

## PERANCANGAN SISTEM CATU DAYA ARUS SEARAH BERBASIS TENAGA SURYA PADA SMART GREENHOUSE

Fudlulul Hakim Musthofa<sup>\*)</sup>, Aghus Sofwan, dan Sumardi

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: fudlulul@gmail.com

### Abstrak

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas daratan sekitar 190 juta hektar dimana sekitar 28,94 persen atau sekitar 55 juta hektar adalah lahan pertanian. Potensi pertanian Indonesia yang sangat besar menyebabkan banyaknya metode-metode pertanian yang dikembangkan untuk menghasilkan produk yang optimal. Salah satu metode yang banyak digunakan ialah rumah kaca atau biasa disebut *greenhouse*. Selain itu Indonesia mempunyai tingkat radiasi rata-rata yang relatif tinggi yaitu sebesar 4.80 kWh/m<sup>2</sup>/hari, yang membuat energi surya mampu beroperasi dengan baik. Penulis menginisiasi membuat *smart greenhouse* yang akan disuplai menggunakan catu daya tenaga surya. Semua beban yang disuplai menggunakan tegangan arus searah (DC) sebesar 95 watt terdiri dari beban pompa, lampu, dan alat mikrokontroler. Sistem catu daya menggunakan konfigurasi *off-grid*, kapasitas modul fotovoltaik 200 WP, dilengkapi dengan *Solar Charger Controller* kapasitas 30 A, dan baterai 100 Ah. Sistem pemakaian energi listrik difungsikan selama 24 jam setiap harinya. Pengujian dilakukan selama 3 hari, didapatkan rata-rata efisiensi modul fotovoltaik 10,94 %, efisiensi rata-rata *Solar Charger Controller* 95,91%, rata-rata tegangan jatuh kurang dari 1 % sesuai dengan standard, dan sisa baterai yang digunakan pada malam hari tidak pernah menyentuh 0% sehingga dapat mensuplai beban terus menerus selama 24 jam setiap harinya.

*Kata kunci: smart greenhouse, catu daya tenaga surya, modul fotovoltaik, baterai*

### Abstract

Indonesia is the largest archipelago in the world by land area around 190 million hectares of which about 28.94 percent or about 55 million hectares are agricultural land. The enormous potential of Indonesian agriculture causes many agricultural methods to be developed to produce optimal products. One method that is widely used is the greenhouse. In addition, Indonesia has a relatively high average radiation level of 4.80 kWh / m<sup>2</sup> / day, which makes solar energy capable of operating properly. The author initiated the creation of a smart greenhouse which will be supplied using a solar power supply. All loads are supplied using a direct current (DC) voltage of 95 watts consisting of a load of pumps, lamps, and a microcontroller. The power supply system uses an off-grid configuration, with a photovoltaic module capacity of 200 WP, equipped with a Solar Charger Controller with a capacity of 30 A, and a 100 Ah battery. The electrical energy consumption system is functioning 24 hours a day. The test was carried out for 3 days, the average efficiency of the photovoltaic module was 10.94%, the average efficiency of the Solar Charger Controller was 95.91%, the average voltage drop was less than 1% according to the standard, and the remaining batteries used at night day never touch 0% so that it can supply loads continuously for 24 hours every day.

*Keywords: smart greenhouse, solar power supply, photovoltaic modules, batteries*

### 1. Pendahuluan

Sebagai negara dengan populasi terpadat keempat di dunia, sensus penduduk 2010 mencatat populasi Indonesia 238 juta dengan tingkat pertumbuhan 1,49% pada periode 2000-2010. Total populasi Indonesia diperkirakan meningkat menjadi 288 juta pada tahun 2050 [1]. Indonesia memiliki luas daratan sekitar 190 juta hektar yang merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, dimana sekitar 28,94 persen atau sekitar 55 juta hektar adalah lahan pertanian [2]. Potensi pertanian

Indonesia yang sangat besar menyebabkan banyaknya metode-metode pertanian yang dikembangkan untuk menghasilkan produk yang optimal. Salah satu metode yang banyak digunakan ialah rumah kaca atau biasa disebut *greenhouse*. *Greenhouse* atau rumah kaca dapat didefinisikan sebagai bangunan yang dibingkai atau dibuat berbentuk gelembung, ditutup dengan bahan transparan, bening, atau bahan yang dapat melanjutkan cahaya dengan optimal untuk memproduksi dan melindungi tumbuhan dari kondisi iklim yang dapat

merugikan proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan [3].

