

Studi Perencanaan Penerangan Jalan Umum Panel Surya di Kelurahan Gading Kasri Kecamatan Klojen

Asfari Hariz Santoso^{a)}, Ahmad Hermawan^{a)}, Muhammad Azzam Wian Panantuan^{a)}

(Artikel diterima: Januari 2021, direvisi: Februari 2021)

Abstract: Malang City is a city that has an increasing need for electrical energy in the technological era, which today is very much needed in fulfilling daily life, both for household, social and industrial needs. One of them is the supply of electrical energy for Public Street Lighting (PJU). If you only rely on the supply of electrical energy from grid, this is a heavy burden that must be borne by the Malang City Regional Budget to pay the electric energy consumption bill for the PJU. This study aims to determine the comparison of the use of conventional PJU with solar powered PJU (PJUTS) in the area of Gading Kasri Village, Klojen District, Malang City both in terms of technical installations which include solar panels, batteries, and charger controllers as well as from an economic point of view. That shines for 5 hours every day, the solar panel power specifications are 240 Wp with 37 points of light. Budget calculations using the ACS (Annual cost system) which is obtained in the 16th year the difference from the initial investment costs and revenue from sales met at BEP (break event point) amounting to Rp. 256,761,376.00.

Keywords: Public Street Lighting with Solar Powers, Annual cost system, Break event point ,

Abstrak: Kota Malang merupakan kota yang memiliki kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat di era teknologi yang dewasa ini sangat diperlukan dalam memenuhi kehidupan sehari-hari, baik untuk kebutuhan rumah tangga, sosial, dan industri. Salah satunya adalah suplai energi listrik untuk Penerangan Jalan Umum (PJU). Apabila hanya mengandalkan suplai energi listrik dari PLN maka hal ini menjadi beban berat yang harus ditanggung oleh APBD Kota Malang untuk membayar rekening pemakaian energi listrik untuk PJU. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan penggunaan PJU konvensional dengan PJU Tenaga Surya (PJUTS) di wilayah Kelurahan Gading Kasri Kecamatan Klojen Kota Malang baik dari segi instalasi teknis yang meliputi panel surya, baterai, dan charger controller maupun segi ekonomisnya. Ditinjau dari waktu efektif matahari yang bersinar selama 5 jam setiap harinya didapatkan spesifikasi daya panel surya sebesar 240 Wp dengan titik lampu sebanyak 37 titik. Perhitungan anggaran menggunakan ACS (Annual cost system) yang mana didapatkan pada tahun ke 16 selisih dari biaya investasi awal dan pendapatan dari penjualan bertemu di BEP (break event point) sebesar Rp 256,761,376.00.

Kata kunci: PJU Tenaga Surya, Annual cost system, Solar Break Even Point.

1. Pendahuluan

Kota Malang yang saat ini menuju Kota Malang terang benderang akan mudah terwujud apabila memiliki penerangan jalan umum (PJU) yang memadai. Permasalahan pengelolaan lampu PJU merupakan permasalahan yang besar yang dihadapi oleh Kota Malang, yaitu beban berat yang harus ditanggung oleh APBD untuk membayar rekening pemakaian energi listrik untuk PJU, yang rata-rata berkisar 2,5 milyar rupiah pertahun. Alasan utama dari adanya analisis ini sendiri adalah penulis merasa jika PJU existing terlalu bergantung dari sumber PLN, dari segi biaya juga penggunaan PJU panel surya sudah tidak perlu membayar biaya bulanan kepada PLN jadi pasti ada pemangkasan dari segi biaya [1].

Salah satu teknologi terbaru adalah PJU Tenaga surya yang mana merupakan penerangan jalan umum dengan daya listrik untuk lampu disuplai oleh sistem mandiri yang diperoleh dari energi matahari. Hal ini salah satu penerapan energi fotovoltaic (PV) yang telah mendorong diperkenalkannya berbagai produk komersial ke pasar [2]. Istilah PJU Tenaga Surya ini banyak yang menyebut dengan PJUTS. Namun beberapa juga ada yang menyebutnya dengan PJU Solar Cell. Pada penelitian ini akan dilakukan perencanaan PJUTS di wilayah Gading Kasri Kecamatan Klojen Kota Malang dengan merencanakan secara teknis dan dianalisis dari segi ekonomis

