

PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN PADA PENERANGAN JALAN UMUM UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA DENGAN LAMPU *LED* BERTENAGA *SOLAR CELL*

Septian Dwi Pramono¹ Ramadan Syahputra² Faris Mujaahid³

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Telp: 0274-387656 Fax. 0274-387646 Email: Septiandwipramono09@gmail.com

The increasing use of electricity that forms energy is a fundamental problem in Indonesia. The sun is one of the renewable energy that is used as a power plant. Sunlight is converted into electrical energy directly. A tool called a solar cell. One application for street light energy in public street lighting. Planning and designing solar cell based PJU using solar cell as a more effective and efficient renewable energy.

This research was conducted by looking for literature related to solar cells, data data, market surveys, selection, and design in the Muhammadiyah University of Yogyakarta campus environment.

The design of the PJU solar cell in UMY with a lamp load of 30 watts, a mast height of 8 m, a road width of ± 7 m, and a distance of each pole 22.45 m. The tools consist of a type of polycrystalline type solar polycrystalline, VRLA battery, SSC 10 A, and 30 watt HPL LED light. The working principle of this solar cell PJU by converting solar cells into energy, the energy will be filled with batteries that will be channeled to the SSC. When the battery is full, the SSC will break into the battery. This SCC has an important role (ON) and turns off (OFF) the lights with the program.

Keywords : renewable energy, solar cell, SSC, PJU, energy converter

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya penggunaan energi listrik menyebabkan krisis energi yang menjadi masalah fundamental di Indonesia. Salah satu usaha yang dilakukan adalah pemanfaatan sumber energi baru, dimana sumber energi tersebut haruslah yang berkelanjutan, berjumlah besar dan ramah terhadap lingkungan sekitarnya. Karena hal tersebut, maka manusia mulai memanfaatkan energi matahari (sinar matahari) sebagai sumber energi pembangkit tenaga listrik. Untuk

mengkonversikan sinar matahari menjadi energi listrik secara langsung dibutuhkan suatu alat yang dinamakan sel surya (*solar cell*). Selanjutnya energi listrik yang dihasilkan dari *solar cell* dapat digunakan untuk berbagai penggunaan.

Salah satu aplikasinya digunakan untuk sumber energi lampu jalan pada penerangan jalan umum. Tetapi komponen listrik yang digunakan ketika solar cell diaplikasikan pada penerangan jalan umum sangat berbeda

dengan komponen listrik yang digunakan pada penerangan jalan umum konvensional. Sehingga akan menyebabkan perbedaan pada hal teknis dan biaya oprasional terhadap penggunaan PJU *solar cell*. Sistem penerangan jalan umum dengan memanfaatkan energi *sollar cell* bertujuan untuk mengurangi emisi, karbon, dan ramah lingkungan.

PJU *solar cell* adalah lampu penerangan jalan yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi listriknya. Belakangan ini PJU Tenaga Surya juga marak diaplikasikan di daerah perkotaan seperti di kawasan jalan-jalan utama, jalan kawasan

II. TEORI PENDUKUNG

A. Energi Terbarukan

Indonesia sesungguhnya memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar. Beberapa diantaranya telah diterapkan di tanah air, seperti: tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, dan tenaga angin digunakan untuk membangkitkan listrik.

B. Cahaya Matahari(Surya)

1. Surya Fotovoltaik

Energi surya atau lebih dikenal sebagai solar cell atau *photovoltaic cell*, merupakan sebuah perangkat semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, yang mampu merubah langsung energi surya menjadi energi listrik.

2. Surya Termal

Sebagian besar dan secara komersial, pemanfaatan energi surya termal banyak digunakan untuk penyediaan air panas rumah tangga, khususnya rumah tangga perkotaan.

