

Pemanfaatan Panel Surya Sebagai *Smart Street Lighting* di Desa Banjarejo, Kec. Pakis, Kab. Malang.

Imron Ridzki^{*a)}, Budi Eko Prasetyo^{a)}, Chandra Wiharya^{a)},

Asfari Hariz Santoso^{a)}, Lukman Hakim^{a)}

(Artikel diterima: Mei 2021, direvisi: Juni 2021)

Abstrak: Permasalahan lampu PJU konvensional secara umum yang dihadapi oleh masyarakat pedesaan, yaitu beban yang harus ditanggung oleh masyarakat untuk membayar rekening, selain itu sering terjadi kelalaian untuk menyalakan dan mematikannya. Artikel ini membahas mengenai pemasangan smart PJU yang memanfaatkan panel surya sebagai sumber utamanya. Secara teknis, penggunaan LDR dan PIR sangat membantu masyarakat untuk menyalakan dan mematikan lampu PJU, dan hasil pengukuran lampu smart PJU panel surya yang menggunakan lampu jenis LED 6 watt dipasang pada ketinggian 4 meter dari permukaan jalan didapatkan nilai rata-rata kuat cahaya E sebesar 11.86 lux. Disisi ekonomisnya, masyarakat dapat menghemat energi selama 1 bulan (30 hari) sebesar 21.6kWh dengan total nilai rupiah sebesar Rp. 31,205.52.

Kata-kata kunci : Smart PJU, Panel surya, PIR sensor, LDR

1. Pendahuluan

Peraturan pemerintah no.79 tahun 2014 tentang kebijakan Energi Nasional mendorong pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT), sebagai upaya untuk mengurangi penggunaan energi fosil sebagai sumber energi primer. Salah satu energi baru terbarukan yang sudah tidak asing lagi adalah energi surya. Energi surya memiliki kemampuan untuk menghasilkan listrik dengan biaya bahan bakar yang dapat diabaikan, tidak menyebabkan polusi dan tidak ada risiko adanya lonjakan harga bahan bakar [1]. Pemanfaatan energi surya sebagai energi listrik salah satunya adalah digunakan untuk lampu penerangan jalan umum yang sering disebut sebagai lampu PJU panel surya.

Permasalahan lampu PJU konvensional secara umum merupakan permasalahan yang besar yang dihadapi oleh masyarakat pedesaan, yaitu beban yang harus ditanggung oleh masyarakat untuk membayar rekening pemakaian energi listrik untuk PJU. Disisi lain daerah pedesaan pada umumnya penerangan jalan lingkungannya menggunakan PJU konvensional. PJU di pedesaan sumber energi listriknya dari PLN yang dihubungkan langsung dari masing-masing rumah dimana lampu PJU dipasang. Model ini menjadikan permasalahan tersendiri antara lain adalah biaya tagihan listriknya dibebankan langsung ke pemilik rumah tersebut, selain itu yang sering terjadi adalah saat menyalakan dan khususnya mematikannya sering terlambat.

Keterlambatan saat mematikan menyebabkan konsumsi energi listrik lebih besar, yang seharusnya lampu PJU menyala 12 jam karena terlambat mematikan bahkan hingga tidak dimatikan karena kelalaian. Jika hal ini diakumulasikan maka konsumsi energinya akan besar. Artikel ini mengajukan penyelesaian terhadap masalah-malah tersebut yaitu dengan memasang PJU panel surya yang dapat dikontrol secara otomatis, atau dengan kata lain adalah memanfaatkan energi surya sebagai *smart street lighting*.

2. Smart PJU Panel Surya

Smart PJU panel surya merupakan lampu penerangan jalan

yang menggunakan sumber energi listriknya dari energi surya dan dalam pengendaliannya secara otomatis. Smart PJU panel surya ini didesain agar memudahkan orang dalam menyalakan ataupun mematikannya dan penggunaan energinya lebih efisien.

