

Analisis Pemanfaatan *Smart* PJU Panel Surya di Desa Banjarejo – Pakis – Kab. Malang

Imron Ridzki^{*1}, Budi Eko Prasetyo², Chandra Wiharya³
Asfari Hariz Santoso⁴, Lukman Hakim⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Listrik dan Sistem Kelistrikan, Fakultas Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta 9 Malang 65141; telp/fax: 0341-404424/0341-404420

e-mail: ^{*1}imron.ridzki@polinema.ac.id, ²budi.ekopras@polinema.ac.id, ³chandra.wiharya@polinema.ac.id,
⁴asfari.hariz87@gmail.com, ⁵lukman.hakim@polinema.ac.id,

Abstrak

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. Penggunaan energi surya sebagai sumber energi listrik salah satunya adalah untuk penerangan jalan umum. Pemanfaatan panel surya sebagai *smart street lighting* di desa banjarejo dusun Ngamprong RT.02 RW.04 Kecamatan Pakis Kabupaten Malang didasari kondisi bahwa pemasangan lampu penerangan jalan masih bersifat individu masyarakat yang bersedia memberikan sambungan listrik untuk penerangan jalan. Selain itu sering kali dalam menyalakan dan mematikan lampu penerangan jalan mengalami keterlambatan. Dari hasil analisis maka didapatkan penghematan energi listrik sebesar 21.6 kWh untuk model 1 dan 14.04 kWh untuk model 2 di setiap 30 harinya. Model 2 adalah model yang paling hemat, sehingga setting yang digunakan adalah setting model 2.

Kata kunci—panel surya, PJU, sensor, energi

1. PENDAHULUAN

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.

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 tagihan listrik untuk PJU. Daerah pedesaan umumnya penerangan jalan lingkungannya menggunakan PJU konvensional dengan 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 mematkannya sering terlambat

Berdasarkan kondisi lingkungan dan permasalahan diatas maka kami melalui program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) mengadakan pemanfaatan panel surya sebagai *smart street lighting*. Pemasangan lampu jalan umum ini bersumber dari energi surya dan pengoperasiannya secara otomatis dalam menyalakan dan mematikan lampu.

2. METODE

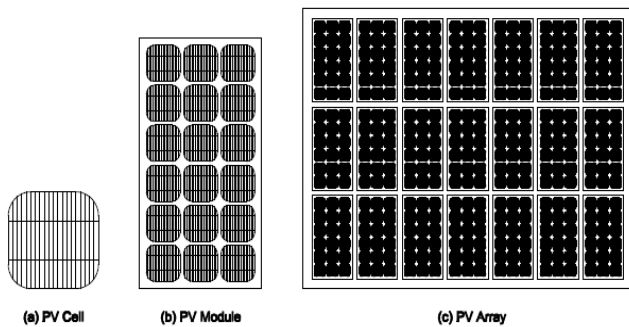
Untuk menentukan metode PKM maka pemanfaatan panel surya sebagai *smart street lighting* pada program pengabdian kepada masyarakat ini, harus diketahui modul penunjang apa yang sesuai dengan kebutuhan lingkungan dan masyarakat, agar memenuhi sasaran yang tepat. Oleh karena itu dengan pengetahuan dan keterampilan instalasinya harus sesuai standar yang ada.

2.1 Sistem Photovoltaic (pv)

Sistem *photovoltaic (pv)* memproduksi energi listrik tergantung pada intensitas radiasi sinar matahari, semakin besar intensitas penyinaran matahari maka semakin besar energi listrik yang diproduksi, begitu juga sebaliknya. Besar kecilnya intensitas penyinaran matahari dipengaruhi oleh cuaca. Radiasi sinar matahari ini dikumpulkan oleh *pv*

cell, pv cell tersebut akan menghasilkan energi listrik [1].

Gambar 1 menunjukkan sistem pv, yang terdiri dari pv cell (a) yang tersusun menjadi pv module (b), dan kumpulan dari pv module disusun disebut sebagai pv array (c). Penyusunan pv module menjadi pv array berdasarkan dengan jenis tegangan sistem yang diinginkan. System pv untuk penerangan jalan yang digunakan adalah sistem mandiri (stand-alone) hanya membutuhkan 1 pv module. Sedangkan untuk system yang besar dan terpusat dibutuhkan banyak module pv array.



