

# Analisis Perbandingan *Charging SCC* Jenis PWM Dan MPPT Pada *Automatic Handwasher with Workstation* Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda

Naim Fadlan Wahidin<sup>1</sup>, Erry Yadie<sup>2</sup>, Marson Ady Putra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Panjang, Samarinda, 75121

marson@polnes.ac.id

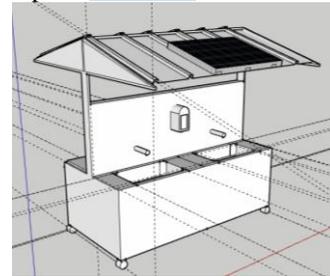
**Abstrak,** *Automatic Handwasher with Workstation* adalah alat pencuci tangan otomatis yang dilengkapi dengan stasiun pengisian baterai telepon seluler ataupun laptop, dirancang oleh mahasiswa Politeknik Negeri Samarinda yang ditujukan sebagai salah satu upaya untuk mendukung pencegahan penyebaran COVID-19 di lingkungan Politeknik dimasa pandemi dengan menyediakan tempat cuci tangan otomatis yang tidak memerlukan kontak langsung agar alat dapat mengeluarkan air dan sabun, alat ini menggunakan basis sensor Ultrasonik dan Arduino Uno untuk mendeteksi ketika ada benda yang menghalangi sensor maka air atau sabun akan otomatis keluar tanpa adanya kontak pada alat. Energi yang digunakan pada alat ini berbasis sistem *off-grid* atau tidak bergantung pada energi listrik konvensional yaitu dengan memanfaatkan Panel surya sebagai sumber energi utama. Dengan penentuan kapasitas daya yang telah ditentukan sebelumnya yaitu dengan beban maksimum 1.08 kWh selama pemakaian 6 jam perhari, 2 buah panel surya dengan kapasitas 150 Wp, jumlah baterai 1 buah dengan kapasitas 150 Ah, maka SCC yang paling baik digunakan pada *Automatic Handwasher with Workstation* adalah SCC jenis MPPT, hal ini disebabkan beban pada *Workstation* adalah beban yang besar yaitu 1.08 kWh perhari sehingga memungkinkan untuk mempercepat pengosongan baterai oleh sebab itu SCC jenis MPPT dipilih karena dapat menghasilkan arus pengisian yang lebih besar yaitu paling tinggi 6,654 Ampere dan lama waktu pengisian paling cepat 27,05 jam. Analisa ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk memilih jenis SCC mana yang paling baik digunakan pada *Automatic Handwasher with Workstation* di Politeknik Negeri Samarinda.

**Kata kunci:** *Automatic Handwasher with Workstation*, PLTS, COVID-19, Tenaga Surya, Solar Cell

## I. PENDAHULUAN

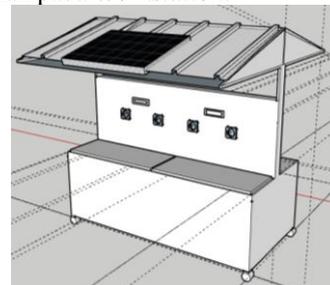
*Automatic Handwasher with Workstation* adalah alat pencuci tangan otomatis yang dilengkapi dengan stasiun pengisian baterai telepon seluler ataupun laptop, dirancang oleh mahasiswa Politeknik Negeri Samarinda yang ditujukan sebagai salah satu upaya untuk mendukung pencegahan penyebaran COVID-19 di lingkungan Politeknik dimasa pandemi dengan menyediakan tempat cuci tangan otomatis yang tidak memerlukan kontak langsung agar alat dapat mengeluarkan air dan sabun, alat ini menggunakan basis sensor Ultrasonik dan Arduino Uno untuk mendeteksi ketika ada benda yang menghalangi sensor maka air atau sabun akan

otomatis keluar tanpa adanya kontak pada alat. Terdapat 2 sisi pada alat dimana sisi pertama adalah *Automatic Handwasher* yang ditunjukkan pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Automatic Handwasher.

Sedangkan pada sisi kedua terdapat *Workstation* yang menggunakan sistem panel surya *off-grid* yang dimana juga terdapat beban DC yang akan digunakan untuk menghidupkan kontrol pada sisi *Automatic Handwasher*, sisi *Workstation* dapat dilihat pada [Gambar 2](#) dimana terdapat 4 buah kotak kontak yang dapat digunakan untuk mengisi perangkat elektronik maksimum 45 Watt untuk masing-masing kotak kontak, pada sisi *Workstation* dilengkapi dengan tampilan tegangan dan arus yang digunakan pada kotak kontak agar pengguna dapat melihat langsung tegangan dan arus yang sedang digunakan pada *Workstation*.