2.1 Penerangan Jalan Umum (PJU)

Lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat diletakkan atau dipasang di kiri/kanan jalan dan atau di tengah (di bagian median jalan) yang digunakan untuk menerangi jalan maupun lingkungan di sekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan dan jalan di bawah tanah [2]. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan penerangan jalan adalah:

- a. Jenis Jalan
Jenis jalan menurut Undang-Undang RI no. 38 tahun 2004, terdiri dari antara lain jalan arteri, kolektor, dan lokal. Jenis jalan tersebut mempunyai fungsi yang berbeda sehingga dalam pemasangan penerangan jalan tidak bisa disama ratakan.
- b. Kualitas pencahayaan,
kualitas pencahayaan dalam system penerangan jalan dipengaruhi oleh luminasi dari lampu yang terpasang. Untuk mendapatkan nilai luminasinya bisa dilakukan dengan pengukuran secara langsung. Standart nilai luminasi dalam lux berdasarkan pada [2].
- c. Peletakan lampu penerangan jalan
Lampu penerangan jalan dalam peletakkannya berdasarkan dari fungsi jalan yang akan dipasangnya. Jalan lokal cara penempatan lampu penerangannya bisa terus menerus dan dipasang secara parsial [2]. Selain itu hal yang penting diperhatikan adalah jarak antar tiang.
- d. Kontruksi tiang
Bentuk kontruksi tiang sangat mempengaruhi kualitas dan pemerataan cahaya dari lampu penerangan jalan, misalnya ketinggian tiang lampu harus disesuaikan dengan kuat penerangan dari jenis lampu yang digunakan. Jika salah dalam menentukan ketinggian tiang lampu, maka akan mendapatkan penerangan yang tidak sesuai dengan

* Korespondensi: imron.ridzki@polinema.ac.id

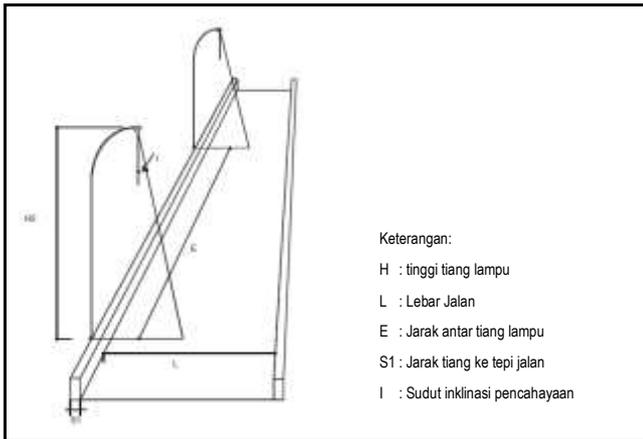
a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.
Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141

standart.

e. Jenis lampu dan armature

Hal-hal yang perlu diperhatikan dari jenis lampu adalah kuat penerangan (lumen) dari lampu tersebut, konsumsi daya lampu (watt), warna cahaya ($^{\circ}K$), dan *lifetime*. Sedangkan yang perlu diperhatikan dalam menentukan armature lampu adalah sudut pencahayaannya, index proteksi (IP), dan bentuk armature.

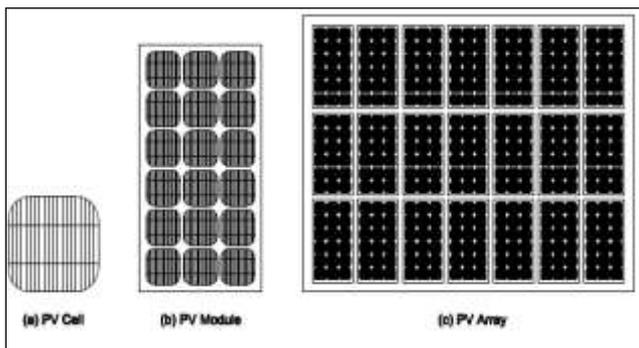
Gambar 2.1. menunjukkan cara penempatan penerangan jalan yang berdasarkan tandart SNI. Berikut adalah gambar penempatan lampu penerangan jalan [2]:



Gambar 2.1. Penempatan penerangan jalan [2]

2.2 Sistem PV

Kemampuan sistem *photovoltaic* (*pv*) untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kemampuan radiasi sinar matahari, besar kecilnya tergantung dari intensitas penyinaran matahari yang dipengaruhi oleh cuaca. Radiasi sinar matahari ini dikumpulkan oleh *pv cell*, *pv cell* tersebut akan menghasilkan energi listrik [3].



