *battery*. Komponen dari LPJU solar cell terdiri dari , lampu LED, tiang lampu, solar cell / photovoltaic module , serta box controller yang di dalamnya terdapat solar charge controller dan baterai [4].

Modul surya berfungsi untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik DC (arus searah). Energi listrik DC ini kemudian disimpan di *battery*. Tetapi penyimpanan energi ini harus diatur, harus dipasang alat yang disebut solar charge control yang bertugas sebagai pengatur lalu lintas arus pada *battery* dan sebagai pengamanan sistem dari kerusakan akibat hubungan pendek, *over charged* dan *over load*. Listrik yang disimpan dalam *battery* adalah arus searah (DC) yang kemudian akan langsung disalurkan ke lampu LED, namun ada juga sistem yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan menggunakan *inverter* untuk menyalurkan energi listrik ke lampu, dikarenakan lampu yang digunakan memerlukan sumber arus bolak-balik (AC) . Sementara untuk mengontrol hidup dan matinya lampu dapat dipakai *timer*, sensor tegangan ataupun sensor cahaya matahari (*Photo Switch*) [5]

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi awal lampu penerangan jalan umum (LPJU) solar cell by pass I Gusti Ngurah Rai untuk mengetahui spesifikasi unit LPJU, sistem, denah

pemasangan LPJU solar cell, serta letak geografis lokasi penelitian.

2. Melakukan pengukuran arus dan tegangan pembangkitan solar cell by pass I Gusti Ngurah Rai .
3. Menganalisis arah kemiringan solar cell LPJU solar cel by pass I Gusti Ngurah Rai.
4. Menganalisis konsumsi energi pada LPJU solar cell dalam satu bulan yaitu pada bulan pebruari 2015.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemilihan lampu penerangan jalan

Hal pertama yang dilakukan pada pemilihan lampu adalah mencari fluks cahaya berdasarkan rata-rata intensitas penerangan minimal, berdasarkan klasifikasi jalan by pass I Gusti Ngurah Rai yaitu sebesar 30 lux. Untuk menentukan fluks cahaya yang diperlukan pada jalan by pass I Gusti Ngurah Rai dapat menggunakan rumus (1) . berikut merupakan perhitungan untuk menentukan fluks cahaya yang dibutuhkan di jalan by pass I Gusti Ngurah Rai :

Diketahui :

- $E_{rata-rata}$  : 30 lux
- Lebar Jalan (W) : 12 m
- Faktor Utilitas ( $\eta$ ) : 0,35 (SNI)
- Maintenance Faktor (MF) : 0,87 (SNI)
- Jarak antar tiang (S) : 30 m

Sehingga :

$$E_{rata-rata} = \frac{\Phi \cdot \eta \cdot MF}{W \cdot S}$$

$$\text{Fluks cahaya}(\Phi) = \frac{E_{rata-rata} \times W \times S}{\eta \times MF}$$

$$= \frac{30 \times 12 \times 30}{0,35 \times 0,87}$$

$$= \frac{10.800}{0,3045}$$

$$= 34.154,35 \text{ lumen}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka fluks cahaya yang diperlukan pada jalan by pass I Gusti Ngurah Rai yaitu 34.154,35 lumen. Untuk pemilihan lampu penerangan di jalan by pass I Gusti Ngurah Rai dapat menggunakan lampu gas sodium tekanan tinggi (SON) yang memiliki efisiensi rata-rata 110 lumen/watt , dengan pemilihan daya untuk lampu jenis SON yaitu:

Daya lampu yang dibutuhkan = fluks cahaya :

$$\text{efikasi arata- rata} = \frac{34.154,35 \text{ lm}}{110 \text{ lm/watt}}$$

$$= 310,49 \text{ watt}$$

Sehingga daya lampu yang sesuai untuk jalan *by pass* I Gusti Ngurah Rai yaitu 310,49 *watt*. Berdasarkan ketentuan SNI, untuk penerangan di jalan *by pass* I Gusti Ngurah Rai dapat menggunakan lampu SON 400 *watt*. Sedangkan yang terpasang saat ini adalah lampu LED 57 *watt* dengan intensitas penerangan 6000 lumen sehingga tingkat pencahayaan rata-rata menjadi :