Secara geografis Indonesia merupakan negara tropis, dilewati oleh garis katulistiwa membuat Indonesia berpotensi mendapatkan energi surya yang cukup baik. Hal ini dikarenakan besarnya radiasi matahari bergantung pada letak garis lintang, kondisi atmosfer, dan posisi matahari terhadap garis khatulistiwa [4]. Indonesia mempunyai tingkat radiasi rata-rata yang relatif tinggi yaitu sebesar 4.50 kWh/m<sup>2</sup>/hari [5].

Pemanfaatan sumber energi matahari sangat mendukung di kepulauan tropis ini, hanya saja dalam 10 atau 12 jam tidak semuanya dalam keadaan cerah, terkadang cuaca sering kali tidak stabil dalam arti kondisi mendung, berawan, dan hujan. Kondisi seperti ini penyerapan energi yang optimal dalam satu hari bahkan tidak akan mencapai 10 jam penuh, oleh karena itu dibutuhkan daya rata-rata dan berapa lama optimalnya penyerapan energi matahari yang maksimal dalam setiap harinya untuk perencanaan beban yang akan di pasang agar penggunaan listrik optimal dan tidak terjadi pemadaman atau pengosongan baterai yang terlalu cepat diakibatkan beban yang terpasang yang terlalu berlebihan.

Pada penelitian sebelumnya dilakukan pengujian komponen pembangkit listrik tenaga surya sistem *off-grid* dan analisis ekonomi teknik di kawasan wisata pantai pulau cemara [6]. Penelitian berikutnya diusulkan penelitian sistem pemakaian energi listrik pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis *off-grid* di SMA Negeri 6 Surakarta [7]. Penelitian berikutnya membuat sistem rumah surya (SHS) dan sistem catu daya yang dapat memainkan peran penting dalam pasokan energi listrik ke area dengan sistem *off-grid*. Pada penelitian tersebut membandingkan sistem rumah surya dan sistem catu daya menggunakan dua jenis teknologi baterai, yaitu lithium nickel cobalt aluminium oksida (NCA) dan baterai timbal-asam (Pb). [8] Dari ulasan tersebut pada penelitian ini dibuatlah sistem catu daya menggunakan tenaga surya untuk mensuplai beban pada *smart greenhouse* dengan sistem *off-grid* tanpa menggunakan inverter dikarenakan hanya menggunakan beban DC. Kami membuat sebuah sistem yang memanfaatkan energi radiasi matahari dengan cara mengonversinya menjadi energi listrik dengan penggunaan sel surya sebagai bagian dari gerakan pemanfaatan energi terbarukan. Hal ini karena Indonesia sebagai daerah tropis tidak memiliki empat musim membuat intensitas cahaya yang diterima dapat diasumsikan konstan sepanjang tahun [9]. Maka sangat tepat jika *greenhouse* memanfaatkan energi radiasi matahari sebagai salah satu energi terbarukan.

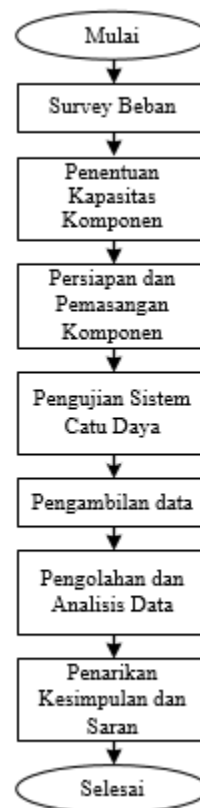
Dalam penelitian ini dirancang sistem catu daya arus searah dengan memanfaatkan tenaga surya untuk dapat mensuplai beban DC yang dibutuhkan oleh *smart greenhouse*. Komponen utama yang digunakan yaitu

modul fotovoltaik, solar charge controller, dan baterai yang nantinya akan diuji, dianalisis, dan diimplementasikan pada smart greenhouse yang terletak di Agrotechnopark Universitas Diponegoro.