Gambar 1. (a) PV cell, (b) kumpulan pv cell disebut pv module, dan (c) kumpulan pv module disebut pv array

2.2 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 lampu dan armature

Jenis lampu adalah kuat penerangan (lumen) dari lampu tersebut, konsumsi daya lampu (watt), warna cahaya (°K), dan lifetime. Sedangkan yang perlu diperhatikan dalam menentukan armature lampu adalah sudut pencahayaannya, index proteksi (IP), dan bentuk armature. Hal ini harus diperhatikan.

b. Kualitas pencahayaan,

Kualitas pencahayaan dalam system penerangan jalan dipengaruhi oleh luminasi yang dihasilkan lampu yang terpasang. Besarnya nilai tersebut dilakukan pengukuran atau perhitungan Standart nilai luminasi dalam lux berdasarkan pada [2].

c. Jenis Jalan

Jenis jalan terdiri dari antara lain jalan arteri, kolektor, dan lokal. Jenis jalan tersebut mempunyai fungsi yang berbeda sehingga dalam pemasangan penerangan jalan menyesuaikan fungsi jalan tersebut.

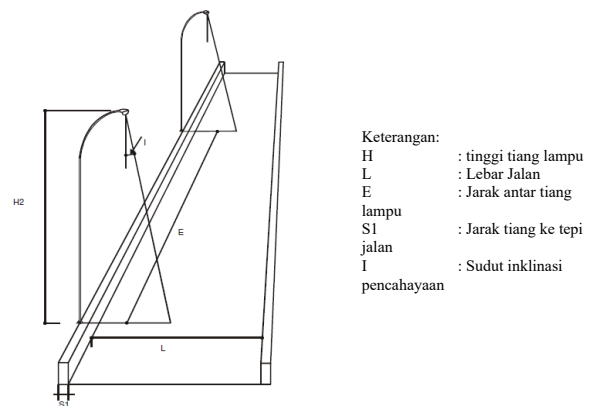
d. Kontruksi tiang

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 standart.

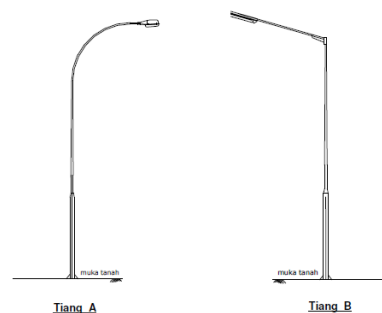
e. Peletakan lampu penerangan jalan

Lampu penerangan jalan dalam peletakkannya berdasarkan dari fungsi jalan yang akan dipasangnya. Jalan lokal cara penempatan lampunya bisa terus menerus dan dipasang secara pasrsial [2]. Jarak antar tiang sangat mempengaruhi pencahayaan pada jalan tersebut.

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



Gambar 2. Penempatan penerangan jalan [2]



Gambar 3. Tipekal tiang penerangan jalan jenis lengan tunggal [2]

Gambar 3 diatas menunjukkan konstruksi bentuk tiang lengan tunggal berdasarkan SNI, dalam kegiatan ini konstruksi tiang yang digunakan adalah jenis tiang lengan tunggal type tiang B. Sedangkan diameter tiang adalah 2”.

2.3 Sensor

Sistem *smart* PJU yang akan digunakan adalah menggunakan sensor untuk mengoperasikan on dan off secara otomatis. Sensor yang digunakan ada dua jenis sensor yaitu LDR (*Light Dependent Resistor*) dan sensor PIR. Keduanya dipasang untuk fungsi yang berbeda. Sensor pertama LDR merupakan kontrol menyalakan dan mematikan lampu secara otomatis yang berdasarkan ambient cahaya [3]. Sensor yang kedua adalah PIR digunakan untuk mendeteksi pergerakan suatu benda baik itu manusia ataupun kendaraan. Penggunaan sensor PIR dapat menghemat daya listrik [4]. Cara kerja sensor PIR ini adalah jika ada gerakan yang mengenai radius tertentu sensor, maka sensor akan bekerja meredupkan lampu PJU tersebut. Selain itu PIR sensor biayanya rendah dan konsumsi dayanya juga rendah [5]. Kedua perangkat ini bekerja secara otomatis.