Gambar 2.2. (a) *PV cell*, (b) kumpulan *pv cell* disebut *pv module*, dan (c) kumpulan *pv module* disebut *PV Array*

Gambar 2.2 menunjukkan sistem *pv*, yang terdiri dari *pv cell* (a) yang tersusun sedemikian rupa akan menjadi *pv module* (b), dan kumpulan dari *pv module* yang disusun disebut sebagai *pv array* (c). Penyusunan *pv module* menjadi *pv array* berdasarkan dengan jenis tegangan sistem yang diinginkan dalam pembangkitannya. Pada sistem *pv* untuk penerangan jalan yang mandiri (*stand-alone*) hanya membutuhkan 1 *pv module*. Sedangkan untuk sistem yang besar dan terpusat dibutuhkan banyak *module pv array*.

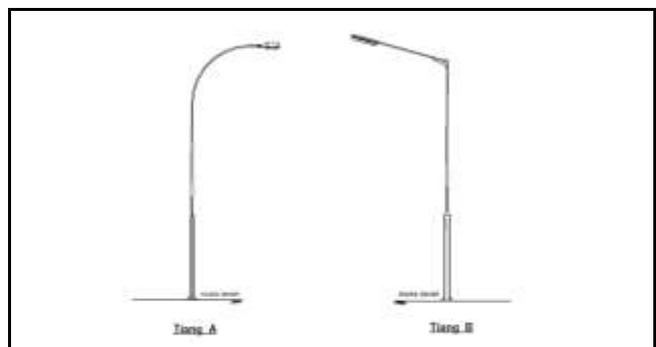
2.3 Sensor

Sensor yang digunakan untuk smart PJU adalah LDR (*Light Dependent Resistor*) dan PIR sensor. Keduanya dipasang untuk fungsi yang berbeda. LDR dipasang sebagai control menyalakan dan mematikan lampu secara otomatis yang berdasarkan ambient cahaya [4]. Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi pergerakan suatu benda baik itu manusia ataupun kendaraan. Penggunaan sensor PIR dapat menghemat daya listrik [5]. Selain itu PIR sensor biayanya rendah dan konsumsi dayanya juga rendah [6]. Kedua perangkat ini bekerja secara otomatis.

2.4 Komponen Sistem Smart PJU Panel Surya

Komponen sistem *smart pju* panel surya antara lain:

- Armature dan Lampu LED PJU
Lampu yang digunakan adalah LED PJU 60 watt, pada armature tersebut terdapat 96 LED 5730, armature IP67
- Tiang Lampu
Tiang lampu yang digunakan adalah jenis lengan tunggal dengan tinggi tiang dari permukaan tanah 4 meter, sedangkan panjang lengangannya adalah 1 meter
- PIR Sensor
Sensor ini untuk ngatur cahaya lampu saat tidak ada orang atau kendaraan yang melintas atau saat ada orang atau kendaraan yang melintas
- LDR (*Light Dependent Resistor*)
LDR berfungsi untuk menyalakan dan mematikan lampu secara otomatis jika dalam keadaan ada matahari, mendung, hujan, dan malam hari
- Panel Surya
Panel surya sebagai sumber energi utama, pada lampu penerangan jalan ini panel surya terintegrasi dengan armature lampunya. Kapasitas panel surya 7 Wp.
- Battere
Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk beban penerangan, battere pada system ini berkapasitas 7000mAH



Gambar 2.3. Typical tiang penerangan jalan jenis lengan tunggal [2].

Gambar 2.3 diatas menunjukkan bentuk tiang lengan tunggal berdasarkan SNI, dalam kegiatan ini tiang yang digunakan adalah jenis tiang lengan tunggal type tiang B. Sedangkan diameter tiang adalah 2". Berikut gambar 2.4 lampu penerangan jalan yang

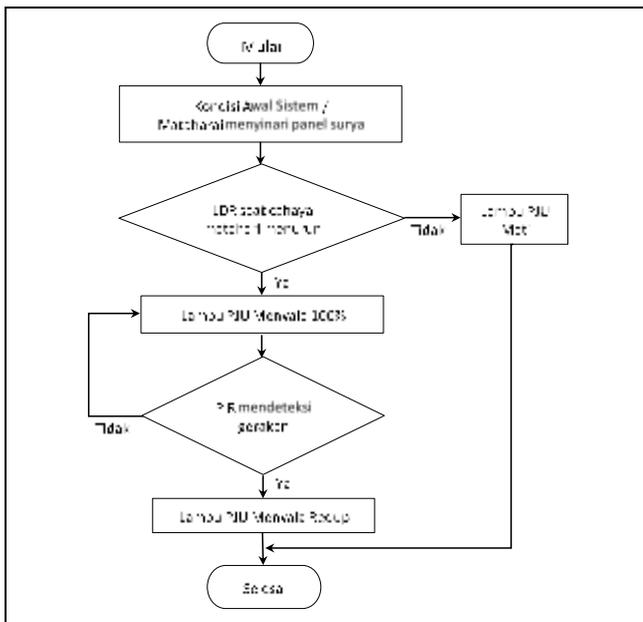
terpasang di lokasi kegiatan.