## 2. Metode

### 2.1. Metodologi Penelitian dan Pengujian Catu Daya

Pada bagian ini dijelaskan bagaimana proses pengujian dan analisa komponen sistem catu daya arus searah berbasis tenaga surya yang telah digunakan. Adapun diagram alir penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perancangan sistem

Berdasarkan gambar 1, dapat dijelaskan langkah-langkah dalam perancangan sistem catu daya arus searah berbasis tenaga surya pada *smart greenhouse*. Diawali dengan melakukan survey beban yang dibutuhkan. Tahapan selanjutnya ketika sudah melakukan survey beban adalah menentukan kapasitas komponen yang akan digunakan. Tahapan berikutnya adalah menyiapkan dan memasang komponen yang telah ditentukan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem catu daya. Tahapan selanjutnya setelah dilakukan pengujian adalah pengambilan data dari hasil pengujian tersebut. Langkah berikutnya dilakukan pengolahan dan analisis data dari data yang telah diperoleh. Tahapan terakhir adalah penarikan kesimpulan dan saran.

2.2. Modul fotovoltaik

Fotovoltaik atau biasa disebut juga sel surya adalah piranti semikonduktor yang menggunakan kristal silicon (Si) yang tipis sehingga dapat merubah cahaya secara langsung menjadi arus listrik searah (DC) [10]. Modul fotovoltaik secara konvensional telah digunakan untuk pembangkit energi skala kecil, terutama untuk komersial atau pengguna tempat tinggal di kompleks atau bangunan individu. Panel ini umumnya berkisar dari efisiensi 12%-18% [11] Tingkat iradiasi atau besarnya intensitas sinar matahari pada modul surya berpengaruh terhadap produksi energi listrik, semakin rendah intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya maka arus akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya [12].

Modul fotovoltaik yang digunakan pada sistem ini berjenis polycrystalin dengan kapasitas 200 Wp yang terdiri dari modul kapasitas 100 Wp berjumlah dua buah yang dirangkai seri. Gambar 2 menunjukkan nameplate spesifikasi modul fotovoltaik yang digunakan. Jika dirangkai seri maka arus yang mengalir antar modul sama, sedangkan tegangan yang dihasilkan merupakan jumlah dari masing-masing tegangan per modul. Berikut spesifikasi rangkaian seri dua modul fotovoltaik ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 2. Nameplate spesifikasi modul fotovoltaik 100 Wp

Tabel 1. Nilai Spesifikasi Rangkaian Seri Dua Modul Fotovoltaik

Jenis Spesifikasi Teknis	Nilai
Maximum Power	200 W
Maximum Power Voltage	35,6 V
Maximum Power Current	5,62 A
Short-Circuit Current	6,05 A
Open-Circuit Voltage	43,6 V
Module Efficiency	16,93 %

2.3. Solar Charger Controller

Solar charge controller (SCC) atau juga dikenal sebagai battery charge regulator (BCR) adalah komponen

elektronik daya di PLTS untuk mengatur pengisian baterai dengan menggunakan modul fotovoltaik menjadi lebih optimal [13]. Spesifikasi solar charger controller yang digunakan ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Solar Charger Controller

Jenis Spesifikasi	Nilai
Maximum Open Circuit Voltage	50 V
Operating voltage	12 V / 24 V
Maximum Input Current	30 A
Maximum Battery Charging Current	30 A

2.4. Baterai

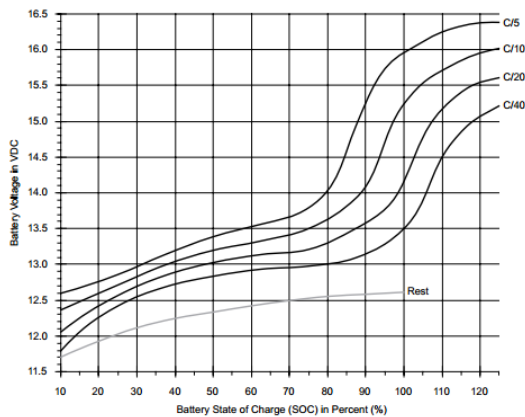
Baterai digunakan dalam sistem untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik di siang hari, lalu memasok ke beban di malam hari atau saat cuaca berawan. Saat ini, baterai merupakan cara paling praktis untuk menyimpan tenaga listrik yang dihasilkan oleh rangkaian modul fotovoltaik melalui reaksi elektrokimia. Desain yang kurang baik atau ukuran baterai yang tidak tepat dapat mengurangi umur pakai yang diharapkan, berkurangnya energi, kerusakan, hingga bahaya keselamatan pada pengguna. Baterai memiliki keterbatasan umur pakai yang bergantung pada perilaku penggunaan serta temperatur pengoperasian.

Baterai yang digunakan dalam sistem ini berjenis flood baterai dengan kapasitas 100 AH sistem tegangan 12 V. Baterai dengan sistem tegangan 12 V memiliki tegangan 12,7 volt yang menunjukkan kondisi state of charge sebesar 100% ditunjukkan pada gambar 3 [14].

