

Sistem Pembangkit Energi Surya Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya Di Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

Adam Hidayatullah¹, Afif Maruf²,
Dimas Andrian Islachulchoir³, Dimas Putra Pribadi⁴, Yuni Rahmawati⁵

¹⁻⁴Mahasiswa D3 Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang

⁵Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang

E-mail: hidayatullah.1605315@students.um.ac.id

afifmaruf0906@gmail.com

dimaskun11@gmail.com

dimasputrapribadi@gmail.com

Abstrak - Energi merupakan kebutuhan dasar manusia yang terus meningkat seiring perkembangan zaman. Ada beberapa jenis energi yaitu energi habis pakai dan energi tak habis pakai (baru-terbarukan). Dalam upaya mencari sumber energi terbarukan tentunya harus bisa menghasilkan energi yang besar, biaya ekonomis, dan tidak berdampak negatif bagi lingkungan sekitar. Salah satu energi terbarukan yang banyak digunakan di negara berkembang adalah energi matahari. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu panel surya terhadap efisiensi serap masukan panel surya 100WP tipe *Polycrystalline*. Penelitian dilakukan secara langsung dalam waktu tiga hari berturut-turut dari jam 10.00-14.00 menggunakan multimeter dan *solar charge control*. Hasil tersebut dibandingkan dan dibuat analisis mengenai pengaruh suhu panel surya dengan grafik perbandingan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan dalam pengerjaan instalasi penerangan jalan umum tenaga surya harus memperhatikan lokasi penempatan agar mendapatkan efisiensi yang maksimal agar baterai terisi penuh, dan temperatur panel surya berpengaruh sehingga mengalami peningkatan tegangan apabila temperatur panel surya semakin tinggi. Penerangan Jalan Umum Bertenaga Surya ini dapat dikendalikan melalui *website* untuk menyalakan dan mematikan lampu pada Penerangan Jalan Umum serta dilengkapi dengan sensor arus, tegangan, LDR dan PIR.

Kata kunci: Energi, Pembangkit, Temperatur Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya, Kontrol, Sensor

Abstract: Energy is a basic human need that continues to increase with the times. There are several types of energy, namely consumable energy and renewable energy. In an effort to find renewable energy sources, of course, it must be able to produce large energy, economic costs, and not have a negative impact on the surrounding environment. One of the uses of solar energy is on Solar Powered Public Road Lighting. This research was conducted to determine the effect of solar panel temperature on the absorption efficiency of input of *Polycrystalline* type 100WP solar panels. The study was conducted directly in three consecutive days from 10 a.m. – 2 p.m using a multimeter and *solar charge control*. These results are distinguished and made an analysis of the effect of solar panel temperature on a comparison chart. From the results of the study it can be concluded that in the construction of Solar Powered Public Road Lighting installations solar power must pay attention to the placement location in order to obtain maximum efficiency so that the battery is fully charged, and the temperature of the solar panels has an effect so that the voltage increases when the solar panel temperature rises. This Solar Powered Street Lighting can be controlled through a website to turn on and turn off lights on Public Road Lighting and is equipped with current, voltage, LDR and PIR sensors.

Keywords: Energy, Power plant, Temperature, Solar Powered Public Road Lighting, Control, Sensor

PENDAHULUAN

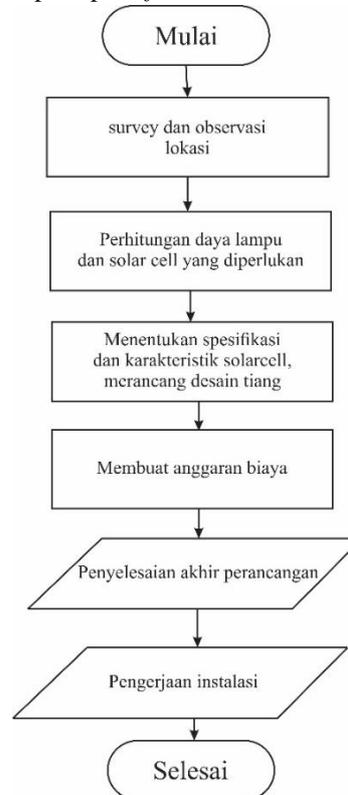
Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya (Imam Kholiq, 2015:76). Ada beberapa energi alam sebagai energi alternative yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaanya tidak terbatas yang dikenal energi terbarukan (Akhmad dalam Anwar dan Ery, 2016:1), sehingga energi terbarukan merupakan energi yang disediakan oleh alam yang jumlah persediaanya tidak terbatas dan dapat dimanfaatkan manusia untuk kebutuhan hidup dengan berbagai macam cara pengolahan energi yang tersedia tak terbatas tersebut bias menjadi energi lain yang bermanfaat. Produksi energi listrik berbahan fosil banyak menimbulkan dampak yang sangat besar yaitu pemanasan global, disertai kenaikan tarif yang tinggi mengakibatkan konsumen tidak bisa leluasa menggunakan listrik yang diambil bahan bakarnya dari bahan bakar fosil.

