

Rancang bangun modul ajar pembangkit listrik tenaga surya jenis *monocrystalline* dengan *data logger*

Fitri¹, Herman Hariyadi², Leonardo Kamajaya³, Muhammad Satria Madani⁴, Salsabila Ayu Amartya⁵

fitri@polinema.ac.id¹, herman.hariyadi@polinema.ac.id², leonardo42@polinema.ac.id³,

madanisatria@gmail.com⁴, salsabilaayuamartya@gmail.com⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 10 September 2020

Direvisi 07 Oktober 2020

Diterbitkan 30 Oktober 2020

Kata kunci:

Solar panel

Solar charger control

Inverter

Data logger

Keywords:

Solar panel

Solar charger control

Inverter

Data logger

ABSTRAK

Pembuatan modul ajar *solar panel* dengan data logger grafik PIV (daya, arus dan tegangan) kemudian data dapat disimpan pada micro SD. Bertujuan sebagai *standart* praktikum berkaitan dengan *renewable energy* di Politeknik Negeri Malang. Sistem kerja modul yaitu *solar panel* menerima cahaya lampu halogen kemudian akan diterima sebagai data *input* oleh *solar charger controller* untuk pengisian daya otomatis sesuai kebutuhan *inverter*, yaitu 12 VDC akan diubah menjadi 220 VAC. Data logger akan menyimpan data sensor PZEM-004T dan INA-219, kemudian *output* PIV di-plot sebagai grafik. Beban dapat langsung diamati pada keluaran DC/AC. *Solarpanel-monocrystalline* 10WP pada cahaya lampu halogen 150 watt didapatkan 2170 lux jarak 50cm. Pengisian *accu* otomatis *cutt-off* pada tegangan >13.9 VDC menjadi input lampu DC/motor DC ataupun inverter tegangan AC menjadi input lampu AC/kipas AC dengan tegangan *dropdown* maksimal 20%. Plotter data ditampilkan dengan komunikasi serial data logger grafik PIV(daya, arus dan tegangan)-IV (arus dan tegangan)-PV (daya dan tegangan) dan sinyal *sinusoidal/square* sebagai analisa.

ABSTRACT

Making solar panel teaching modules with PIV(power, current, and voltage) graphic data loggers, then data can be stored on micro SD. They were aiming as a practical standard related to renewable energy in Malang State Polytechnic. The module work system that is solar panel receives the halogen lamp light will then be received as input data by the solar charger controller for automatic charging according to the needs of the inverter, i.e., 12 VDC will change to 220 VAC. The data logger will store PZEM-004T and INA-219 sensor data, and then the PIV output is plotted as a graph. The load can direct observed at the DC / AC output. 10WP solar panel-monocrystalline in a 150-watt halogen lamp obtained 2170 lux at a distance of 50cm. Automatic charging cut-off at voltage > 13.9 VDC becomes an input for DC lamps / DC motors, or AC voltage inverters becomes an input for AC lamps / AC fans with a maximum dropdown voltage of 20%. Data plotter is displaying with serial communication data logger PIV (power, current, and voltage) -IV (current and voltage)-PV(power and voltage) and sinusoidal/square signals as analysis.

Penulis Korespondensi:

Fitri

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Sukarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: fitri@polinema.ac.id

1. PENDAHULUAN

Solar Panel adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik[1]. Mereka disebut surya atas Matahari atau "sol" karena Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut juga sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik"[2]. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi Matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan[3], [4].

Penelitian sebelumnya, telah dikembangkan *trainer* pembangkit listrik tenaga surya menggunakan lampu LED[5]. Pada penelitian tersebut menunjukkan perubahan energi matahari menjadi energi listrik yang hasilnya digunakan untuk menghidupkan LED. Penelitian lainnya telah mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya dengan rotasi dinamis, hasil penelitian tersebut menunjukkan dengan menambahkan modul penggerak dinamis untuk penjejak matahari dapat menghasilkan keluaran daya yang optimal[6].

Pembelajaran tentang Energi Terbarukan bagi mahasiswa Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang dilakukan secara teori. Pentingnya peningkatan pembelajaran energi terbarukan pada saat ini, maka perlu adanya fasilitas pada laboratorium untuk menunjang kemampuan mahasiswa. Salah satu upaya peningkatan antara lain dengan mengembangkan modul *renewable energy* dalam kasus ini adalah modul praktikum pengaplikasian solar panel *photovoltaic*[7], [8].