2.4 Komponen Sistem Smart PJU Panel Surya

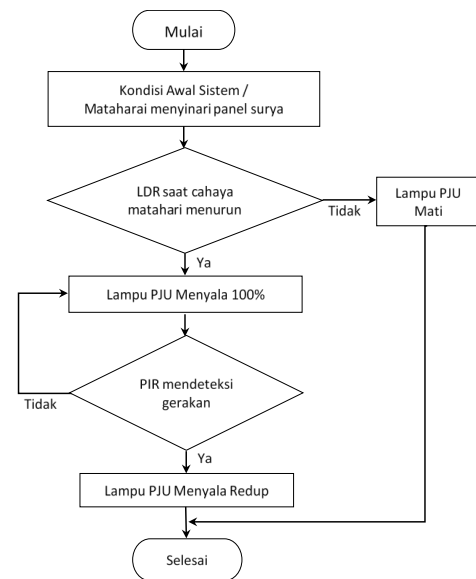
Komponen sistem *smart* pju panel surya antara lain:

- a. Tiang Lampu
Tiang lampu yang digunakan adalah jenis lengan tunggal dengan tinggi tiang dari permukaan tanah 4 meter, sedangkan panjang lengangannya adalah 1 meter
- b. Armature dan Lampu LED PJU
Tegangan system yang digunakan adalah tegangan DC, Lampu yang digunakan adalah LED PJU 60 watt, pada armature terdapat 96 LED 5730, armature IP67
- c. Panel Surya
Kapasitas panel surya 7 Wp. Panel surya sebagai sumber energi utama, pada lampu penerangan jalan ini panel surya terintegrasi dengan armature.
- d. Batterie
Batterie system ini berkapasitas 7000mAH, Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk beban penerangan dan selanjutnya akan digunakan sebagai sumber energi listrik pada saat malam hari.
- e. LDR (*Light Dependent Resistor*)
LDR berfungsi untuk menyalakan dan mematikan lampu secara otomatis sesuai dengan keadaan cuaca. Ketika dalam keadaan ada matahari secara

- otomatis lampu akan mati, saat cuaca mendung, hujan, atau malam hari lampu akan menyala.
- f. PIR Sensor
Sensor ini untuk ngatur cahaya lampu saat tidak ada orang atau kendaraan yang melintas atau saat ada orang atau kendaraan yang melintas

2.5 Flowchart Sistem

Berikut gambar 4 adalah *flowchart system smart PJU panel surya*:



Gambar 4. *Flowchart system smart PJU panel surya*

Gambar 4 diatas adalah *flowchart* dari *system smart PJU panel surya*. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

- **Tahap 1**, adalah kondisi awal sistem, 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% [6].
- **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 saat lampu menyala.
- **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 pada radius terdeteksinya gerakan 5 meter dari titik sensor. Dan jika tidak ada gerakan dalam radius tersebut maka lampu menyala redup.

2.6 Konsumsi Energi

Persamaan energi listrik ditunjukkan pada persamaan (1), Tujuan dari pemasangan *smart* PJU panel surya adalah penghematan energi listrik yang telah dibebankan pada masyarakat jika menggunakan sumber energi utamanya adalah PLN.

$$W = P * t \tag{1}$$

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

3. HASIL 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. berikut ini:



Gambar 5. Lokasi *smart* PJU panel surya

Kondisi umum 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. 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

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

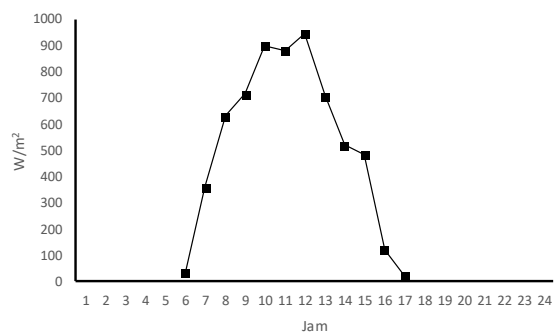
ada di desa tersebut masih kurang merata dan masih banyak yang belum dipasang lampu penerangan jalan. Berdasarkan dari kondisi umum dan keadaan tersebut, maka pemasangan *smart* PJU panel surya dilakukan secara parsial dan diletakkan berada di tepi trotoar. Berikut gambar pemasangan *smart* PJU.