3. Concentrated Solar Power (CSP)

Tenaga Surya Terkonsentrasi ini cara kerjanya yaitu: menggunakan cermin

perumahan, halte bis, tempat parkir, pompa bensin (SPBU) dsb. Penerangan

Jalan Tenaga Surya merupakan sebuah alternatif yang murah dan hemat untuk digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi gratis dan terbatas dari alam yaitu energi matahari. Menggunakan Modul/Panel Surya dengan *lifetime* hingga 25 tahun yang berfungsi menerima radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses *photovoltaic*. Lampu Jalan Tenaga Surya (PJU Tenaga Surya) secara otomatis mulai menyala pada sore hari dan padam pada pagi hari.

atau lensa untuk memusatkan area sinar matahari terluas ke area terkecil. Listrik dihasilkan ketika cahaya terkonsentrasi diubah menjadi panas, yang menggerakkan mesin panas (turbin uap yang terhubung ke generator)

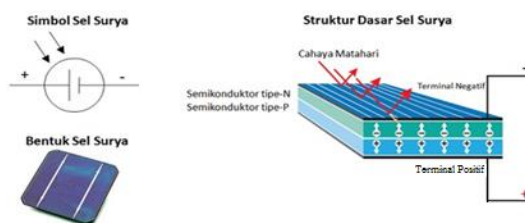
C. Panel Surya

Panel surya adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik, dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. Yang dimaksud dengan efek *Photovoltaic* adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya.

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari. Sama seperti *dioda foto (photodiode)*, sel surya atau *solar cell* ini juga memiliki kaki positif dan kaki negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik. Pada dasarnya, sel surya merupakan dioda foto (*photodiode*) yang memiliki permukaan yang sangat luas sehingga

lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih kuat dari dioda foto pada umumnya. Contohnya, sebuah sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan Arus setinggi 0,1A saat terkena (*expose*) cahaya matahari.

1. Struktur Dasar dan Simbol Sel Surya (*Solar cell*)



Gambar 2.1 Simbol dan Struktur Sel Surya

2. Prinsip Kerja Sel Surya (*Solar cell*)

Sinar matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan foton. ketika terkena sinar matahari, foton yang merupakan partikel sinar matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon sel surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. elektron yang terpisah dan bermuatan negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan "hole" dengan muatan positif (+).

Daerah semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan hole bersifat positif dan

bertindak sebagai penerima (*acceptor*) elektron yang dinamakan dengan semikonduktor tipe p (p-type). Di persimpangan daerah positif dan negatif (*pn junction*), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif. ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di persimpangan positif dan negatif (*pn junction*) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.

3. Rangkaian Seri dan Pararel Sel Surya (*Solar cell*)

Seperti baterai, sel surya juga dapat dirangkai secara seri maupun paralel. Pada umumnya, setiap sel surya menghasilkan tegangan sebesar 0,45 ~ 0,5v dan arus listrik sebesar 0,1a pada saat menerima sinar cahaya yang terang. Sama halnya dengan baterai, sel surya yang dirangkai secara seri akan meningkatkan tegangan (*voltage*) sedangkan sel surya yang dirangkai secara paralel akan meningkatkan arus (*current*).

4. Jenis Panel Surya

Ada 8 jenis panel surya yang dijual dipasaran maupun dalam tahap penelitian :

a Jenis pertama, yaitu jenis yang terbaik dan yang terbanyak digunakan masyarakat saat ini, adalah jenis monokristalin. Panel ini memiliki tingkat efisiensi ±20%. Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis *crystalline* tunggal (*single-crystal-si*) dan memiliki efisiensi paling tinggi di kelas nya. Secara fisik, panel surya *monocrystalline* dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan model terpotong pada setiap sudutnya. Merupakan panel yang paling efisien,

menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

b. Jenis kedua adalah jenis polikristalin atau multi kristalin, yang terbuat dari kristal silikon dengan tingkat efisiensi $\pm 20\%$. Polikristalin merupakan panel surya / *solar cell* yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Secara fisik panel surya multikristalin atau polikristalin warna sel cenderung biru berbentuk persegi.

c. Jenis ketiga adalah silikon jenis *Thin film amorphous*, yang berbentuk film tipis. Efisiensinya sekitar $\pm 8,5\%$. Panel surya jenis ini banyak dipakai di mainan anak-anak, jam dan kalkulator.

d. Jenis keempat adalah Cadmium telluride (CdTe) *photovoltaics* yaitu: lapisan semikonduktor tipis yang dirancang untuk menyerap dan mengubah sinar matahari menjadi listrik yang didasarkan pada cadmium telluride PV, memiliki biaya terendah dibandingkan panel surya konvensional yang terbuat dari silikon kristal, dan jejak karbon terkecil.