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Lampu Penerangan Jalan

Jenis lampu penerangan jalan menurut SNI 7391:2008 ada empat. Diantaranya adalah [3]:

- Lampu tabung fluorescent tekanan rendah
- Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)
- Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)
- Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)

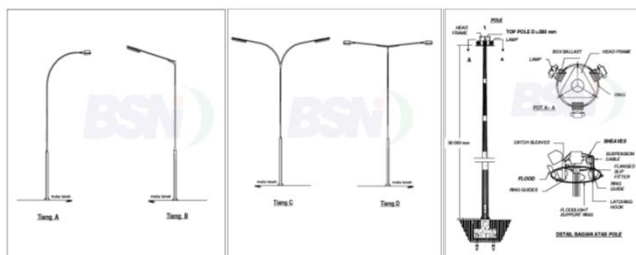
Keempatnya mempunyai efisiensi rata-rata, Umur rencana rata-rata, daya, pengaruh terhadap warna obyek, dan peruntukkan jenis jalan yang berbeda-beda.

2.2 Penentuan Tiang PJU

Tiang lampu merupakan bagian yang menyanggah lampu. Adapun jenis tiang lampu untuk PJU yang dibedakan atas lengannya terdiri dari lengan tunggal, lengan ganda, dan tegak tanpa lengan sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah. Penentuan sudut (α) kemiringan lengan tiang lampu, agar penerangan lampu dapat diterima secara optimal oleh obyek, maka dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

* Korespondensi: email penulis : asfari.hariz@polinema.ac.id

a) Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141



Gambar 1 Jenis-jenis tiang lampu PJU

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \tag{2-1}$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{t} \tag{2-2}$$

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{h}{t} \tag{2-3}$$

Dimana,

h: Tinggi tiang (m)

c: Panjang lengan (m)

2.3 Dasar Pencahayaan

Pemilihan lampu untuk penerangan jalan umum ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain intensitas cahaya (I) iluminasi (E) dan luminansi (L). Parameter-parameter tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut [4]:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \text{ (cd)} \quad \omega = 4\pi \tag{2-3}$$

$$r = \sqrt{h^2 + w^2} \text{ (m)} \tag{2-4}$$

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \theta \text{ (lux)} \tag{2-5}$$

$$L = \frac{I}{4\pi \cos \theta} \text{ (Cd/m)} \tag{2-6}$$

,dimana

w: jarak horizontal lampu ke ujung jalan (m)

2.4 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah ramah lingkungan, dan sangat menjanjikan. Sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan pembangkit listrik menggunakan uap (dengan minyak dan batubara). PLTS terdiri dari tiga bagian utama yaitu: *module* panel surya, radiasi surya yang mengenai permukaan *module* panel surya, dan temperatur permukaan *module* panel surya [2]. Energi listrik yang dihasilkan sesuai dengan kemampuan radiasi sinar surya, dan besar kecilnya tergantung dari intensitas penyinaran surya yang dipengaruhi oleh cuaca [3]. Radiasi ini dapat diperoleh secara langsung dengan melakukan pengukuran dan observasi di lokasi penelitian.

Penggunaan PLTS pada praktiknya ada yang On-Grid, Grid-Connected with Battery Back-up, dan Off-Grid. Instalasi PLTS

sendiri terdiri dari solar panel, baterai, dan charge controller.

Penentuan besar kapasitas PLTS ditentukan melalui perhitungan energi yang dibutuhkan oleh beban. Hal tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut: [4]

$$E = Pt$$

Di mana,

P: Daya listrik beban PLTS (W)

t : Waktu penggunaan beban (hour)

Nilai energi listrik (E) yang dibutuhkan tersebut dibagi dengan waktu efektif matahari bersinar dalam satu hari, maka daya tersebut yang menjadi acuan penentuan kapasitas daya PLTS dan jumlah panel yang digunakan. Sedangkan untuk kapasitas baterai yang digunakan didapatkan dari daya yang digunakan dibagi dengan tegangan baterai yang umumnya adalah 12 V.

2.5 Dasar Perencanaan Penerangan Jalan

Perencanaan penerangan jaalan terkait hal-hal berikut [5]:

- Volume lalu-lintas, baik kendaraan maupun lingkungan yang bersinggungan. seperti pejalan kaki, pengayuh sepeda, dan lain-lain;
- Timikal potongan melintang jalan situasi (*lay-out*) jalan dan persimpangan jalan;
- Geometri jalan, seperti alinyemen horisontal, alinyemen vertikal.