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{\Phi \cdot \eta \cdot MF}{\frac{W \cdot S}{12 \times 30}}$$

$$= \frac{6000 \times 0,35 \times 0,87}{\frac{12 \times 30}{360}}$$

$$= \frac{1827}{360}$$

$$= 5,07 \text{ lux}$$

Tingkat pencahayaan lampu LED 57 *watt* adalah 5,07 *lux*, maka intensitas penerangan jalan *by pass* I Gusti Ngurah Rai saat ini di bawah standar. Agar memenuhi batas standar intensitas penerangan di jalan *by pass* I Gusti Ngurah Rai untuk lampu LED, dapat direkomendasikan menggunakan Lampu LED 280 w dengan efikasi 130 *lm/watt* sehingga fluks cahaya yang dihasilkan yaitu :

Fluks cahaya = daya lampu x efikasi rata-rata

$$= 280 \text{ watt} \times 130 \text{ lm/watt}$$

$$= 36.400 \text{ lumen}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka diperoleh fluks cahaya pada lampu LED 280 w sebesar 36.400 lumen, sehingga tingkat pencahayaan rata-rata menjadi :

$$E_{\text{rata-rata}} = \frac{\Phi \cdot \eta \cdot MF}{\frac{W \cdot S}{12 \times 30}}$$

$$= \frac{36.400 \times 0,35 \times 0,87}{\frac{12 \times 30}{360}}$$

$$= \frac{11.083,8}{360}$$

$$= 30,78 \text{ lux}$$

Tingkat pencahayaan untuk lampu LED 280 *watt* yaitu 30,78 *lux*, sehingga sesuai dengan standar SNI yaitu tingkat pencahayaan rata – rata yaitu 30 *lux*.

#### 4.2 Perbandingan Penggunaan Lampu Sodium Jenis SON-T 150W dengan LED Philips Solar Green Vision Family 57 W

Hal yang dipertimbangkan untuk perbandingan penggunaan lampu sodium dengan lampu LED meliputi : efikasi, fluks cahaya, umur hidup, *colour reading*, dan perawatan lampu. Dari beberapa perbandingan yang telah dilakukan dapat diuraikan dalam berikut.

Tabel 4. Perbandingan Pemilihan Lampu

No	Uraian	SON-T 150 W		LED Philips Solar Green Vision Family 57 W	
		Quality		Quality	
1	Efficacy	98	93	105	100
2	Fluk Cahaya (lumen)	15.000	100	6.000	40
3	Umur hidup /life time(jam)	30.000	60	50.000	100
4	Colour Rendering	57	35,7	70	100
5	Perawatan Lampu	1 x (Dari life time)	0	1 x (Dari life time)	0
			288,7		340
	Indeks Teknis	LED Philips Solar Green Vision Family 57 W lebih baik daripada SON-T 150 W			

Dari beberapa perbandingan yang telah dilakukan dari segi (aspek) teknis lampu LED Philips Solar Green Vision Family 57 W lebih baik daripada SON-T 150 W. Namun untuk memenuhi standar SNI yaitu 30 *lux* untuk penerangan jalan arteri, maka pada jalan *by pass* I Gusti Ngurah Rai dapat menggunakan lampu LED Philips Street light 280 W dengan tingkat pencahayaan 30,78 *lux*.