e. Jenis kelima adalah CIGS (*Copper Indium Gallium Selenide*) Solar Cell yaitu: Sel surya indium gallium selenide adalah sel surya film tipis yang digunakan untuk mengubah sinar matahari menjadi tenaga listrik. Ini diproduksi dengan menyimpan lapisan tipis tembaga, indium, galium dan selenide pada kaca atau plastik, bersama dengan elektroda di bagian depan dan

belakang untuk mengumpulkan arus.

f. Jenis keenam adalah *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) yaitu: Sel surya yang peka terhadap zat warna termasuk dalam kategori sel surya tipis dan murah. Hal ini didasarkan semikonduktor yang terbentuk antara anoda peka-foto dan elektrolit, sistem foto elektrokimia. DSSC memiliki fitur yang menarik mudah cetak gulung konvensional, semi fleksibel, dan semi transparan akan tetapi tidak dapat diterapkan pada sistem berbasis kaca.

g. Jenis ketujuh adalah *Organic Solar Cell* (OSC) yaitu: Sel surya organik atau sel surya plastik adalah jenis fotovoltaiik yang menggunakan elektronik organik, cabang elektronik yang berhubungan dengan polimer organik konduktif atau molekul organik kecil.

h. Jenis kedelapan adalah *Perovskit* yaitu: Jenis sel surya yang mencakup senyawa terstruktur perovskit, paling umum berupa timah organik-anorganik hibrida atau bahan berbasis timah halida, sebagai lapisan aktif penerangan cahaya.

2. *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisikan ke baterai dan dari baterai ke beban, yang fungsinya untuk mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan tegangan dari *solar cell* atau panel surya. *solar cell* 12 Volt memiliki tegangan output 16 - 21 Volt yang umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14,7 Volt. Tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari *solar cell* akan berhenti dan dideteksi

melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali. Prinsip kerja *Solar Charge Controller* terbagi menjadi dua yaitu pada saat mode *charging* terdiri dari fase *bulk*, fase *absorption*, dan fase *float*. Sedangkan mode *operation* adalah Penggunaan baterai ke beban, baterai ke beban akan diputus jika baterai sudah mulai 'kosong'.

5. Baterai (*Battery/Accumulator*)

Baterai pada PLTS berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC. Saat pengisian tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga listrik didalam akumulator dan disimpan didalamnya. Sedangkan saat pengosongan, tenaga di dalam akumulator diubah lagi menjadi tenaga listrik yang digunakan untuk mencatu energi dari suatu peralatan listrik. Dengan adanya proses tersebut akumulator sering dikenal dengan elemen primer dan sekunder. Type baterai yang paling sesuai di gunakan yaitu baterai VRLA GELL yang sering disebut dengan istilah akki kering. Baterai ini tertutup (*sealed*), karena sifatnya tertutup maka uap yang keluar dari baterai sangatlah sedikit (terjadi rekomendasi) sehingga tidak perlu menambah cairan/elektrolit selama masa pemakaian baterai tersebut

6. HPL (*High Power LED*)

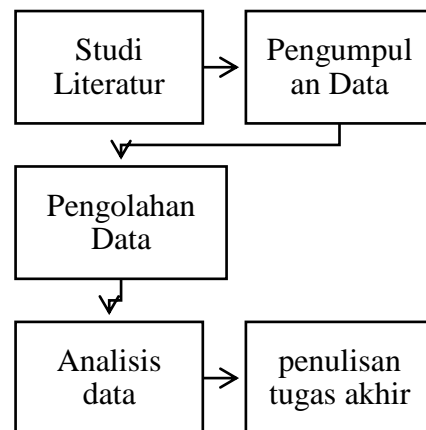
Light Emitting Diode atau LED merupakan keluarga dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-

warna cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya.

Cara kerjanya pun hampir sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub positif (P) dan kutub negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (bias *forward*) dari Anoda menuju ke Katoda.