Gambar 2.4. Lampu Smart PJU panel surya terpasang di lokasi kegiatan

2.5 Flowchart Sistem

Berikut gambar 2.5 adalah flowchart system smart PJU panel surya:



Gambar 2.5. Flowchart system smart PJU panel surya

Gambar 2.5 diatas menjelaskan bahwa tahapan kerja dari system smart PJU panel surya. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

- **Tahap 1**, adalah kondisi awal system, panel surya akan mendapatkan radiasi matahari yang selanjutnya mengkonversi menjadi energi listrik untuk disimpan di Batterie. Batterie sebagai sumber utama dari PJU tersebut
- **Tahap 2**, Sensor LDR bekerja menyalakan lampu jika terjadi penurunan intensitas cahaya matahari hingga 80% [7].
- **Tahap 3**, LDR akan mematikan lampu jika matahari kembali terang.
- **Tahap 4**, Saat kondisi mendung, hujan dan malam hari LDR akan bekerja untuk menyalakan lampu dan lampu menyala 100% secara otomatis.

- **Tahap 5**, PIR sensor bekerja setelah lampu menyala 100%
- **Tahap 6**, Jika PIR sensor mendeteksi gerakan manusia atau kendaraan, maka lampu akan menyala terang 100%
- **Tahap 7**, Jika PIR sensor tidak mendeteksi gerakan manusia atau kendaraan, maka lampu menyala redup.

Tahapan diatas bekerja secara otomatis sesuai dengan kondisi dan keadaan lokasi yang dipasang smart PJU panel surya.

3. Analisis dan Pembahasan

3.1 Lokasi Pemasangan

Lokasi pemasangan smart PJU panel surya berada di desa Banjarejo, Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang tepatnya di RT.02 RW.04. Desa tersebut berada pada koordinat latitude: -7.997875°, dan longitude: 112.712211° yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini:

Gambar 3.1. Lokasi pemasangan smart PJU panel surya

Kondisi umum lampu penerangan jalan PJU di desa Banjarejo sumber energi listrik utamanya dari PLN. Sebagian besar lampu penerangan jalannya disambungkan ke rumah letak lampu PJU dipasang. Dengan demikian beban pembayaran tagihan lampu penerangan jalan PJU ditanggung oleh masyarakat secara individu yang kebetulan dipasang lampu penerangan jalan PJU. Kondisi lainnya bahwa lampu penerangan jalan yang ada di desa tersebut masih kurang merata dan masih banyak yang belum dipasang lampu penerangan jalan.

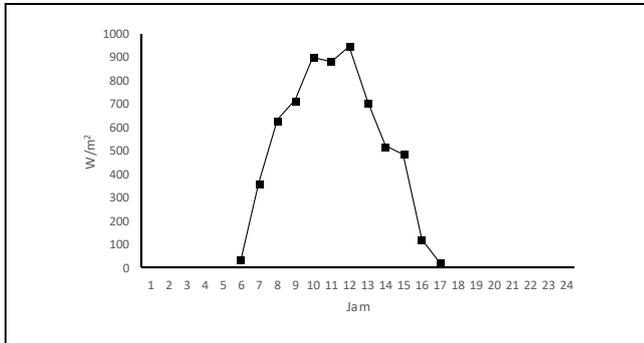


Lebar jalan di desa tersebut adalah 3 meter, jalan tersebut dalam keadaan diaspal dan masih baik. Jalan tersebut mempunyai trotoar di kanan dan kiri dengan lebar masing-masing 1 meter. Sehingga total lebar daerah yang dikenai penerangan PJU adalah 5 meter. Berdasarkan dari kondisi umum dan keadaan tersebut, maka pemasangan smart PJU panel surya dilakukan secara parsial dan diletakkan berada di tepi trotoar.