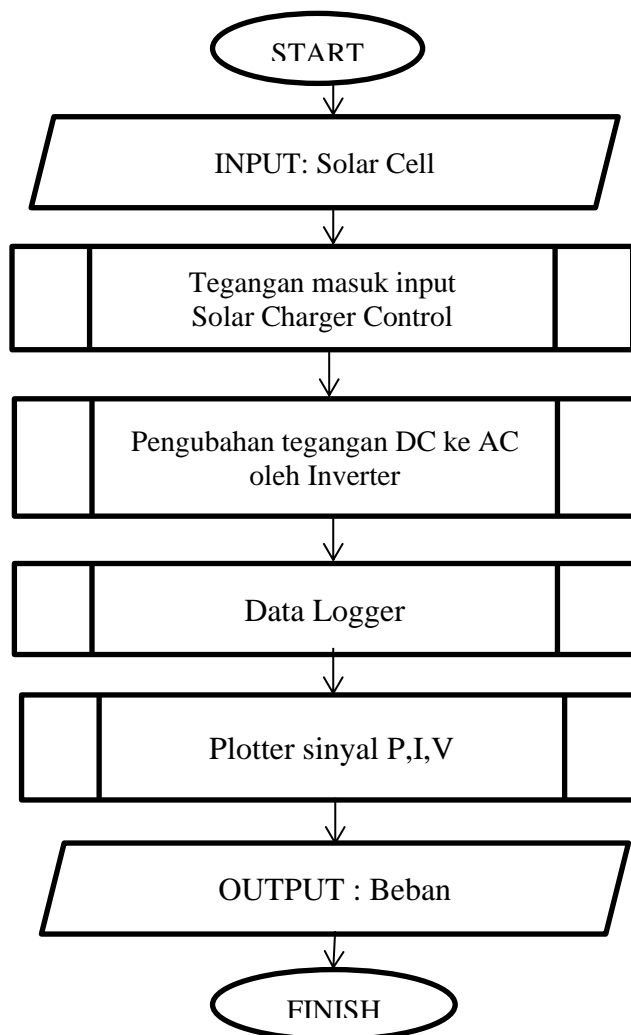
Saat ini fasilitas modul *renewable energy* di laboratorium masih belum tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini merancang sebuah Modul Ajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya Jenis Monocrystalline Dengan Data Logger.

Perancangan dan realisasi modul *Renewable energy* ini berbasis Solar Panel sesuai dengan pembelajaran yang diberikan kepada para mahasiswa. Pada dasarnya perancangan sebuah modul *Renewable Energy* ini juga diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan sumber daya manusia.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Pendekatan penelitian ini dilakukan dengan metode rekayasa. Metode rekayasa adalah suatu kegiatan merancang (*design*) yang tidak rutin, sehingga di dalamnya terdapat kontribusi baru, baik dalam bentuk, proses maupun produk yang digunakan[9]. Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian.