#### 4.3 Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Pembangkitan

Pengukuran arus dan tegangan yang dibangkitkan oleh *solar cell* dilakukan pada 4 sampel lampu penerangan jalan umum dengan arah kemiringan panel surya yang berbeda. adapun sampel LPJU panel surya yang diukur yaitu :

- Sampel 1 megarah barat laut terletak di depan YPAC.
- Sampel 2 mengarah barat terletak di depan *Surver Paradise*, kedonganan
- Sampel 3 mengarah selatan terletak di depan Perumahan Angkasa Pura.
- Sampel 4 mengarah barat daya terletak di depan SD 1 Benoa

Pengukuran dilakukan pada tanggal 22 – 28 Pebruari 2015, adapun hasil dari pengukuran arus dan tegangan rata-rata yang dibangkitkan oleh panel surya pada sampel 1, 2, 3 dan 4 yaitu :

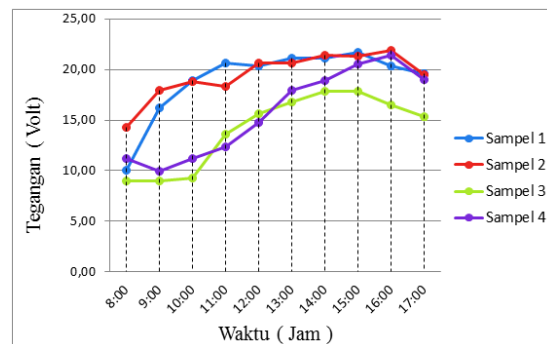
Tabel 5. Pembangkitan rata-rata *solar cell* LPJU sampel 1,2,3 dan 4 pada tanggal 22 – 28 Pebruari 2015.

No	Tgl	Sam- pel	Rata - Rata		
			V	I	P
1	22/2/ 15	1	104,2	8,9	156,5
		2	111,1	11,6	211,6
		3	85,6	7,3	104,8
		4	106,5	9,6	171,4
2	23/2/ 15	1	150,9	9,2	161,6
		2	156,7	13,3	231,2
		3	114	8,3	102,4
		4	160,5	13,3	240,2
3	24/2/ 15	1	102,3	7,8	130,3
		2	107,5	9,1	147,9
		3	80,5	6,1	80,3
		4	101,8	7,9	124,1
4	25/2/ 15	1	126,8	12,6	233,6
		2	128,4	13,3	249
		3	107	6,5	104,7
		4	126,1	9,4	178,2
5	26/2/ 15	1	153,9	8,6	157,5
		2	132,5	10,8	166,6
		3	99,9	5,8	69,3
		4	162,8	10,6	196,5
6	27/2/ 15	1	97,2	2,8	35,6
		2	112,9	5,7	106
		3	78,5	2,1	26
		4	102,3	1,2	16,9
7	28/2/ 15	1	211,7	20	423,4
		2	214,4	19	407,4
		3	139,7	7,9	130,4
		4	189,5	20	379

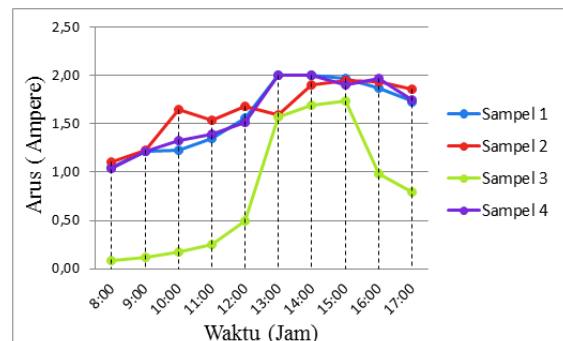
#### 4.4 Analisa efektifitas *solar cell* terhadap produksi energi

Dari hasil *output solar cell* pada sampel 1,2, 3 dan 4 dapat dianalisa bahwa sampel yang paling maksimum adalah sampel 2. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada grafik pembangkitan tegangan arus dan daya harian

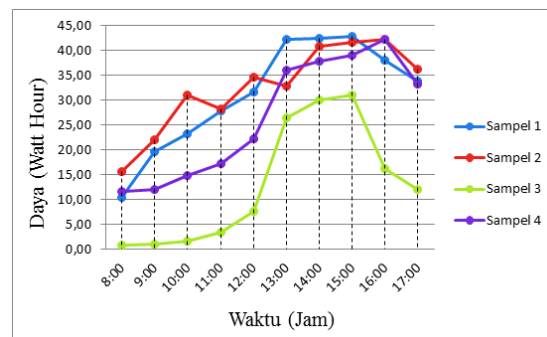
pada kondisi cuaca cerah pada gambar berikut :