3.2 Radiasi Matahari

Data pengukuran lainnya adalah intensitas radiasi matahari. Pengukuran dilakukan selama 7 hari mulai jam 6.00 WIB hingga jam 17.00 WIB. Pengukuran ini dilakukan di bulan April – Mei 2021 secara acak dalam arti tidak terus menerus selama 7 hari berturut-turut, sedangkan per hari pengukurannya dilakukan perjam selama 12 jam.

Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan intensitas radiasi matahari rata-rata yang akan digunakan untuk sumber energi utama smart PJU panel surya di lokasi pemasangan smart PJU panel surya. Berikut Gambar 3.2 rata-rata perjam hasil pengukuran intensitas radiasi matahari:

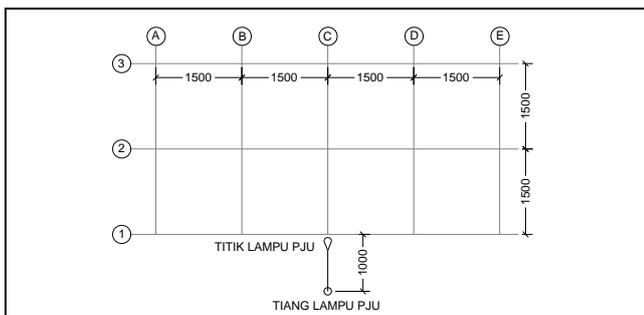


Gambar 3.2. Rata-rata intensitas radiasi matahari perjam

Gambar 3.2 diatas menunjukkan karakteristik rata-rata intensitas radiasi matahari selama pengukuran. Nilai intensitas radiasi yang terbesar terjadi di jam 12 siang yaitu sebesar 947 W/m². Sedangkan radiasi matahari terendah ada pada jam 6.00 dan jam 17.00. Rata-rata radiasi matahari selama pengukuran adalah 265 W/m².

3.3 Kuat Cahaya

Pengambilan data dilakukan pengukuran secara langsung di lapangan. Data yang diukur secara langsung adalah tingkat pencahayaan dari lampu smart PJU panel surya dengan menggunakan luxmeter. Pengambilan data pengukuran lakukan dengan metode *grid*. Metode ini dilakukan untuk mencari nilai rata-rata tingkat pencahayaan lampu smart PJU panel surya. Berikut Gambar 3.3 metode pengukuran yang dilakukan.



Gambar 3.3. Metode pengukuran kuat cahaya smart PJU panel surya

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa pengukuran kuat cahaya dilakukan secara grid. Gambar tersebut terdapat 5 garis vertikal yang dinotasikan huruf A ~ E, dan 3 garis horizontal yang dinotasikan angka 1 ~ 3. Perpotongan antara garis vertikal dan garis horizontal itulah titik dari pengukuran kuat cahaya secara langsung. Hal ini menunjukkan bahwa jarak antar titik pengukuran adalah 1.5 meter. Dengan demikian maka cakupan daerah jalan yang terukur adalah sepanjang 6meter dan lebar 3meter.

Letak sumber cahaya berada di tengah-tengah bagian tepi jalan. Luas daerah pengukuran adalah 18 m² dengan jumlah titik pengukuran langsung sebanyak 15 titik pengukuran. Hasil pengukuran dengan menggunakan luxmeter ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1. Hasil pengukuran kuat cahaya (lux)

Lokasi	A	B	C	D	E
1	8	15	27	15	8
2	8	13	18	12	8
3	8	9	12	9	8

Tabel 3.1 diatas menunjukkan hasil pengukuran kuat cahaya dari smart PJU panel surya yang terpasang pada jam 19.00. Nilai lux terbesar di titik pengukuran (C,1) yaitu sebesar 27 lux. Titik pengukuran tersebut berada tepat tegak lurus di bawah sumber cahaya. Sedangkan nilai lux terendah adalah 8 lux yang berada di paling ujung titik pengukuran yaitu titik (A,1), (A,2), (A,3), (E,1), (E,2), dan (E,3). Hal menunjukkan bahwa semakin jauh jarak pengukuran dari sumber cahaya maka nilai kuat cahaya yang terukur semakin berkurang.