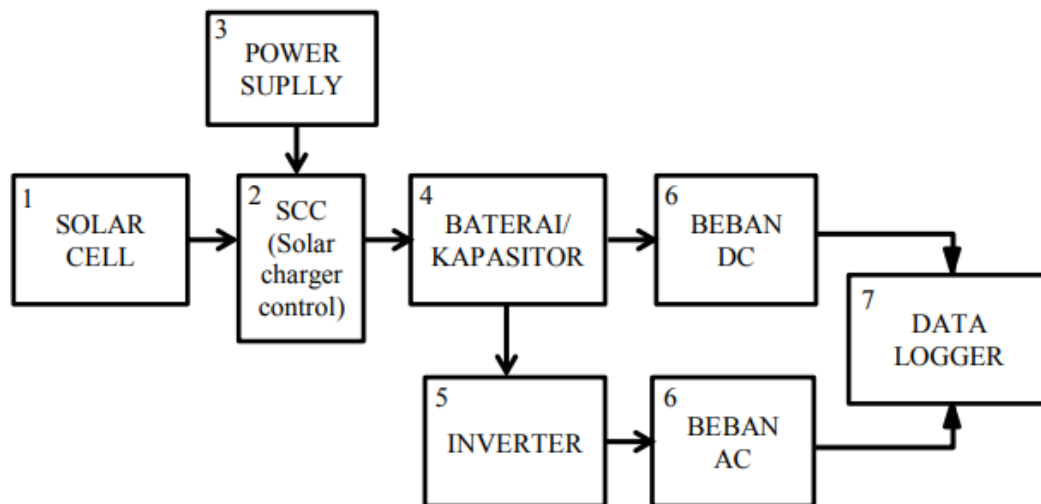


Gambar 1. Diagram alir sistem alat

Para penelitian ini dibuat sebuah modul ajar pembangkit listrik tenaga surya dengan *data logger*, komponen yang digunakan terdiri dari 2 modul PV jenis monocrystalline (10 WP); SCC dengan jenis PWM untuk pengaturan pengisian ke baterai dan *overcharging*; baterai dengan ukuran tiga kali lebih besar dari arus keluaran, inverter jenis SPWM untuk menghasilkan sinyal sinusoidal murni; INA-219 sebagai pendeteksi tegangan dan arus DC; PZEM-004T untuk mendeteksi daya, tegangan dan frekuensi AC; modul MAX232 sebagai media pengiriman data ke PC untuk *data plotter*; regulator tegangan 7809 untuk mengaktifkan rangkaian. Untuk bagian *data logger*, sampling time yang diatur sebesar 0.5s setiap pengiriman data yang akan disimpan ke microSD. Mikrokontroler pada modul ini menggunakan Arduino Uno, yang digunakan untuk membaca pembacaan sensor tegangan, arus baik DC maupun AC; pengaturan trigger ke driver mosfet; menyimpan hasil pembacaan arus dan tegangan ke kartu memori.

2.2 Cara kerja alat

Sistem kerja pada modul ajar memiliki beberapa elemen penyusun, yaitu panel surya, scc (*solar charger controller*), baterai 12 volt, inverter, beban AC & DC, dan komponen penyusun *data logger* [10], [11]. Pada setiap bagian tersebut memiliki fungsi masing – masing, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dari Gambar 1 merupakan contoh sederhana untuk merangkai setiap bagian modul ajar. Pengguna dapat merangkai untuk melakukan berbagai percobaan yang diinginkan.



Gambar 2. Blok Diagram Sederhana Sistem

Cara kerja pada modul ajar ini dapat dilihat pada Gambar 2, dimana panel surya yang menerima cahaya lampu halogen akan mengeluarkan tegangan dan dihubungkan dengan *solar charger control* untuk tujuan pengisian baterai. Kemudian output dari baterai dapat dihubungkan dengan *inverter* untuk diubah ke bentuk sinyal AC. Output sinyal DC pada SCC maupun sinyal AC pada *inverter* dapat diberi sebuah beban yang bertujuan untuk menganalisa perubahan daya yang keluar. Selanjutnya pada *data logger* dapat dihubungkan pada sinyal DC ataupun AC, yang kemudian tegangan dan arus akan dibaca oleh sensor untuk disimpan pada sebuah micro SD[12]. Sehingga pengguna dapat menganalisa perubahan data dari setiap waktu pembacaan sensor. Selain itu dari rangkaian *data logger* dapat dihubungkan dengan PC untuk kemudian jenis sinyal yang terbaca dapat ditampilkan pada software plotter sinyal yang sudah ter-*install*[13].

Pada modul ini terdapat *dimmer AC* yang terhubung dengan lampu halogen, sehingga kecerahan pada lampu dapat diatur. Hal tersebut bertujuan untuk menganalisa perubahan output tegangan maupun arus pada solar panel, karena perubahan intensitas cahaya berbanding lurus dengan tegangan maupun arus yang dikeluarkan. Terdapat 2 buah panel surya dimana keduanya dapat dihubungkan dengan rangkaian seri atau paralel. Perubahan tegangan dan arus pada panel surya akan memengaruhi waktu pengisian baterai.