III. METODELOGI PENELITIAN

Berikut rangkaian alur penelitian dengan mencari studi literatur terkait *solar cell*, pengumpulan data, survey pasar, pemilihan, dan perancangan di lingkungan kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



IV. HASIL PENELITIAN

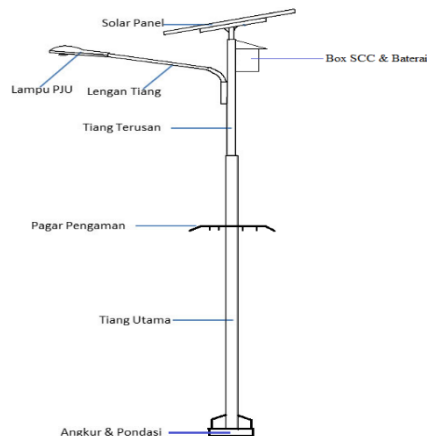
A. Gambaran Umum

Berdasarkan pengamatan didapatkan data bahwa Universitas Muhammadiyah Yogyakarta terdapat jumlah lampu PJU konvensional sebanyak 118 unit, dan posisi lampu berada di kiri pengemudi yang melintas. Dari jumlah lampu tersebut 22 unit diantaranya berjenis tipikal tiang lampu lengan ganda, dan sisanya berjenis tipikal tiang lampu lengan tunggal. Pengertian dari tipikal tiang lampu lengan ganda yaitu Tiang lampu ini khusus diletakkan di bagian tengah/median atau bisa dikatakan dapat

menerangi sisi kiri dan kanan pengguna jalan, dengan catatan jika kondisi jalan yang akan diterangi masih mampu dilayani oleh satu tiang.

B. Rancangan Sistem PJU Solar Cell di UMY

Penulis berniat ingin mengembangkan penerangan jalan umum dari yang sebelumnya menggunakan PJU Konvensional akan di rubah menjadi PJU yang energinya menggunakan energi alternatif seperti memanfaatkan radiasi/cahaya dari matahari. Penerangan Jalan Umum ini bisa disebut dengan PJU *Solarcell* atau nama lainnya PJU Tenaga Surya . PJU *Solarcell* akan dikembangkan di lingkup Universitas Muhammadiyah Yogyakarta berfungsi sebagai penerangan jalan umum tenaga alternatif. Ketika pada siang hari *solarcell* akan mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik untuk mengisi sebuah baterai, dan ketika pada malam hari energi yang tersimpan dialirkan ke beban(lampu). PJU *Solarcell* yang akan dirancang di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ada 2 jenis pilihan yaitu Monokristalin si dan Polikristalin si. Pada PJU *Solarcell* ini, bentuk dan struktur tiang lampu menggunakan tipikal tiang lampu lengan tunggal.



Gambar 4.3 Tipikal tiang lengan tunggal

Gambar diatas adalah PJU *Solarcell* yang akan di rancang di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ,bentuk setiap unit nya sama letak perbedaan antara PJU Monokristalin dan PJU Polikristalin berada di panel surya-nya. Pemilihan *Solarcell* , SCC , Baterai , Saklar ,dan Lampu nya sangat berpengaruh pada umur PJU *Solarcell* tersebut. Pada bagian ini penulis menentukan berbagai macam cara untuk menentnukan komponen yang tepat untuk melengkapi PJU *Solarcell* tersebut.

Komponen yang paling utama yaitu *Solarcell* akan tetapi cara menentukan komponen yang sesuai untuk PJU *Solarcell* penulis harus menentukan besar nilai tegangan pada bebannya terlebih dahulu. Pada umumnya PJU Konvensional PLN menerapkan standar lampunya yaitu 90 watt SON pada tiang setinggi ± 8 meter, akan tetapi lampu yang akan digunakan pada PJU *Solarcell* yaitu lampu *High Power Led* biasa disingkat dengan sebutan lampu HPL. Perbandingan lampu HPL dengan lampu merkuri tersebut yaitu 1 : 3 bisa dikatakan bahwa lampu HPL 30W hampir setara dengan lampu 90W SON. Dengan menetapkan lampu HPL 30W 12V sebagai lampu PJU *Solarcell* maka penulis dapat menentukan komponen berikutnya yaitu baterai 12V dengan cara menentukan daya yang di pakai beban sehari menggunakan rumus $I=P:V$ dimana arus yang di dapat yaitu $30:12=2,5A$ pada tiap jam nya atau bisa dibilang 30Wh. Dikatakan bahwa beban akan menyala sekitar 12 jam jadi dapat dicari menggunakan $E=P \times T$ yaitu $30 \times 12=360Wh$. Setelah diketahui bebannya kemudian menentukan baterai dengan rumus $Ah=E:V$ yaitu