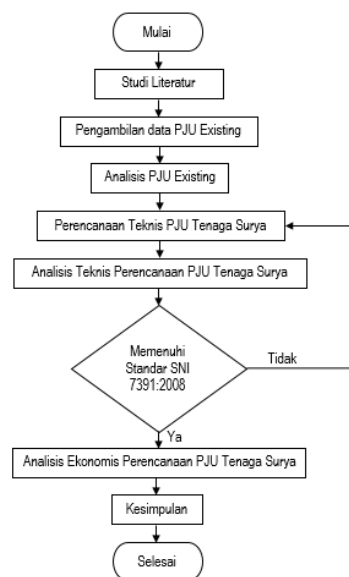
Beberapa tempat yang memerlukan perhatian khusus dan perencanaan penerangan jalan antara lain sebagai berikut [6] [7]:

- Lebar ruang milik jalan yang bervariasi dalam satu ruas jalan;
- Tempat-tempat dimana kondisi lengkung horisontal (tikungan) tajam;
- Tempat yang luas seperti persimpangan, *interchange*, tempat parkir.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Proses Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian digambarkan dengan flowchart di bawah ini:



Gambar 2 Diagram Alir Penyelesaian Penelitian

Studi literatur adalah jenis-jenis referensi yang diambil penulis sebagai acuan penulis yang berupa buku atau e-book, jurnal penelitian yang sudah ada, atau artikel kebenaran tulisannya bisa dipertanggung jawabkan yang berkaitan dengan judul. Pengambilan data PJU existing terkait dengan jumlah titik dan tagihan listrik tiap bulan. Observasi dilakukan pada kondisi di lapangan, agar lebih mengetahui masalah yang sebenarnya terjadi dan untuk mendapatkan informasi tentang data yang dibutuhkan. Proses perencanaan PJUTS dilakukan dengan merencanakan tiang, jenis lampu, panel surya, dan perlengkapannya.

3.2 Metode Analisa Data

Metode analisa data disini menggunakan ACS (Annual Cost System) untuk menghitung cost dari masing-masing PJU existing maupun PJU Panel surya [5]. Dari metode ini juga penulis akan menganalisis dari data penerangan jalan umum sumber PLN dan penerangan jalan umum Panel surya dari data yang tersedia, penulis juga akan membuat perhitungan, analisis, dan desain baru sebagai pembandingan dari perhitungan yang sudah tersedia.

Analisis data radiasi matahari dari data yang tersedia namun penulis juga akan menganalisis data dari pengukuran pribadi menggunakan *solar power meter*.

4. Pembahasan

4.1 Penerangan Jalan Umum Existing

Penerangan jalan umum di kelurahan gading kasri kecamatan klojen ini menggunakan sumber dari PLN yang mana jalan pada jalan ini adalah jalan perkotaan yang jenis jalannya adalah jalan lingkungan, jenis tiang pada jalan ini adalah jenis tiang lampu lengan tunggal, dan penempatan lampu jalan ini terletak pada samping jalan dua arah. Dimana diantaranya adalah jalan Surabaya, jalan Mojokerto, jalan Sidoarjo, jalan Pasuruan, jalan Probolinggo, jalan Jember, dan jalan Gresik. Adapun jumlah titik lampu dan total tagihan pemakaian energi listrik tiap bulannya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Titik Lampu dan Tagihan Energi Listrik Kel. Gading Kasri

No	Nama jalan	Jumlah Titik Lampu	Tagihan total (rupiah)
1	Jalan Surabaya	2	315.531
2	Jalan Mojokerto	6	1.091.787
3	Jalan sidoarjo	4	814.406
4	Jalan pasuruan	4	777.724
5	Jalan probolinggo	4	648.603
6	Jalan jember	7	829.079
7	Jalan gresik	5	1.822.493

4.2 Perencanaan Penerangan Jalan Umum Panel Surya

Perencanaan jalan umum panel surya ini menggunakan tipe sistem panel surya *off-grid* yang mana sama sekali tidak terhubung dengan sumber dari PLN. tipe yang dipakai adalah PLTS *stand-*

alone yang mana satu tiang menggunakan satu panel surya.