Menentukan besar nilai rata-rata kuat cahaya ditentukan dengan persamaan (1-1) sebagai berikut:

$$\bar{E} = \frac{\sum E_{ukur}}{n} \tag{1-1}$$

Besar nilai lux rata-rata \bar{E} diperoleh dari jumlah hasil pengukuran tiap titiknya E_{ukur} dibagi dengan banyaknya titik pengukuran n . Dari persamaan (1-1) maka nilai rata-rata hasil pengukuran adalah sebesar 11.86 lux. Rata-rata hasil pengukuran smart PJU panel surya dengan daya lampu LED 60watt tersebut memenuhi standart penerangan jalan yang diatur dalam SNI 7391:2008 yaitu besar 2-5 lux.

3.4 Penghematan Energi

Tujuan dari pemasangan smart PJU panel surya adalah penghematan energi listrik yang telah dibebankan pada masyarakat jika menggunakan sumber energi utamanya adalah PLN. Persamaan energi listrik sebagai berikut:

$$W = P \times t \tag{1-2}$$

Energi listrik W dalam satuan watt-jam adalah besarnya energi yang diserap oleh lampu PJU terpasang selama lampu tersebut menyala pada waktu tertentu, daya P dalam watt adalah kapasitas daya lampu, dan waktu t dalam jam adalah waktu dimana lamanya lampu PJU tersebut menyala.

Lampu PJU yang terpasang adalah 60watt dan lama waktu menyalanya 12 jam (mulai nyala jam 18.00 WIB hingga jam 06.00 WIB), maka dari persamaan 1-2 dapat dihitung energi yang dibutuhkan dari lampu PJU tersebut. Besarnya energi untuk lampu PJU adalah sebesar 720 watt-jam setiap harinya. Energi setiap bulanya dengan rata-rata jumlah harinya adalah 30 hari perbulan, maka besar energy listriknya adalah 21.6kWh.

Besarnya biaya yang ditanggung masyarakat berdasarkan penyesuaian tarif dasar listrik periode April-Juni 2021 yang dikeluarkan oleh kementerian ESDM untuk golongan P3/TR keperluan penerangan jalan umum Rp. 1,444.70 per kWh selama satu bulan (30 hari) adalah Rp. 31,205.52 untuk satu titik lampu PJU yang menggunakan daya 60 watt.

Pemasangan smart PJU panel surya yang sumber utamanya adalah energi surya, maka masyarakat tidak terbebani pembayaran tagihan listrik ke PLN. Hal ini sangat menguntungkan bagi masyarakat.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan:

- 1) Pemasangan smart PJU panel surya memudahkan msyarakat

dalam pengendalian dan kontrol untuk menyalakan dan mematikan lampu PJU.

- 2) Besarnya kuat cahaya rata-rata lampu smart PJU panel surya yang terpasang pada ketinggian 4 meter dari permukaan jalan secara pengukuran sebesar 11.86 lux. Hal ini memenuhi ketentuan SNI 7391:2008.
- 3) Energi listrik yang dihemat adalah sebesar 21.6 kWh selama 1 bulan (30 hari) dengan nilai uang Rp. 31,205.52 rupiah per bulannya.
- 4) Saran dan rekomendasi adalah bahwa pemasangan smart PJU panel surya perlu digalakkan di lingkungan masyarakat pedesaan untuk penerangan jalan.

Daftar Pustaka

- [1] Rohit K. Mathew, Ashok S., and Kumaravel S. (2016), "Impact of Rooftop Solar PV based DG on Reliability of Distribution Systems", IEEE 2015 International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Sustainable Growth (ICEPE).
- [2] SNI 7391:2008, "Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan".
- [3] Patel Mukend R.(2006), "Wind and Solar Power System Design, Analysis, and Operation" 2nd edition.
- [4] Chiradeja P., Yoomak S., and Ngaopitakkul A., (2020), "Economic Analysis of Improving the Energy Efficiency of Nanogrid Solar Road Lighting Using Adaptive Lighting Control", IEEE Access, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3035702
- [5] Harikrishnan R., and Sivagami P., (2017), "Intelligent Power Saving System using Pir Sensors", IEEE Int. Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology ICECA.
- [6] Kuan-Chung Lai, Bing-Huan Ku, and Chih-Yu Wen, (2018), "Using Cooperative PIR Sensing for Human Indoor Localization" IEEE The 27th Wireless and Optical Communications Conference (WOCC2018).
- [7] M. Kuusik, T. Varjas, and A. Rosin, (2016), "Case study of smart city lighting system with motion detector and remote control," IEEE Int. Energy Conf. ENERGYCON.