360:12=30Ah, dapat diketahui minimal baterai yang digunakan minimal sekitar 30Ah. untukantisipasi overcharging di pilih baterai yang kapasitasnya 2x lipat daya beban. Kemudian menentukan solarcell dengan rumus $PPV = \frac{E}{PSH}$ yaitu $360:4=90Wp$ setelah itu efisiensi columb $PPV1 = PPV \cdot 90\%$ yaitu: $90:90\% = 100Wp$ kemudian menggunakan rumus oversize factor $PPV2 = PPV1 \cdot 110\% = 110Wp$ kemudian digunakan rumus yg terakhir agar akurat pemilihan solarcellnya menggunakan rumus $PPV3 = PPV2 \cdot 125\% = 137,5Wp$ maka dapat ditentukan solarcell yang digunakan minimal 137,5Wp jadi yang dipilih 150Wp.

C. Rancangan prosedur dan hasil penelitian

Menggunakan tipikal tiang lengan tunggal, beban yang digunakan hanya 1 buah lampu 30W, baterai dan SCC berada dalam 1 wadah atau box yang penempatannya selalu berada di bawah panel surya. Panel surya ini tipenya Polikristalin dipasang menghadap utara dan tingkat kemiringannya pada sudut 10° , guna mengoptimalkan penyerapan pada radiasi atau cahaya matahari. Lokasi yang telah ditentukan bisa di lihat pada dimana terdapat simbol PJU TS pada peta. Jarak pada setiap PJU kisaran 22,45m, rata-rata lebar jalan 7m, dan tinggi tiang $\pm 8m$ dengan katalain bahwa cahaya lampu yang menyinari setiap titik yang ditentukan terbilang cukup.

D. Perencanaan Anggaran Bahan

Tabel 4.5. Bahan perancangan PJU Solarcell

No	Nama Barang	Harga
1	Panel Surya	
	Polikristalin si (150 WP)	Rp. 1.400.000,-
2	PWM SCC Auto 10A	Rp. Rp.135.000,-
3	ACCU VRLA Gell (12 V 70Ah)	Rp. 1.900.000,-
4	Kabel NYHYH 2x2,5 mm ² (5 meter)	Rp. 60.000,-
5	Lampu PJU Kotak 30w Sorot	Rp. 300.000,-
6	Besi Tiang Menara	Rp. 1.500.000,-
Total harga		Rp. 5.295.000,-

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dengan adanya perencanaan dan perancangan sistem penerangan jalan umum berbasis *solarcell* di area unuversitas muhammadiyah yogyakarta, memiliki maksud tujuan untuk mengetahui cara pemilihan komponen yang sesuai untuk pembuatan sistem tersebut, mengurangi pembengkakan biaya pada pembuatan sistem, dan proses perancangan dari awal hingga sistem tersebut dapat diterapkan setiap harinya.
2. Berdasarkan hasil pengamatan yang didapat dari *solarcell* yang digunakan yaitu *solarcell* tersebut dapat menghasilkan energi $\pm 90watt$ pada setiap jam nya di titik pucak teriknya matahari, dan $\pm 45watt$ pada cahaya matahari sedang.
3. Hasil optimal *solarcell* tersebut pada setiap harinya, dapat menghasilkan energi alternatif yaitu menyerap cahaya matahari dan

mengkonversikan nya menjadi energi listrik bahkan dapat menyalakan lampu HPL 30w selama 12 jam pada setiap malam dengan hanya menyerap cahaya matahari selama 4 jam dipuncak teriknya.