Salah satu penunjang kemajuan kehidupan manusia di abad saat ini adalah listrik, tanpa adanya listrik kehidupan manusia saat ini tidak bisa semaju seperti sekarang. Akan tetapi dari jaman dulu sampai sekarang masih mengandalkan pembangkit energi listrik menggunakan bahan bakar fosil dikarenakan harganya murah dibanding dengan energi baru terbarukan, dengan perbandingan yang signifikan membuat alat penghasil listrik dari energi terbarukan menjadi kurang diminati oleh perusahaan ataupun masyarakat. Kebutuhan manusia terhadap energi semakin lama semakin meningkat dan mengakibatkan cadangan energi fosil akan semakin habis memaksa manusia untuk mencari sumber energi alternatif yang dikenal dengan energi terbarukan. Dalam upaya mencari sumber energi terbarukan tentunya harus bisa menghasilkan energi yang besar, biaya ekonomis, dan tidak berdampak negatif bagi lingkungan sekitar. Salah satu energi terbarukan yang banyak digunakan di negara berkembang adalah energi matahari.

Lampu Jalan Tenaga Surya (Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya) dapat diaplikasikan diberbagai tempat dalam kehidupan sehari-hari, antara lain : jalan umum, lampu taman, area kampus, lingkungan perumahan, lampu area parkir, lampu jalan raya, dan sebagainya. Secara umum sistem Penerangan Jalan Umum dirancang untuk penyedia energi cahaya untuk umum dengan sumber energi terbarukan, bebas biaya perawatan dan berumur ekonomis lama yaitu dengan menggunakan energi matahari. Dengan sistem pemasangan yang cepat dan mudah, PJU menggunakan lampu LED dengan sumber tenaga matahari atau surya dapat menjadi solusi yang cepat dalam mengatasi kebutuhan penerangan jalan umum. PJU Tenaga Surya beroperasi secara off grid atau secara mandiri dan tidak perlu memerlukan kabel jaringan antar tiang sehingga pada proses instalasinya menjadi sangat mudah, dan praktis, PJU ini juga difasilitasi dengan *smart sistem*.

METODE

Sebelum memulai instalasi PJUTS sebaiknya beberapa hal yang harus dilakukan agar mendapatkan PJUTS dengan performa yang maksimal, hal yang perlu dilakukan yaitu seperti pada *flowchart* berikut :



Gambar 1. *Flowchart* Perancangan PJUTS

Pada *Flowchart* yang pertama harus dilakukan adalah melakukan survey dan observasi lokasi atau tempat yang akan digunakan untuk pembangunan PJUTS, Proses perancangan instalasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya akan dilakukan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Keperluan tempat sesuai Peraturan Menteri nomor 27 tahun 2018 tentang alat penerangan jalan melingkupi struktur tanah, daya dukung tanah dan faktor cuaca pada lokasi pemasangan.

Untuk menghitung daya lampu penerangan jalan umum yang akan digunakan, maka harus terlebih dahulu mengetahui berapa arus cahaya lampu yang diperlukan (Lumen) sehingga setelah arus cahaya lampu telah didapatkan maka selanjutnya dapat menentukan besar daya lampu yang akan digunakan. Untuk mengetahui berapa nilai arus cahaya lampu maka terlebih dahulu mengetahui nilai Koefisien Pemakaian (KP) yaitu penerangan langsung sebesar 0,60, Kuat Pencahayaan rata-

rata (E_r) yaitu jalan arteri dengan akses kontrol sebesar 20 lux, Faktor Kerugian Cahaya Sebesar 0,9, Lebar Jalan sebesar 5 meter. Sehingga dapat menggunakan rumus :

$$E_r = \frac{\phi L \times KP \times FKC}{J \times L}$$

Jadi :