Gambar 1. Pembangkitan tegangan harian *solar cell* LPJU pada kondisi cuaca cerah



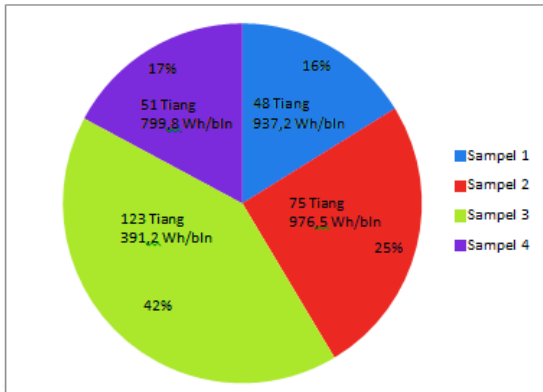
Gambar 2. Pembangkitan arus harian *solar cell* LPJU pada kondisi cuaca cerah



Gambar 3. Pembangkitan daya harian *solar cell* LPJU pada kondisi cuaca cerah

Dari analisis diatas dapat dilihat perbedaan produksi energi bulanan pada setiap sampel dimana sampel 2 merupakan sampel yang memiliki produksi energi yang tertinggi, sampai yang terkecil yaitu sampel 3. Dengan melihat kondisi di lapangan sampel 3

merupakan LPJU terbanyak maka hasil analisis dapat disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 4. Perbandingan jumlah tiang LPJU terhadap produksi daya bulanan LPJU Solar cell By Pass I Gusti Ngurah Rai

#### 4.5 Analisis kapasitas Baterai LPJU solar cell By pass Ngurah Rai

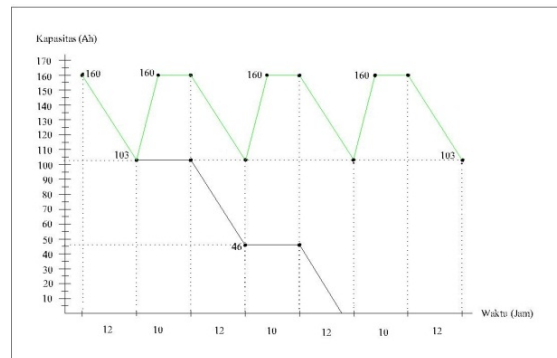
Sistem PJU solar cell By Pass Ngurah Rai beroperasi selama 12 jam per hari, kapasitas baterai untuk melayani beban lampu LPJU yaitu 200 Ah, 12 Volt DC. Mengacu pada tingkat kedalaman pengosongan (*Depth of Discharge/DOD*) baterai yaitu sebesar 80%, maka kapasitas baterai untuk melayani beban menjadi :

$$= 200 \text{ Ah} \times 80\% \\ = 160\text{Ah}$$

Kebutuhan daya LPJU solar cell sebesar 57 watt DC 12V (beban lampu) yaitu :  
 $= (57 \text{ watt} \times \text{jam operasional})/\text{tengangan beban}$   
 $= (57 \text{ Watt} \times 12 \text{ jam})/12\text{V}$   
 $= 57 \text{ Ah}$

Jadi dalam satu kali operasional, LPJU solar cell akan menghabiskan kapasitas baterai sebesar 57 Ah. Hal ini berarti, penurunan kapasitas baterai selama 12 jam pada hari pertama adalah sebesar 57Ah. Kapasitas baterai turun menjadi 103Ah.