State of Charge, %	Specific Gravity	Cell Voltage, V	Voltage of 12V Battery	Freezing Point, °F
100	1.265	2.12	12.70	-71
75	1.225	2.10	12.60	-35
50	1.190	2.08	12.45	-10
25	1.155	2.03	12.20	+3
0	1.120	1.95	11.70	+17

Gambar 3. Parameter State of Charge

Tegangan baterai sistem 12 V pada kondisi rest berbeda dengan tegangan saat kondisi charging. Dapat dilihat pada gambar 4 yang menunjukkan kurva tegangan baterai pada saat kondisi rest dan kondisi charging [15].



Gambar 4. Kurva tegangan baterai pada kondisi rest dan charging

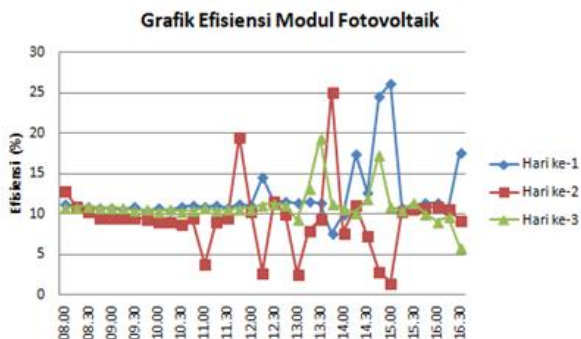
## 2.5. Pengkabelan

- A. Kabel DC Modul Fotovoltaik – *Solar Charge Controller*  
Jenis penghantar yang digunakan jenis PVIF dengan luas penampang 4 mm<sup>2</sup>
- B. Kabel DC *Solar Charge Controller* – Baterai  
Jenis penghantar yang digunakan jenis NYAF dengan luas penampang 16 mm<sup>2</sup>
- C. Kabel *Solar Charge Controller* – Beban  
Jenis penghantar yang digunakan jenis NYAF dengan luas penampang 10 mm<sup>2</sup>

## 3. Pengujian dan Analisa

### 3.1. Modul Fotovoltaik

Pengujian pada modul fotovoltaik dilakukan untuk mendapatkan hasil efisiensi modul fotovoltaik. Pengujian dilakukan selama tiga hari, dimulai dari pukul 08.00 WIB hingga 16.30 WIB dengan interval waktu pengambilan data setiap 15 menit. Berikut hasil efisiensi modul fotovoltaik ditunjukkan pada gambar 5.



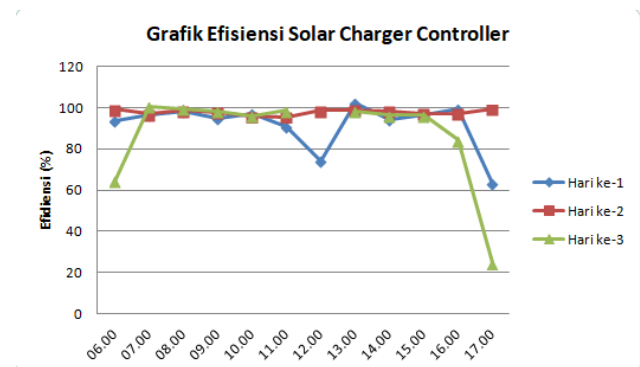
Gambar 5. Grafik Efisiensi Modul Fotovoltaik

Pada gambar 5 hasil efisiensi yang cenderung kecil disebabkan karena pengaruh dari suhu yang jauh dari kondisi optimal untuk pemakaian modul fotovoltaik.

Semakin tinggi nilai suhu maka daya keluaran akan semakin kecil. Pada hari ke-1 didapatkan nilai rata-rata efisiensi sebesar 12,21 %, pada hari ke-2 didapatkan nilai rata-rata efisiensi sebesar 9,56 %, dan pada hari ke-3 didapatkan nilai rata-rata efisiensi sebesar 11,04 %. Rata-rata efisiensi keseluruhan sebesar 10,94 %, lebih rendah dibandingkan dengan efisiensi yang tertera pada nameplate modul fotovoltaik, hal ini dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang mudah berubah.

### 3.2 Solar Charger Controller

Pengujian *solar charger controller* dilakukan selama tiga hari dimulai pukul 06.00 WIB hingga 17.00 WIB dengan interval waktu pengambilan data setiap satu jam. Didapatkan hasil efisiensi solar charger controller seperti ditunjukkan pada gambar 6.