$$20 = \frac{\phi L \times 0,60 \times 0,9}{10 \times 5}$$

$$1000 = \phi L \times 0,60 \times 0,9$$

$$\phi L = \frac{1000}{0,54}$$

$$\phi L = 1694,31 \text{ Lumen}$$

Setelah mendapatkan besarnya lumen pada satu lampu penerangan jalan umum tenaga surya langkah selanjutnya adalah menentukan beban atau daya lampu yang akan digunakan, maka dapat ditentukan dengan melihat perbandingan efikasi lampu LED yaitu 115, sehingga menggunakan rumus

$$K = \frac{\phi L}{P}$$

$$115 = \frac{1694,31}{P}, P = \frac{1694,31}{115} = 14,733 \text{ W}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, dengan flux lampu yaitu 1694,31 dan untuk lampu yang dipakai sesuai perhitungan yaitu 14,733 Watt. Maka lampu yang digunakan adalah 20 Watt karena untuk lampu PJU ukuran 15 watt masih jarang ditemui dipasaran secara langsung.

Selanjutnya untuk menentukan sudut pipa penopang lampu penerangan jalan umum tenaga surya agar titik penerangan berfokus pada tengah-tengah jalan yang harus diketahui adalah tinggi tiang lampu PJUTS yaitu 5 meter, sedangkan Panjang pipa penopang lampu atau jarak horizontal lampu adalah 2 meter sehingga bisa menggunakan rumus :

$$T = \sqrt{h^2 + c^2}$$

Maka :

$$T = \sqrt{5^2 + 2^2}$$

$$T = \sqrt{29}$$

$$T = 5,385 \text{ m}$$

Sehingga

$$\cos \varphi = \frac{h}{t} = \frac{5}{5,385} = 0,928$$

$$\varphi = \cos^{-1} \times 0,928$$

$$\varphi = 21,874^{\circ}$$

dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui sudut kemiringan pipa penopang lampu PJUTS sebesar $21,874^{\circ}$

Dalam sistem PJU pembangkit tenaga surya yang diterapkan berfungsi untuk melayani beban lampu LED sebesar 20 Watt dan rangkaian sistem sebesar 12 watt dan bisa dipakai dalam beberapa hari di kondisi lingkungan yang tidak disinari matahari. Sedangkan optimal insolasi surya dalam satu hari adalah dari ja 10 pagi sampai 3 sore jadi total lama optimal insolasi surya adalah 5 jam Sebelum membeli panel sebaiknya menghitung terlebih dahulu jumlah beban dan total berapa jam menyala dalam rancangan, dapat diketahui kebutuhan panel surya yang akan digunakan pada PJU ini yaitu

$$n = \frac{((20 \text{ Watt} + 12 \text{ Watt}) \times 10 \text{ jam})}{5} = \frac{320}{5} = 64 \text{ Wp}$$

Jadi jika menggunakan panel surya dengan kapasitas 100Wp untuk mensuplai beban listrik sebesar 32 Watt dengan lama penggunaan 10 jam non-stop cukup menggunakan 1 solar panel dengan kapasitas batrai yang cukup besar agar apabila intensitas cahaya yang kurang atau terus menerus mendung atau hujan bisa menggunakan energi listrik yang tersimpan di dalam baterai. Jenis solar panel yang digunakan kali ini adalah polycrystalline karena banyak dijual di daerah malang dan karena harganya lebih terjangkau dengan efisiensi 10%-12%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan dengan tujuan untuk menguji kinerja dari penyerapan tegangan panel surya tipe Polycrystalline 100 Wp menggunakan multimeter dan hasil dari *Solar charge control* terhadap pengaruh suhu. Waktu pelaksanaan penelitian kali ini pada tanggal 19 mei 2019 sampai 21 mei 2019, pengujian dilakukan mulai dari jam 10.00 sampai 14.00. Berikut data dari hasil penelitian yang diambil pada tanggal 19 mei 2019

Tabel 1 Data Pengujian Panel Surya pada 19 Mei 2019

Sistem Pembangkit Energi Surya Pada Penerangan Jalan

Cara pengukurannya dilakukan dengan menggunakan multimeter dengan seting dimana probe yang digunakan pengukuran tegangan DC untuk mengukur VDC pada panel surya, dan pada layar *display multimeter* akan muncul nilai tegangan DC. Pengukuran juga diambil dari *solar charge control* dan tegangan DC tampil pada layar *display solar charge control*. Berikut data dari hasil penelitian yang diambil pada tanggal 20 Mei 2019 :