Dari proses pengisian baterai terdapat sebuah *inverter* yang dapat mengeluarkan 2 buah sinyal, yaitu sinyal sinus dan square [14]. Kedua sinyal tersebut dibangkitkan oleh sebuah mikrokontroler arduino nano [15]. Dari *oscillator* akan terhubung dengan sebuah *driver* mosfet untuk proses perubahan dari sinyal DC menjadi sinyal AC. Setiap bentuk sinyal memiliki sebuah *driver*, sehingga pada *inverter* terdapat 2 buah *driver* dengan *input* dari mikrokontroler yang berbeda. Pengguna dapat menekan sebuah *switch selector* untuk memilih sinyal yang akan diaktifkan.

Pengolahan data tegangan dan arus DC/AC dapat terekam melalui pembacaan sensor yang kemudian dikirim untuk disimpan pada sebuah *micro SD*. Selain tegangan dan arus, pada isi file penyimpanan tertera tanggal dan waktu pembacaan sehingga pengguna dapat mengetahui jika terjadi perubahan data pada suatu waktu. *Micro SD* yang digunakan merupakan *micro SD* yang memiliki format FAT32/16.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem Pengisian baterai

Solar panel yang mendapat paparan cahaya lampu halogen, sehingga mengeluarkan tegangan dan arus yang besarnya dipengaruhi sudut dan intensitas cahaya yang dikeluarkan. Paparan cahaya akan 100% pada titik tengah bidang *solar panel*, sedangkan sisi kanan kiri akan mendapatkan jumlah 80% dari paparan cahaya lampu halogen, hal tersebut sesuai dengan teori data *beamangle* untuk fokus sinar yang didapatkan berdasarkan bentuk reflektor.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan solar panel

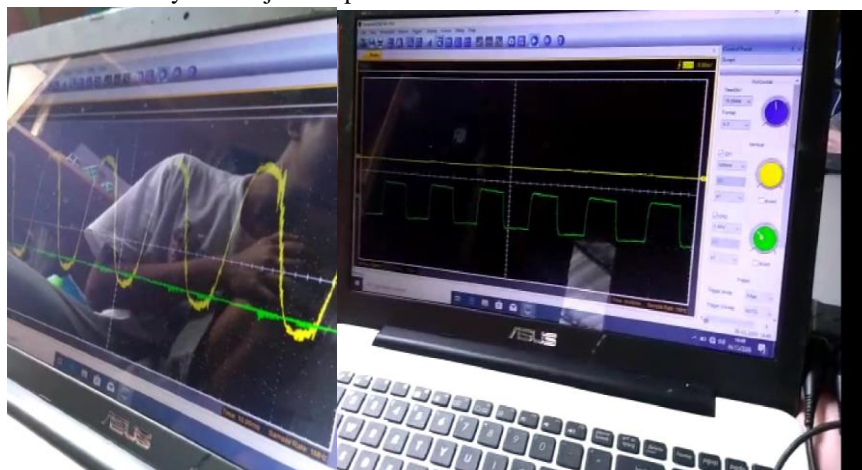
No	Kondisi	Tegangan Output	Keterangan
1	Seri	35.5 volt	Tanpa beban
2	Paralel	17.80 volt	Tanpa beban
3	Seri	17.20 volt	Solar panel di SCC
4	Paralel	17.10 volt	Solar panel di SCC

Pada percobaan dilakukan dengan pengujian pengisian *battery* selama 1 jam, dan menghasilkan penambahan daya baterai +/- 200mV pada jarak cahaya 55cm dengan intensitas cahaya sebesar 2170 lux pada titik tengah bidang solar panel. Penggunaan aki dengan spesifikasi 12 Volt 5Ah, saat proses pengujian pengisian selama 60 menit daya baterai dapat bertambah antara 100mV-500mV hal dipengaruhi oleh besar intensitas cahaya yang diberikan pada panel surya.

3.2 DC to AC Inverter

Pada mikrokontroler sebagai pembangkit sinyal, maka terdapat 2 buah program yang berbeda. Pada program tersebut memiliki jeda waktu sebesar 10 ms pada pergantian dari bentuk sinyal *top* dan *bottom*, sehingga secara teori rumus frekuensi akan menghasilkan 50Hz.