Gambar 6. Lampu *Smart* PJU panel surya terpasang di lokasi kegiatan

3.2 Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari rata-rata yang akan digunakan untuk sumber energi utama *smart* PJU panel surya didasarkan pada hasil pengukuran secara langsung di lokasi pemasangan *smart* PJU panel surya. Pengukuran dilakukan selama 7 hari mulai jam 6.00 WIB hingga jam 17.00 WIB secara acak dalam kurun waktu 1 bulan. Pengukuran ini dilakukan di bulan April – Mei 2021, sedangkan per hari pengukurannya dilakukan perjam selama 12 jam. Adapun hasil pengukran adalah ditunjukkan pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7 Rata-rata radiasi matahari perjam

Gambar 7 merupakan karakteristik hasil pengukuran rata-rata intensitas radiasi matahari selama pengukuran. Nilai intensitas radiasi yang di jam 12 siang merupakan intensitas radiasi matahari terbesar yaitu sebesar 947 W/m². Radiasi matahari terendah terjadi pada jam 6.00 dan jam 17.00. Sedangkan nilai Rata-rata radiasi matahari selama pengukuran adalah 265 W/m².

Kapasitas panel surya yang dipasang adalah 7 Wp untuk memenuhi kebutuhan kapasitas battere 7000mAh. Dari data hasil pengukuran radiasi matahari tersebut, maka panel surya dapat melakukan pengisian battere secara penuh pada saat ada sinar matahari.

3.3 Smart PJU Surya

Prinsip dasar dari *smart PJU* surya adalah sumber energi listrik PJU berasal dari energi matahari, dan sistem bekerja secara otomatis. Dalam kegiatan ini, *smart PJU* surya dapat dioperasikan secara dua model. Model pertama adalah Jika ada kendaraan bergerak maka lampu akan menyala terang dan jika tidak ada kendaraan lampu akan menyala redup. Model ke dua adalah lampu tetap menyala terang meskipun tidak ada kendaraan yang melintas. Kedua model tersebut bekerja secara otomatis saat malam hari atau keadaan cuaca mendung dan hujan.

3.4 Kuat Cahaya

Pengukuran secara langsung di lapangan untuk mendapatkan data. Data yang dikukur adalah pencahayaan dari cahaya lampu *smart PJU* panel surya yang menyinari jalan. Alat yang digunakan adalah luxmeter. Metode grid dilakuakn untuk pengambilan data pengukuran. Metode ini untuk mencari nilai rata-rata tingkat pencahayaan lampu *smart PJU* panel surya.

Letak sumber cahaya di tepi jalan yang berada di tengah-tengah daerah terukur. Pengukuran dilakukan malam hari. Adapun hasil pengukuran adalah sebesar antara 8 sampai dengan 27 lux. Nilai lux terbesar adalah 27 lux di titik yang tepat berada dibawah titik lampu PJU, sedang nilai terendah adalah 8 lux yang berada di titik sudut-sudut dari area pengukuran.

Menentukan besar nilai rata-rata kuat cahaya ditentukan dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$\bar{E} = \frac{\sum E_{hitung}}{n} \tag{2}$$

Nilai rata-rata Lux \bar{E} diperoleh dari hasil penjumlahan nilai lux hasil pengukuran tiap titik E_{ukur} dibagi dengan banyaknya titik pengukuran n . Dari persamaan (2) maka di dapat nilai rata-rata hasil pengukuran sebesar 11.86 lux. Rata-rata hasil pengukuran *smart PJU* panel surya tersebut memenuhi standart penerangan jalan yang diatur dalam SNI 7391:2008 yaitu besar 2-5 lux.

3.5 Analisis Konsumsi Energi

Lampu PJU yang terpasang menyala 12 jam yaitu mulai nyala jam 18.00 WIB hingga jam 06.00 WIB, nyala dan mati ini berdasarkan sensor LDR. Jika terdapat sinar matahari sensor mng-off-kan lampu dan jika tidak ada sinar matahari sensor meng-on-kan lampu.