Tabel 2 Data Pengujian Panel Surya pada 20 Mei 2019

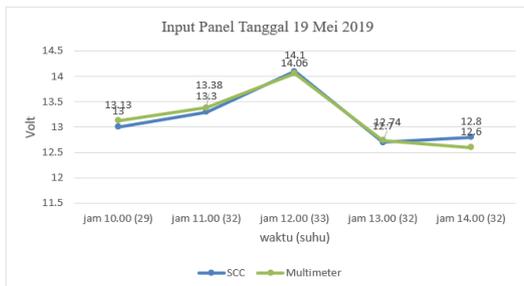
No.	Waktu (pukul)	Suhu panel surya(°C)	Kondisi Cuaca	Input Panel		
				SCC	Multimeter	Error
1	10:00	30	Mendung	14,3	15,74	1.44 V
2	11:00	30	Berawan	14,3	15,82	1.52 V
3	12:00	31	Cerah	14,3	17,93	3.36 V
4	13:00	32	Mendung	14,2	14,28	0.08 V
5	14:00	31	Mendung	13,5	13,57	0.07 V

Berikut data dari hasil penelitian yang diambil pada tanggal 21 Mei 2019 :

Tabel 3 Data Pengujian Panel Surya pada 21 Mei 2019

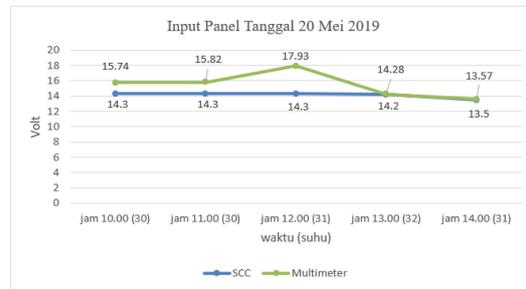
No.	Waktu (pukul)	Suhu panel surya(°C)	Kondisi Cuaca	Input Panel		
				SCC	Multimeter	Error
1	10:00	30	Mendung	14,3	15,74	1.44 V
2	11:00	30	Berawan	14,3	15,82	1.52 V
3	12:00	31	Cerah	14,3	17,93	3.36 V
4	13:00	32	Mendung	14,2	14,28	0.08 V
5	14:00	31	Mendung	13,5	13,57	0.07 V

Dari data yang didapat analisis dilakukan dengan membuat grafik yang menampilkan perbedaan temperature, berikut grafik dari data yang didapat :

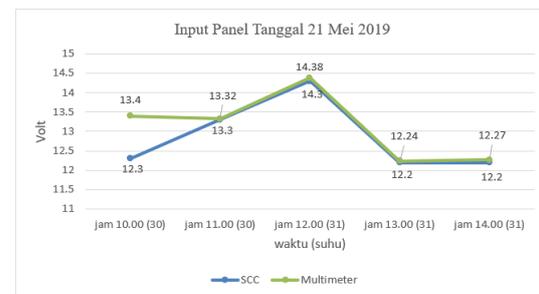


No.	Waktu (pukul)	Suhu panel surya (°C)	Kondisi Cuaca	Input Panel		
				SCC	Multimeter	Error
1	10:00	29	Mendung	13	13,13 V	0.13 V
2	11:00	32	Berawan	13,3	13,38 V	0.08 V
3	12:00	33	Cerah	14,1	14,06 V	0.04 V
4	13:00	32	Mendung	12,7	12,74 V	0.04 V
5	14:00	32	Mendung	12,8	12,6 V	0.2 V

Gambar 2. Grafik Pengujian Panel Surya pada Tanggal 19 Mei 2019



Gambar 3. Grafik Data Pengujian Panel Surya pada Tanggal 20 Mei 2019



Gambar 4. Grafik Data Pengujian Panel Surya pada Tanggal 21 Mei 2019

Dari data yang didapat dapat diambil analisis bahwa kondisi cuaca sangat mempengaruhi penyerapan sinar matahari dari panel surya, dimana dari data terdapat tiga jenis kondisi cuaca yaitu mendung, berawan, dan cerah. Optimalnya penyerapan maksimal terjadi pada saat kondisi cerah dengan tegangan masuk sebesar 14,3V pada SCC dan

17,93V pada multimeter. Terjadi perbedaan pada hasil ukur SCC dan multimeter dikarenakan pada SCC batas angka input yang masuk dari panel surya hanya 14,3V dan selebihnya pada SCC akan menampilkan tulisan “Absorb”. Dari data juga didapat dimana perbedaan suhu solar panel yang terukur pada SCC setiap waktunya walaupun ada suhu yang sama pada waktu yang berbeda. Rata rata suhu panel surya akan naik dari jam 10:00 sampai 12:00 dan pada jam 13:00 sampai 14:00 suhu akan menurun dan dilihat dari tegangan masuk mengalami peningkatan sesuai kenaikan atau penurunan suhu.