Pada rangkaian driver mosfet yang telah dibuat, setiap *driver* menggunakan seri komponen yang berbeda. Hal tersebut disebabkan karena kecepatan perubahan data yang berbeda dari setiap sinyal. Sehingga dibutuhkan komponen yang dapat melakukan kecepatan *switching* yang sesuai pada bentuk data yang dikeluarkan. Bentuk keluaran sinyal ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sinyal sinusoida dan sinyal square

Setelah dilakukan penyelesaian rangkaian maka selanjutnya dilakukan pengujian terhadap rangkaian, dimana setiap rangkaian akan diberikan jenis beban yang sama untuk pengambilan data sinyal, baik untuk pengujian sinyal sinus dan sinyal *square* (kotak).

Tabel 2. Hasil Sinyal Sinus

No	Beban	Tegangan	Arus	Frekuensi
1	Lampu AC 3 Watt	175 Volt	3.4 Ampere	49.95 HZ
2	Fan AC 17 Watt	138 Volt	2.8 Ampere	49.95 HZ
3	Tanpa beban	203 Volt	3.9 Ampere	49.95Hz

Tabel 3. Hasil Sinyal *Square* (Kotak)

No	Beban	Tegangan	Arus	Frekuensi
1	Lampu AC 3 Watt	210 Volt	4.12 Ampere	50 Hz
2	Fan AC 17 Watt	176 Volt	3.43 Ampere	50 Hz
3	Tanpa beban	225 Volt	4.45 Ampere	50 Hz

3.3 Data Logger

Setiap perekaman data akan disimpan pada *micro SD*. Data yang masuk merupakan hasil dari pembacaan sensor INA-219 (sensor DC) dan sensor PZEM-004t (sensor AC). Data yang terbaca akan disimpan setiap 500ms secara *real time*. Pembacaan data hanya dapat dilakukan secara bergantian antara sinyal AC atau DC bergantung pada penggunaan. Berikut contoh perekaman data dari sinyal DC pada Gambar 4.

```

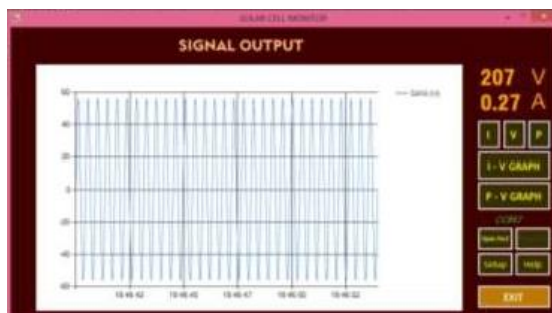
DC ON
2:55:15 11.88V 1.20mA 0.01W
DC ON
2:55:15 11.87V 1.10mA 0.01W
DC ON
2:55:16 11.88V 1.00mA 0.01W
DC ON
2:55:17 11.87V 1.10mA 0.01W
DC ON
2:55:18 11.88V 1.20mA 0.01W
DC ON
2:55:18 11.88V 1.00mA 0.01W
DC ON
2:55:19 11.88V 0.90mA 0.01W
DC ON
2:55:20 11.88V 0.90mA 0.01W
DC ON
2:55:20 11.88V 0.90mA 0.01W
DC ON
2:55:21 11.87V 1.30mA 0.02W
    
```

Gambar 4. Contoh Hasil Perekaman Sinyal DC

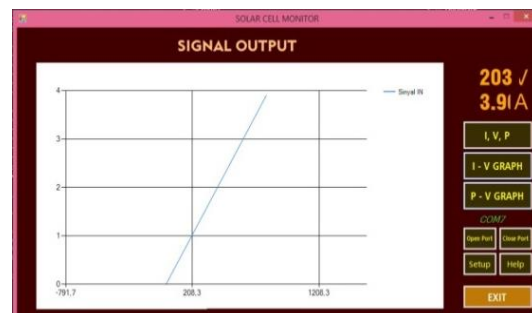
3.4 Plotter

Selain disimpan pada *data logger*, data yang terbaca pada sensor dapat *dimonitoring* pada PC yang sudah ter-*install* software plotter sinyal. Dari rangkaian menuju PC, pengiriman data dilakukan dengan komunikasi serial menggunakan kabel RS232. Sehingga pada sistem pengiriman dilakukan secara bergantian, jadi setiap satu data yang dikirim akan diberikan waktu jeda untuk mengirimkan data selanjutnya. Jeda waktu yang diberikan harus sinkron antara perangkat pengirim dan penerima, sehingga meminimalisir terjadinya *error* pada tampilan data.