Dengan asumsi keadaan cuaca normal dan cerah tidak ada hujan dan mendung di siang hari, maka 12 jam lampu akan mati di siang hari dan lampu akan menyala di malam hari. Menggunakan persamaan (1) dapat dihitung energi yang dibutuhkan dari lampu PJU yang terpasang. Besarnya energi untuk lampu PJU yang mempunyai daya 60watt adalah sebesar 720 watt-jam setiap harinya. Jika tiap bulannya terdapat 30 hari, maka besar energi listriknya adalah 21.6 kWh. 21.6 kWh adalah energi yang dibutuhkan untuk menyalakan lampu LED 60watt selama 1 bulan (30 hari) jika setting lampu model pertama yaitu sensor PIR tidak diaktifkan.

Model kedua adalah jika sensor PIR bekerja atau diaktifkan. Jika tidak ada kendaraan melintas maka *smart PJU* akan bekerja sebesar 40% lampu dalam keadaan redup, dan jika ada kendaraan yang melintas maka *smart PJU* akan bekerja 100% dan lampu menyala terang. Keadaan model ke dua ini diperkirakan ada kendaran dan/ataupun orang melintas daerah tersebut selama total waktu 5 jam, keadan tersebut didapat bahwa saat nyala terang didapat energi listriknya adalah 0.3 kWh perharinya, selama 30 hari sebesar 9 kWh.

Saat tidak ada kendaran dan/atau orang melintas dalam waktu total 7 jam per harinya, maka didapat energi sebesar 0.168 kWh perharinya dan selama 30 hari energinya sebesar 5.04 kWh. Dengan demikian total energi pada model 2 adalah sebesar 14.04 kWh.

Hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa penggunaan model 2 lebih hemat energi. Hal ini berlaku untuk 1 lampu *smart PJU*. Selisih antara model 1 dengan model 2 adalah 7.56 kWh per bulannya. Dengan demikian penggunaan PIR sensor diaktifkan dapat menghemat biaya listrik sebesar Rp.

10.921,93 mengacu TDL yang dikeluarkan kementerian ESDM periode April-Juni 2021.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan:

1. *Smart* PJU panel surya memudahkan masyarakat dalam pengendalian dan kontrol untuk menyalakan dan mematikan lampu PJU.
2. Besarnya kuat cahaya rata-rata lampu *smart* PJU panel surya terpasang memenuhi ketentuan SNI 7391:2008.
3. Setting model 1, energi listrik yang dihemat adalah sebesar 21.6 kWh selama dalam kurun waktu 30 hari, Setting model 2, energi listrik yang dihemat adalah sebesar 14.04 kWh selama dalam kurun waktu 30 hari
4. Setting model 2 lebih hemat 7.56 kWh.

5. SARAN

Saran dan rekomendasi adalah pemasangan *smart* PJU panel surya sebagai penerangan jalan umum di lingkungan masyarakat pedesaan perlu digalakkan sehingga dapat memberikan keamanan dan kenyamanan jalan di lingkungan tersebut. Selain itu dapat meringankan beban masyarakat dalam pembayaran tagihan listriknya perbulan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor, anggota tim, dan seluruh civitas akademika, yang telah memberi dukungan moral dan dana terhadap program pengabdian masyarakat ini. Serta kepada ketua RT.02 RW.04 desa banjarejo-kec. Pakis-kab. Malang. Tak kalah pentingnya kepada seluruh masyarakat RT.02 yang berpartisipasi aktif baik secara langsung dan tidak langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Patel M. R., 2006, *Wind and Solar Power System Design, Analysis, and Operation*, 2nd edition.
- [2] SNI 7391:2008, Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan.
- [3] 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

[4] Harikrishnan R., and Sivagami P., 2017, *Intelligent Power Saving System using Pir Sensors*, IEEE Int. Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology ICECA.

[5] Lai, K.C, Ku, B.H., and Wen, C.Y., 2018, *Using Cooperative PIR Sensing for Human Indoor Localization*, IEEE The 27th Wireless and Optical Communications Conference (WOCC2018).

[6] Kuusik, M., Varjas, T. and Rosin, A., 2016, *Case study of smart city lighting system with motion detector and remote control*, IEEE Int. Energy Conf. ENERGYCON.