4.3 Tiang Lampu dan Penerangan Jalan

Penentuan tiang lampu yang digunakan adalah tiang lampu lengan tunggal dengan tinggi 7 meter dan panjang lengan 1,5 meter sehingga kemiringan lengan dihitung seperti dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 t &= \sqrt{h^2 + c^2} \\
 &= \sqrt{7^2 + 1,5^2} \\
 &= \sqrt{49 + 2,25} \\
 &= 9,25 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{t} \quad \alpha = \cos^{-1} 0,76$$

$$\cos \alpha = \frac{7}{9,25} \quad \alpha = 40,53^\circ$$

$$\cos \alpha = 0,76$$

Konstruksi tiang ditunjukkan pada Gambar 4.1 di bawah.



Gambar 3 Konstruksi perencanaan tiang

Hasil dari perhitungan di atas menunjukkan bahwa sudut derajat kemiringan lengan tiang lampu dipengaruhi oleh tinggi tiang lampu dan lebar jalan. Besar sudut derajat meiringan masing-masing lampu sama semua. Besar daya dari lampu tidak berpengaruh sama sekali terhadap kemiringan lengan.

4.3.1 Perhitungan Iluminasi dan Luminasi Lampu

Pada perencanaan ini lampu yang dipilih adalah lampu phillip iridium² LED medium 32 watt dengan luminasi (Φ) 3772 lm. Dari data tersebut maka didapatkan intensitas cahaya (I) sebagai berikut:

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

$$I = \frac{3772}{4 \cdot 3,14}$$

$$I = 300,318 \text{ cd}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil dari perhitungan intensitas cahaya (I) sebesar 300,318 cd. Langkah berikutnya adalah mengitung iluminasi (E) pada titik ujung jalan. Adapun perhitungannya diuraikan di bagian berikut ini.

$$r = \sqrt{h^2 + w^2}$$

$$r = \sqrt{7^2 + 5^2}$$

$$r = 8,6 \text{ meter}$$

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \theta$$

$$E = \frac{300,318}{8,6^2} \cdot 0,83$$

$$E = 3,51 \text{ lux}$$

Setelah didapatkan iluminasi lampu sebesar 3,51 lux maka dilakukan perhitungan nilai luminasi (L) yang diuraikan pada bagian berikut:

$$L = \frac{I}{4\pi \cos \theta}$$

$$L = 0,404 \text{ cd/m}$$

Dari perencanaan penentuan lampu didapatkan nilai iluminasi sebesar 3,51 lux dan luminasi sebesar 0,404 cd/m. Hal ini telah memenuhi standar SNI 7391:2008 pada klasifikasi jalan lokal primer/ sekunder yang mana pada wilayah Kelurahan Gading Kasri termasuk klasifikasi jalan tersebut.

4.3.2 Menghitung Jumlah Titik Lampu Yang Dibutuhkan

Jarak antar titik tiang lampu yang digunakan yaitu 47 meter dimana jarak tersebut digunakan karena lampu LED 32 watt yang mana pencahayaanya setara dengan lampu SON 70 watt pada SNI 2008. Maka jumlah kebutuhan titik tiang lampu yaitu :

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

$$T = \frac{1676}{47} + 1$$

$$T = 36,65 \approx 37 \text{ lampu}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan jumlah titik lampu yang dibutuhkan sebanyak 37 titik lampu.

4.4 Perhitungan Penentuan Panel Surya

Untuk menentukan spesifikasi dari panel surya ini , kebutuhan energi dari total satu hari pemakaian 12 jam , dan cadangan 3 hari. yang mana dari pengukuran radiasi matahari didapat 5 jam maksimal dari satu hari jadi :

$$\text{Kebutuhan energi} = 32 \times 12 = 384 \text{ Wh}$$

$$\text{Cadangan 3 hari} = 384 \times 3 = 1152 \text{ Wh}$$

$$\text{Efektif 5 jam} = \frac{1152}{5} = 230,4 \text{ Wh}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan kebutuhan panel surya yang dipakai adalah 230,4 sehingga menyesuaikan kondisi di pasaran maka ditentukan daya pabel surya sebesar 240 Wp.