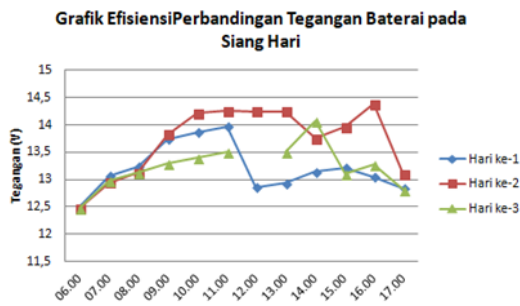


Gambar 6. Grafik Efisiensi Solar Charger Controller

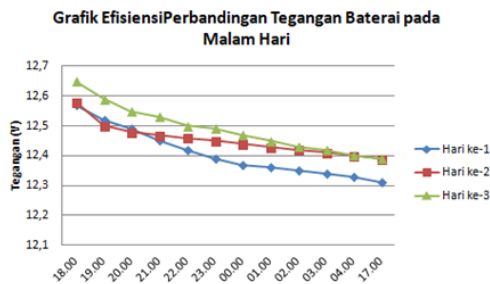
Dari gambar 6 dapat dilihat grafik efisiensi *solar charger controller*. Pada hari ke-1 didapatkan nilai efisiensi rata-rata sebesar 91,71 %, pada hari ke-2 didapatkan nilai efisiensi rata-rata sebesar 97,81%, dan pada hari ke-3 didapatkan nilai efisiensi rata-rata sebesar 86,9 %. Rata-rata keseluruhan efisiensi selama tiga hari sebesar 91,62 %.

### 3.3. Baterai

Pada baterai dilakukan pengujian tegangan selama 3 hari selama 24 jam dengan interval waktu pengambilan data setiap satu jam. Pada hari ke-1 kondisi cuaca hujan, pada hari ke-2 kondisi cuaca cerah, dan pada hari ke-3 cuaca mendung. Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian tegangan baterai pada saat siang hari, dimana baterai dalam kondisi pengisian dan pemakaian. Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian tegangan baterai pada saat malam hari, dimana baterai dalam kondisi pemakaian.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Tegangan Baterai pada Siang Hari



Gambar 8. Grafik Perbandingan Tegangan Baterai pada Malam Hari

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa tegangan baterai pada hari ke-2 cenderung lebih tinggi dikarenakan kondisi cuaca yang cerah, dibandingkan dengan hari ke-2 dan ke-3 dimana kondisi cuaca hujan dan mendung. Tegangan tertinggi didapatkan nilai sebesar 14,38 volt pada saat pengisian dan pemakaian baterai. Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin lama baterai digunakan tegangan baterai akan mengalami penurunan. Diketahui pula bahwa setelah baterai dibebani pada malam hari pemakaiannya tidak sampai baterai habis atau SOC (*State of Charge*) tidak menyentuh 0%. Manfaat dari pemakaian energi listrik yang disimpan dalam baterai tidak sampai menyentuh SoC 0% adalah menjaga *lifetime* baterai yang berkaitan dengan siklus pemakaiannya.

### 3.4. Analisa Energi

Analisa energi dilakukan untuk membandingkan energi yang disediakan dengan energi yang digunakan oleh beban. Data diambil selama 3 hari, dengan hari ke-1 kondisi hujan, hari ke-2 kondisi cerah, dan hari ke-3 kondisi mendung. Total energi ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Total Energi

Hari	E <sub>in</sub> Total (Wh)	E <sub>out</sub> Total (Wh)	E Sisa (Wh)
1	201,5861	170,01	31,5761
2	246,4914	230,53	15,9614
3	169,2452	187,04	-17,7948

Dapat diketahui perbandingan energi yang dihasilkan dengan energi yang digunakan. Pada hari ke-1 dan hari ke-2 energi yang dihasilkan lebih besar daripada energi

yang digunakan dengan sisa energi yaitu 31,5761 Wh dan 15,9614 Wh. Sedangkan pada hari ke-3 energi yang dihasilkan lebih kecil daripada energi yang digunakan. Hal ini dikarenakan pada hari ke-3 kondisi cuaca mendung sepanjang hari sehingga energi yang dihasilkan pun cukup sedikit.