Daya modul surya dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menentukan daya total yang akan digunakan pada penerangan jalan umum menggunakan tenaga surya, serta mengetahui lama penyinaran matahari dan total waktu lampu menyala yaitu selama 4 jam dimulai dari jam 18.00 sampai dengan 05.00. kenapa cuma 4 jam ini di karena ini menyesuaikan dengan aktifnya sensor PIR dan sensor LDR pada rangkaian kontroler yang memiliki daya 12 watt dan aktif selama 24 jam, jika syarat – syarat terpenuhi baru lampu baru bisa menyala. Jadi total beban antara lampu dan rangkaian controller adalah 388Wh.

Setelah mendapatkan hasil dari total beban yang digunakan, selanjutnya dapat menentukan lama penyinaran matahari dengan menggunakan persamaan dan dari data yang diperoleh pada badan pusat statistic provinsi jawa timur.

$$\text{Insolasi Surya} = \text{Lama Penyinaran Matahari} \times \frac{4,8}{60}$$

$$\text{Insolasi surya (Matahari)} = 91 \times \frac{4,8}{60}$$

$$\text{Insolasi surya (Matahari)} = 7,28 \text{ jam}$$

Dengan data lama penyinaran matahari sebesar 91% ini diambil dari data tertinggi pada bulan mei dalam kurun waktu tahun 2016/2017. Serta didapatkan hasil dari perhitungan tersebut sebesar 7,28 Jam maka dari itu waktu insolasi surya (matahari) yang digunakan pada perhitungan kapasistas modul surya yaitu sebesar 5,36 Jam. Serta perhitungan kapasitas modul surya dengan menggunakan persamaan Berikut.

$$\text{Kapasitas Modul Surya} = \frac{E}{\text{Insolasi Surya}}$$

$$\text{Kapasitas Modul Surya} = \frac{388}{7}$$

$$\text{Kapasitas Modul Surya} = 55,42 \text{ Wp}$$

Dengan energi beban sebesar 55,42 Wp dan waktu penyinaran matahari (insolasi surya) adalah 7 jam, maka

akan dibutuhkan modul surya dengan kapasitas total minimal 55,42 Wp. Jika dilihat dari modul surya yang ada pada pasaran, maka modul yang akan digunakan adalah 1 panel surya 100 Wp dengan jenis polikristal, dan memiliki spesifikasi ukuran panjang 1030 mm, lebar 670 mm, dan tinggi 30 mm.

Setelah didapatkan hasil dari menentukan besar kapasitas modul surya yang akan digunakan, maka selanjutnya dapat menentukan besar kapasitas baterai yang akan digunakan pada penerangan jalan umum menggunakan tenaga surya dengan menggunakan persamaan berikut.

- Menentukan arus kerja lampu dan kontroler :

$$\text{Arus Kerja Lampu} = \frac{\text{Daya lampu}}{\text{Tegangan Kerja Sistem}}$$

$$\text{Arus Kerja Lampu} = \frac{20 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$\text{Arus Kerja Lampu} = 1,666 \text{ A}$$

$$\text{Arus Kerja Kontroler} = \frac{\text{Daya kontroler}}{\text{Tegangan Kerja Sistem}}$$

$$\text{Arus Kerja Kontroler} = \frac{12 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$\text{Arus Kerja Kontroler} = 1 \text{ A}$$

- Waktu beban (Lampu) beroperasi dalam sehari yaitu sebesar 4 jam dimulai dari jam 18.00 sampai dengan 05.00. kenapa cuma 4 jam ini di karena ini menyesuaikan dengan aktifnya sensor PIR dan sensor LDR pada rangkaian kontroler lampu PJU yang memiliki daya 12 watt dan aktif selama 24 jam, jika syarat – syarat terpenuhi baru lampu baru bisa menyala.