B. Saran

1. Memilih harga spesifikasi alat yang lebih murah tetapi masih termasuk dalam persyaratan.
2. Menerapkan pembuatan sistem penerangan jalan umum bertipikal tiang lengan ganda berbasis *solarcell*.
3. Melakukan uji emisi pada energi alternatif tenaga surya.
4. Membandingkan hasil dengan PJU Konvensional.
5. Menetapkan titik lokasi untuk perancangan sistem tersebut.
6. Mencoba membuat alat yang menggunakan *solarcell*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arrohman Roni Eka, Setiawan Ahmad Agus, dan Sihana. (2012). Perancangan Sistem Pengangkatan Air Tenaga Surya di Kecamatan Tepus Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal TEKNOFISIKA*. Vol 1 No.1: 134.
2. Azet Surya Lestari, PT. (2005). *Informasi Umum Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya*. Tangerang: PT. Azet Surya Lestari.
3. Penelitian Rudi Darussalam, Ahmad Rajani, Kusnadi, Tinton Dwi Atmaja. (2016). Pengaturan Arah Azimut dan Sudut Tilt Panel Pothovoltaic untuk Optimalisasi Radiasi Matahari Bandung-Jawa Barat. *Jurnal SEMINAR NASIONAL UNJ 2016*.
4. Departemen Pendidikan Nasional. (2006). *Pengenalan Program Energi Terbarukan Pada Sekolah Menengah Kejuruan Di Indonesia*. Bandung: Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK).
5. Hasan, Hasnawiya. (2012). *Perancangan Pembangkit Tenaga Surya di Pulau Saugi. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRKT)*. Vol 10 No.2: 169-179.
6. Kusuma Wardhany, Arum. (2013). Pengaruh Ekstrak Hibicus Rosa-Sinensis Terhadap Serap Sel Fotovoltaik. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Naufal Anis, Muhammad. (2013).
7. Marwadi. (2017). Regulator (Bcr) Pada Aplikasi Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Untuk Pompa Air Atau Penerangan. *Skripsi*. Universitas Diponegoro.
8. Sarwoko. (2012). Uji Karakteristik Sel Surya pada Sistem 24 Volt DC sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid. *Skripsi*. Universitas Negeri Jakarta.
9. Septayudha, Arie. (2010). Perancangan Inverter Jenis Push-Pull Dan On/Off Battery Charger. *Skripsi*. Universitas Indonesia
10. <http://www.design-impact.or/moonokristalin-panel-surya> diakses 27 Juli 2018 Pukul 15.00 WIB
11. Syahputra, R. 2016. Rekayasa & Pengkondisian Energi Terbarukan. *Jurnal*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
12. Syahputra, R. 2016. Strategi Peningkatan Efisiensi Jaringan Distribusi dengan Integrasi Pembangkit Tersebar Energi Terbarukan Berbasis Algoritma Cerdas. *Jurnal*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

13. Syahputra, R. , I. Soesanti. 2017. Solar Home System Application in Batik Industry. *Jurnal. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*.
14. Syahputra, R. 2016. Pengantar Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik. *Jurnal. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
15. Syahputra, R. 2016. Strategi Merancang Proposal Riset Berpotensi HKI. *Jurnal. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
16. Syahputra, R. 2016. Pembangkit listrik Energi Terbarukan. *Jurnal. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
17. <https://media.neliti.com/media/publications/191001-ID-rancang-bangun-penataan-lampu-penerangan> diakses 30 November 2018 Pukul 23.00 WIB
18. <http://www.mikirbae.com/2016/06/teks-eksplanasi-cara-kerja-panel-surya.html> diakses 30 November 2018 Pukul 23.00 WIB
19. <https://www.tokopedia.com/products/s/modul-solar-cell-panel> diakses 30 November 2018 Pukul 23.30 WIB
20. <https://www.bukalapak.com/products/s/modul-solar-cell-panel> diakses 31 November 2018 Pukul 01.20 WIB
21. <http://www.hexamitra.co.id/penerangan-jalan-umum-led-pln.php> diakses 31 November 2018 Pukul 02.10 WIB
22. http://web.binus.ac.id/architecture/database/Regulasi/SNI_7391_2008 diakses 1 Desember 2018 Pukul 11.00 WIB
23. <https://media.neliti.com/media/publications/191001-ID-rancang-bangun-penataan-lampu-penerangan> diakses 1 Desember 2018 Pukul 13.00 WIB
24. Ismail, Gusnur. 2018. Perancangan Sistem Plts Fotovoltaik Terpusat Untuk Memenuhi Kebutuhan Tenaga Listrik Di Desa Terpencil. *Skripsi*.

Universitas
Yogyakarta.

Muhammadiyah