4.5 Penentuan Baterai

Pada perencanaan sistem berbasis tenaga surya ini dibutuhkan sumber tenaga yang berguna untuk menyimpan energi listrik agar digunakan pada waktu tertentu sehingga daya listrik yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung maupun tersimpan pada baterai. Untuk perhitungannya sendiri ditentukan dari energi yang dibutuhkan sebesar 1152 Wh dan tegangan batere sebesar 12 volt maka kapasitas batere dapat ditentukan sebagai berikut:

$$E = P \times t \text{ (Wh)}$$

$$E = V \times I \times t \text{ (Wh)}$$

$$1152 = 12 \times I \times t \text{ (Wh)}$$

$$I \cdot t = 96 \text{ (Ah)}$$

Didapatkan perhitungan untuk kapasitas batere sebesar 96 Ah, dengan menyesuaikan kondisi di pasaran maka baterai yang dipakai adalah baterai yang memiliki kapasitas 100 Ah.

4.6 Perhitungan Kabel

Perhitungan luas penampang (KHA) kabel untuk daya lampu 32 Watt dan tegangan 12 volt seperti yang diuraikan berikut:

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{32}{12}$$

$$= 2,66 \text{ A}$$

$$\text{KHA kabel} = I \times 125\%$$

$$= 2,66 \times 125\%$$

$$= 3,325 \text{ A}$$

4.7 Perhitungan Pengaman

Pengaman sangatlah penting untuk pengaman instalasi atau alat, dengan perhitungan diatas kita dapat menentukan berapa pengaman yang dibutuhkan untuk kita pilih dan pengaman jenis apa yang cocok untuk solar cell , dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$= I \times 400\%$$

$$= 2,66 \times 400\%$$

$$= 10,64 \text{ A}$$

Hasil dari perhitungan didapatkan pengaman yang digunakan adalah 10,64 A, maka dengan mempertimbangkan kondisi di pasaran maka ditentukan pengaman sebesar 10 A.

4.8 Pemilihan Spesifikasi Alat

Dalam perencanaan ini didasari spesifikasi alat yang telah ditentukan sehingga diharapkan mencapai hasil yang optimal

1) Pemilihan Panel Surya

Spesifikasi dari solar panel 240 Wp didapatkan spesifikasi sebagai berikut:

- Rated max power (Pmax) : 240 Wp
- Voltage at Pmax (Vmp) : 28,9 V
- Current at Pmax (Imp) : 8,8 A

Pemilihan solar cell ini dapat di tentukan dengan cara

penentuan jumlah total beban yang terpakai, pemilihan solar cell ini tidak di anjurkan memilih dibawah 240 WP karena persyaratan instalasi haruslah aman, ekonomis, dan kontinuitas pada pemilihan solar cell tersebut sangat berpengaruh terhadap pengisian baterai.

2) Pemilihan Baterai

Adapun spesifikasi baterai adalah sebagai berikut:

- a. Tegangan: 12-13,5 VDC
- b. Kapasitas : 100 Ah

Untuk baterai ini sendiri di lakukan pemilihan berdasarkan perhitungan jumlah beban, jumlah pengisian, dan jumlah energi cadangan dalam 3 hari baterai yang digunakan mempunyai kapasitas sebesar 100 Ah.

3) Pemilihan Charger Controller

Adapun spesifikasi Charger Controller adalah sebagai berikut:

- a. Tegangan In-put: 12 v/14 v
- b. Arus: 10 A

Pemilihan *Charger controller* dipilih dengan alasan atau pertimbangan besar daya yang dikeluarkan oleh panel surya, karena setiap *charger controller* memiliki kapasitas pengaman yang berbeda-beda.

4.9 Menghitung Biaya Investasi dan Perawatan

Menghitung biaya investasi dan perawatan ini dilakukan karena dalam perencanaan ini salah satu tujuannya adalah mengetahui anggaran pertama yang dikeluarkan sebagai acuan dalam suatu perencanaan.

4.10 Biaya Investasi

Biaya investasi merupakan biaya pengadaan Penerangan jalan umum (PJU) yang mana belum termasuk biaya operasional dan biaya perawatan. Harga dari semua komponen kemudian didapat biaya investasi per titik lampu.

4.11 Biaya Perawatan

Pada perencanaan ini juga memperhatikan tentang biaya perawatan yang mana tiap komponen atau tiap alat berbeda. biaya perawatan merupakan biaya komponen akibat kerusakan. Untuk mempermudah dan mengakumulasi biaya yang harus terkumpul setiap tahunnya, maka harga masing-masing kompone dibagi dengan *life time* setiap komponen kemudian dijumlahkan.