- Kapasitas arus yang dibutuhkan :

$$\text{Kapasitas Arus lampu} = 1,666 \text{ A} \times 4 \text{ Jam}$$

$$\text{Kapasitas Arus lampu} = 6,664 \text{ Ah}$$

$$\text{Kapasitas Arus Kontroler} = 1 \text{ A} \times 24 \text{ Jam}$$

$$\text{Kapasitas Arus Kontroler} = 24 \text{ Ah}$$

$$\text{Jadi kapasitas arus total yaitu } 30,664 \text{ Ah}$$

- Syarat maksimum penggunaan kapasitas baterai sebesar 80%.

$$\text{Kapasitas Baterai} = 30,664 \times 80\%$$

$$\text{Kapasitas Baterai} = 24,5312 \text{ Ah}$$

- Kebutuhan daya beban dalam 3 hari jika terjadi hujan serta dalam keadaan kondisi cuaca mendung/berawan.

$$\text{Kapasitas Baterai} = 24,5312 \times 3$$

Kapasitas Baterai = 73,593 Ah

- Setelah didapatkan hasil dari menentukan kapasitas baterai, maka selanjutnya dapat menentukan daya tahan suatu baterai yang digunakan pada penerangan jalan umum dengan persamaan Berikut.

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 73,593$$

$$P = 883,116 \text{ W/h}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil laporan mengenai Instalasi penerangan jalan umum tenaga surya dapat diambil kesimpulan yaitu :

- Dalam pengerjaan instalasi penerangan jalan umum tenaga surya harus memperhatikan lokasi yang berguna menyesuaikan pada komponen yang diperlukan seperti panel surya, lampu, dan jenis tiang yang diperlukan.
- Dalam menentukan kebutuhan panel surya yang digunakan harus terlebih dahulu mengetahui total beban yang digunakan pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya dan dalam menentukan lampu yang dipakai harus mengetahui total lumen lampu yang diperlukan agar dapat menerangi jalan yang ada.
- Untuk pengaruh temperature terhadap daya serap tegangan dari panel surya 100Wp mengalami peningkatan tegangan apabila temperatur panel surya semakin tinggi sehingga efisiensi dari panel surya tipe polycrystalline terlihat.
- Kontrol lampu PJU dipengaruhi dengan koneksi yang lancar, semakin lancar koneksi kontroller, semakin cepat penguploadan data untuk menyalakan ataupun mematikan lampu PJU.

SARAN

Saran untuk Instalasi penerangan jalan umum tenaga surya yaitu :

- Dalam proses perhitungan panel yang digunakan lebih rinci lagi agar tidak menimbulkan kerugian biaya dan juga tenaga.
- Pemilihan komponen PJUTS harus dilakukan secara selektif dan seefisien mungkin tanpa menyampingkan keamanan dan keselamatan.
- Proses pengambilan data harusnya dilakukan minimal 7 hari agar mendapatkan data yang rinci dan dapat diambil banyak analisis
- Diperlukan koneksi *WiFi* yang cepat untuk dapat mengakses kontroller dengan cepat pula.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2018. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 27 Tahun 2018 Tentang Alat Penerangan Jalan*. Jakarta : Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- [2] PEMKAB Kutai Kartanegara. 2008. *Masterplan PJU Kab. Kutai Kartanegara*.
- [3] PUIL, Tim Revisi (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- [4]. PUIL, Tim Revisi (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- [5]. Kolondam, Halvy., dkk. 2013. *Pengaruh Penggunaan PE dan Tree guard pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV*. Manado : UNSRAT.
- [6]. Tira, Natsir., dkk. 2018. *Pengaruh sudut surya terhadap daya keluaran sel surya 10WP tipe Polycrystalline*. Mataram : Universitas Mataram.
- [7]. Ramadhan, Rangkuti. 2016. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti*. Jakarta : Universitas Trisakti.
- [8]. Pribadi, Adhi Bagus. 2016. *Modul Praktikum Pembangkit Tenaga Surya Dengan Rotasi Dinamis*. Malang : Universitas Negeri Malang. Malang
- [9]. Conners, Mark., dkk. 2010. *Buku Panduan Energi Terbarukan*. Jakarta : Contained Energy Indonesia.
- [10]. Pahlevi, Reza., dkk. 2015. *Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [11]. Satryawan, Hari. 2018. *Perancangan Solar Home System Di Daerah Terpencil Nusa Tenggara Barat*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [12]. Ramadhan, ilmar., dkk. 2016. *Analisis Desain Sistem Pembangkit Tenaga Surya Kapasitas 50 WP*. Jakarta : Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [13]. Rahmatullah, Ahad Noor. 2017. *Perencanaan Instalasi Penerangan Jalan Umum Menggunakan Tenaga Surya Pada Jalan Pangeran Suryanata Kelurahan Bukit Pinang Samarinda*. Samarinda : Politeknik Negeri Samarinda.