## 4. Kesimpulan

Dari Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dalam merancang sistem catu daya arus searah berbasis tenaga surya ini menggunakan sistem *off-grid* dengan menentukan kapasitas komponen, persiapan komponen, dan pemasangan komponen. Komponen yang digunakan antara lain modul fotovoltaik, *solar charge controller*, dan baterai. Pertimbangan dalam menentukan kapasitas modul fotovoltaik di antaranya kebutuhan energi listrik harian yang dibutuhkan smart greenhouse, iradiasi matahari, total efisiensi sistem, sehingga didapatkan hasil kapasitas modul yang dibutuhkan minimal sebesar 183 Wp. Kapasitas modul yang digunakan sebesar 200 Wp. *Solar charge controller* yang digunakan yaitu dengan kapasitas tegangan *open circuit* maksimum sebesar 50 V dan arus pengisian baterai maksimum 30 A. Kapasitas baterai yang digunakan 100 Ah. Pengujian perancangan sistem catu daya arus searah berbasis tenaga surya di antaranya yaitu pengujian komponen meliputi iradian, suhu, tegangan *open circuit*, arus *short circuit* pada modul fotovoltaik, *solar charge controller*, dan tegangan baterai. Pengujian sistem meliputi pengujian tegangan masukan, arus masukan, tegangan keluaran, dan arus keluaran *solar charge controller*, pengujian tegangan jatuh, pengujian pengisian dan pemakaian baterai siang hari, dan pengujian pemakaian baterai malam hari. Rata-rata efisiensi modul fotovoltaik sebesar 10,94 % lebih rendah dari data sheet modul fotovoltaik yaitu 16,93 % bisa dikarenakan suhu pada modul yang cukup tinggi. Rata-rata nilai efisiensi *solar charge controller* sebesar 95,91 %. Waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai yaitu 4 jam pada hari ke-1 dengan cuaca cerah dan hujan, 3 jam pada hari ke-2 dengan cuaca cerah, dan 7 jam pada hari ke-3 dengan cuaca mendung. Pada malam hari baterai tidak terpakai hingga habis, untuk menjaga *lifetime* baterai yang berkaitan dengan siklus pemakaiannya.

## Referensi

- [1]. BPS, "Indonesia in Figures 2015," *Badan Pusat Statistik*, 2015
- [2]. Asian Development Bank, "Indonesia: Food Security and Water Security Assessment Strategy and Roadmap," *Asian Development Bank*, 2015.
- [3]. R. Nurianingsih, H. Suhardiyo, and L. O. Nelwan, "Analisis Pola Aliran dan Distribusi Suhu Udara pada Rumah Tanaman Standard Peak Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2011.

- [4]. Contained Energy Indonesia tim, *Buku Panduan Energi yang Terbarukan*, PNPM Mandiri Kemendagri Indonesia, 2015.
- [5]. Bachtiar, Muhammad, "Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Perumahan (*Solar Home System*)", *SMARTek*, vol.4, no.3, pp. 176-182, 2006.
- [6]. Ardrito Pratama, *Pengujian Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off-grid dan Analisis Ekonomi Teknik di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara*, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2018.
- [7]. Andalas Era Setyawan, *sistem pemakaian energi listrik pada pembangkit tenaga surya berbasis off-grid di SMA Negeri 6 Surakarta*, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2019.
- [8]. S. Paul Ayeng'o, T. Schirmer, K. P. Kairies, H. Axelsen, and D. Uwe Sauer, "Comparison of off-grid power supply systems using lead-acid and lithium-ion batteries," *Sol. Energy*, vol. 162, no. November 2017, pp. 140–152, 2018, doi: 10.1016/j.solener.2017.12.049.
- [9]. S. Manan, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Efisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia," *Gema Teknol.*, pp. 31–35, 2009, [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/1722>.
- [10]. Agus, S, I Kadek, *Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1 MWp Terinterkoneksi Jaringan Di Kayubih*, Bangli. Denpasar, Universitas Udayana, 2008.
- [11]. F. Balo and L. Şağbaşua, "The Selection of the Best Solar Panel for the Photovoltaic System Design by Using AHP," *Energy Procedia*, vol. 100, no. September, pp. 50–53, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.10.151
- [12]. ABB, *Technical Application Papers NO.10 Photovoltaic Plants*, Bergamo Italy, 2008.
- [13]. Ramadhani, Bagus, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*, DJ EBTKE KESDM, 2018.
- [14]. Messenger, A. Roger & Ventre, Jerry, *Photovoltaic Systems Engineering Second Edition*, CRC Press Washington D.C., 2005.
- [15]. Perez, Richard, *Lead-Acid Battery State of Charge vs Voltage*, Home Power, 1993.