Terdapat dua jenis tampilan pada *software*. Pertama adalah tampilan data setiap satuan (P, V, I) dimana tampilanya berupa bentuk dari jenis sinyal yang terbaca (Gambar 5). Kemudian yang kedua adalah perbandingan 2 buah satuan (P – V, I – V) dimana tampilannya berupa grafik respon dari perubahan setiap data yang dibaca (Gambar 6).



Gambar 5. Tampilan Sinyal Sinus



Gambar 6. Tampilan I – V

4. KESIMPULAN

Pada sistem pengisian baterai, paparan cahaya lampu halogen akan 100% pada bidang tengah solar panel. Sedangkan pada sisi kanan dan kiri akan mendapat 80% dari paparan cahaya lampu halogen. Pada DC to AC inverter, pemilihan mosfet lebih dari 22 ampere dapat meningkatkan keberhasilan hasil keluaran inverter. Software visual basic dan data logger digunakan untuk mengamati perubahan sinyal, tegangan, arus, dan daya. Semakin banyak data yang direkam oleh data logger, maka data yang dihasilkan akan lebih akurat. Alat ini dapat digunakan oleh mahasiswa Politeknik Negeri Malang untuk praktikum di lab Elektronika sebagai pembelajaran tentang renewable energy khususnya tentang pembangkit listrik tenaga surya yang komponennya meliputi solar panel, inverter, dan juga data logger.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Asrul, R. K. Demak, and R. Hatib, "Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul Photovoltaic Tipe Multicrystalline," *J. Mek.*, vol. 7, no. 1, 2016.
- [2] H. Hardani, H. Darmaja, M. I. Darmawan, C. Cari, and A. Supriyanto, "Pengaruh Perubahan Intensitas Cahaya Halogen Ruthenium (N719) Fotosensitizer Dalam Dye-sensitized Solar Cell (dssc)," *J. Penelit. Fis. dan Apl.*, vol. 6, no. 2, pp. 70–76, 2016.
- [3] H. S. Tira, "Pengaruh Sudut Surya terhadap Daya Keluaran Sel Surya 10 WP Tipe Polycrystalline," *J. Tek. Mesin Mercuri Buana*, vol. 7, no. 2, pp. 69–74, 2018.
- [4] M. Pamungkas, H. Hafiddudin, and Y. S. Rohmah, "Perancangan dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 3, no. 2, p. 120, 2015.
- [5] F. Maula, "Pembuatan Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Lampu LED Di Bengkel Listrik," *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 8, no. 1, 2018.
- [6] A. B. Pribadi, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Rotasi Dinamis," *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Negeri Malang. Malang*, 2016.
- [7] M. Abrori, S. Sugiyanto, and T. F. Niyartama, "Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Media Pembelajaran Praktikum Siswa Di Pondok Pesantren 'Nurul Iman' Sorogenen Timbulharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta Menuju Pondok Mandiri Energi," *J. Bakti Saintek J. Pengabd. Masy. Bid. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–26, 2017.
- [8] M. Prasetyawan, M. Facta, and A. Nugroho, "Modul Praktikum Penyinaran Sebagian Dan Penuh Pada Photovoltaic Jenis Monocrystalline," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 3, pp. 277–285, 2014.
- [9] M. Nazir, *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia, Jakarta, 1988.
- [10] R. U. D. Abdillaha, "Data Logger Cuaca Portable Berbasis Arduino Untuk Laboratorium Konversi Energy," Politeknik Negeri Malang, 2017.
- [11] R. Hartono, "Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove," 2013.
- [12] H. D. Wahjono, "Rancangbangun Program Kontrol Data Logger untuk Pemantauan Kualitas Air Menggunakan Aplikasi Foss Gnu C++," *J. Air Indones.*, vol. 7, no. 2, 2014.
- [13] N. Noviardi, "APLIKASI KOMINIKASI SERIAL ARDUINO UNO R3 PADA PENGONTROLAN DENGAN MENGGUNAKAN VISUAL STUDIO 2012 DAN SQL SERVER 2008," *J. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [14] S. Y. Panggabean, "Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (Pulse Width Modulation)," 2017.
- [15] A. D. D. Prasetyo, "Inverter Gelombang Sinusoida 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 328," Politeknik Negeri Malang, 2017.