4.12 Analisis Teknis dan Ekonomis

Menghitung konversi energi yang dihasilkan oleh PLTS di tiap PJU dengan kapasitas 240 Wp ini untuk mengetahui nilai radiasi matahari menjadi energi listrik dengan waktu efektif selama 5 jam yang mana merupakan sumber dari PJU panel surya maka didapatkan energi sebesar 1,2 kWh per hari tiap panel.

4.13 Analisis Ekonomi Menggunakan ACS (Annual Cost System)

Tabel 2 Analisis Ekonomis

Komponen	Biaya awal	Biaya penggantian	Biaya perawatan tahun pertama	Life time
PV system	9.568.000 Rp/kW	-	382.720 Rp/kW	25 tahun
Baterai	22.000.000 Rp/kAh	-	2.200.000/kAh	10 tahun
Tiang lampu	120.000 Rp/m	-	4.440 Rp/m	25 tahun
Komponen lain	688.000	-	27.520	25 tahun

Biaya pada Tabel 2 di atas dijadikan sebagai dasar untuk menghitung biaya tahunan yang dibutuhkan dalam membangun pembangkit listrik tenaga surya. Sesuai dengan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang telah dipaparkan di atas, biaya tahunan ACS yang akan dihitung adalah biaya modal, biaya penggantian, dan biaya perawatan [6].

Perhitungan jumlah investasi awal sebesar Rp. 241.055.000 maka apabila pendapatan dari energi listrik yang dihasilkan PJUTS tiap tahunnya sebesar Rp. 16.047.586 maka Break Even Pointnya pada tahun ke 16.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu: perencanaan penerangan jalan umum menggunakan sumber dari tenaga surya ini berkaitan dengan penggunaan pembangkit tenaga listrik terbaru, dan timbulnya masalah ekonomis dari tagihan listrik pada penerangan jalan umum malang dimana tagihan itu sangat memberatkan kas APBD kota Malang. Penerangan Jalan Umum di daerah Gading Krasri kecamatan Klojen sendiri terdiri dari 37 titik lampu dimana dari 37 titik lampu itu dianalisis berapa daya dan tagihan dalam 1 bulan dengan data tersebut dibandingkan dengan perencanaan PJU panel surya, dari data yang tersedia dari PJU *existing* tagihan listrik sebulan di kelurahan gading kasri sebesar Rp 7,056,805. Perencanaan penerangan jalan umum panel surya ini dimulai dari menentukan lampu, menentukan tinggi tiang, menghitung kemiringan tiang, menentukan spesifikasi dari panel surya, baterai, charger controller, dan kabel menggunakan perhitungan yang berlandaskan SNI 7391 : 2008.

Daftar Pustaka

[1] Fashina A.A. dkk., 2017, "A Study On The Reliability And Performance Of Solar Powered Street Lighting Systems", International Journal of Scientific World 5(2):110

[2] Keyhani Ali, Mohammad N. Marwali, & Min Dai. 2010. Integration Of Green And Renewable Energy In Electric Power System. John Wiley & Sons, Inc publication.

[3] Patrizio Primiceri and Paolo Visconti, "Solar-Powered Led-Based Lighting Facilities: An Overview On Recent Technologies And Embedded IoT Devices To Obtain Wireless Control, Energy Savings And Quick Maintenance", ARPN

Journal of Engineering and Applied Sciences VOL. 12, NO. 1,
JANUARY 2017.

- [4] Mismail Budiono 2011. "Dasar Teknik Elektro". Malang. Universitas Brawijaya Press.
- [5] Kame Y. Khouzam. 1999. Technical And Economic Assessment Of Utility Interactive PV Systems For Domestic Applications In South East Queensland, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 14, No. 4, December.. 14, No. 3, September
- [6] Wibawa, U. 2004. Manajemen Industri-II. Malang: Teknik Elektro Fakultas Teknik UNIBRAW.
- [7] I. Bagus Kurniansyah, F. Ronilaya, and M. Fahmi Hakim, "Real Time Monitoring System Dari Active Solar Photovoltaic Tracker Berbasis Internet Of Things", ELPOSYS, vol. 7, no. 3, pp. 7-13, Nov. 2020.