Sehingga untuk kapasitas baterai LPJU solar cell pada sampel 1,2,3 dan 4 dapat disajikan pada grafik berikut :



Gambar 5. Hubungan kapasitas baterai dengan jam operasional LPJU solar cell pada sampel 1, 2, 3, dan 4

Grafik diatas menunjukkan hubungan kapasitas baterai dengan jam operasional ( lampu menyala) LPJU solar cell pada keempat sampel dalam keadaan kapasitas baterai yang tersimpan penuh 160 Ah tanpa adanya penambahan kapasitas di hari berikutnya mampu menyalakan lampu selama 33,6 jam / 2 malam lebih 9,6 jam. Pada sampel 1, 2, 3 dan 4 secara berturut-turut kapasitas pengisian rata-rata pada kondisi cerah yaitu 160Ah, 164Ah, 79Ah, dan 161Ah, sehingga semua sampel dapat memenuhi kebutuhan penyinaran selama 12 jam pada malam hari.

#### 4.6 Perbandingan konsumsi energi Lampu LED dengan Lampu Sodium ( SON-T)

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No 31 tahun 2015 tentang tarif tenaga listrik untuk keperluan penerangan jalan umum yaitu 1.076 Rupiah/kWh [6]. Lampu sodium 150 W dengan konsumsi energi setiap bulannya 32.900 kWh, rupiah yang harus dibayar setiap bulannya yaitu Rp 35.400.400 apabila dibandingkan dengan sedangkan lampu LED Philips Solar Green Vision Family 57 W mengkonsumsi energi setiap bulan 12.517,2 kWh, rupiah yang harus dibayar yaitu Rp 13.468.507,2. maka lampu LED Philips Solar Green Vison Family 57 W lebih hemat energi untuk jangka panjang.

## 5. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Tingkat Pencahayaan Lampu LED Philips *Solar Green Family 57 watt* yang terpasang di jalan *by pass I Gusti Ngurah Rai* dibawah standar SNI untuk penerangan jalan umum yaitu 30 lux, agar sesuai dengan standar SNI dapat menggunakan lampu LED Philips *Street light 280 W* dengan tingkat pencahayaan 30,78 lux.
2. Perbedaan arah kemiringan *solar cell* berpengaruh terhadap arus pengisian baterai, yaitu dalam kondisi cuaca cerah hasil pengukuran arus pengisian rata-rata yang paling maksimum yaitu kemiringan panel surya mengarah barat sebesar 1,64 A, sedangkan hasil pengukuran arus pengisian rata rata yang minimum yaitu kemiringan panel surya mengarah selatan sebesar 0,79 A sehingga akan berdampak pada perbedaan produksi daya yaitu pada panel surya mengarah barat sebesar 976,5 W per bulan sedangkan pada panel surya mengarah selatan sebesar 391,2 W per bulan.
3. Konsumsi energi lampu penerangan jalan umum *by pass I Gusti Ngurah Rai* pada arah kemiringan barat , barat laut, selatan, dan barat daya sama yaitu sebesar 57 AH, dengan daya tampung baterai 200AH berdasarkan hasil analisis kapasitas pengisian rata-rata pada kondisi cerah yaitu pada arah kemiringan barat laut 160Ah, kemiringan barat 164Ah, kemiringan selatan 79Ah, dan kemiringan barat daya 161Ah, sehingga semua arah kemiringan *solar cell* mampu memenuhi kebutuhan penyinaran selama 12 jam pada malam hari secara berkelanjutan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. *Laporan Pertanggung Jawaban pengadaan Lampu penerangan jalan solar cell by pass I Gusti Ngurah Rai*, Mangupura DISHUBKOMINFO. 2012.
- [2] Muhaemin. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung: PT.Refika Aditama. 2001.
- [3] SNI 7391, *Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan*. Jakarta : Badan Standar Nasional. 2008
- [4] Setiawan, A. *Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1 MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli*. Jimbaran : Universitas Udayana. 2013.
- [5] Kusumayogo, E. Wibawa, U. Suyono, H. *Analisis Teknis Dan Ekonomis. Penerapan Penerangan Jalan Umum Solar Cell Untuk Kebutuhan Penerangan Di Jalan Tol Darmo Surabaya*. Malang: Universitas Brawijaya. 2013.
- [6] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Nomor 31. *Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT PLN*. Kementerian ESDM. 2015