Gambar 2. Workstation.

Penggunaan *Sollar Charge Controller* (SCC) diperlukan untuk dapat melakukan pengisian energi listrik ke baterai. Energi listrik yang tersimpan oleh baterai akan membuat *Workstation* dan *Automatic handwasher* tetap dapat digunakan disaat matahari tidak menyinari solar panel. Pemilihan SCC yang tepat akan sangat baik diperlukan untuk

mendapatkan hasil yang efisien maupun terjangkau untuk pada *Automatic Handwasher with Workstation* [1].

## II. LANDASAN TEORI

### A. Sel Surya

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaic, oleh karena itu dinamakan juga sel fotovoltaic (*Photovoltaic cell* – disingkat PV). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sekitar 0,6 V tanpa beban atau 0,45 V dengan beban. Agar panel surya dapat menghasilkan tegangan sesuai besaran tertentu yang diinginkan maka dapat dilakukan penyusunan beberapa panel surya yang disusun secara seri [2].

Jenis - jenis Panel Surya :

#### 1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Jenis panel monokristal biasanya digunakan pada perancangan sistem yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat yang memiliki cuaca ekstrim. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan [2].

#### 2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

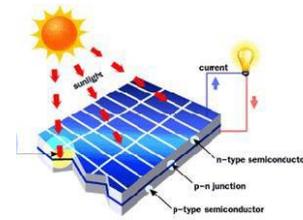
Adalah jenis panel surya yang tersusun dari beberapa kristal acak yang diperoleh dari proses pakbrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Polikristal memiliki efisiensi lebih rendah jika dibandingkan panel surya jenis monokristal, sehingga memiliki harga yang relatif lebih murah [2].

#### 3. *Thin Film Photovoltaic*

Adalah Panel surya yang memiliki 2 lapisan dengan struktur mikrokristal-silicon dan amorphus tipis dengan efisiensi maksimal 8.5% sehingga luas permukaan yang diperlukan per watt daya lebih besar dibandingkan dengan monokristal & polykristal. Jenis terbaru dari *thin Film Triple Junction Photovoltaic* atau panel surya yang memiliki 3 lapisan memiliki efisiensi lebih tinggi dalam udara yang sedang berawan dan dapat menghasilkan daya listrik hingga 45% lebih besar dari panel jenis lain [2].

### B. Panel Surya

Panel Surya adalah sejumlah sel surya yang dihubungkan secara seri dan paralel untuk mendapatkan tegangan dan arus tertentu. Cara kerja panel surya dengan prinsip *p-n junction* ditunjukkan dalam Gambar 3. Sel surya konvensional umumnya menggunakan prinsip *p-n junction* untuk melakukan konversi energi, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari beberapa ikatan atom yang terdapat elektron sebagai penyusun dasar.



Gambar 3. Cara kerja sel surya dengan prinsip *p-n junction* [2].

Semikonduktor tipe-n memiliki kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p memiliki kelebihan *hole* (muatan positif) didalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole* ini dapat terjadi dengan melakukan doping material dengan atom *dopant*. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor.

Ilustrasi dalam Gambar 3 menunjukkan *junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n. *p-n junction* berperan untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* bisa diekstrak oleh material kontak untuk dapat menghasilkan energi listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Aliran dari elektron dan *hole* akan membentuk medan listrik yang dimana ketika cahaya matahari sampai pada susunan *p-n junction* akan mendorong elektron berpindah dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai energi listrik, dan sebaliknya jika *hole* berpindah menuju kontak positif menunggu elektron datang [2]. Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama [3].

Beberapa parameter dan persamaan yang digunakan untuk mengetahui spesifikasi atau kemampuan panel surya serta penentuan jumlah modul surya adalah sebagai berikut :

#### 1. *Fill Factor* (Faktor isi) [3]

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- FF = Faktor Isi
- Imp = Arus Maksimum (Ampere)
- Vmp = Tegangan Maksimum (Volt)
- Isc = Arus Hubung Singkat (Ampere)
- Voc = Tegangan Hubung Terbuka (Volt)

Dengan menggunakan faktor isi maka maksimum daya dari sel surya dapat dihitung, dengan persamaan 2.2 berikut :

#### 2. Daya Maksimum [3]

$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots\dots\dots(2.2)$$

Sehingga efisiensi sel surya yang didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan dari sel ( $P_{max}$ ) dibagi dengan daya dari cahaya yang datang ( $P_{cahaya}$ ).

3. Efisiensi [3]  

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :  
 $\eta$  = Efisiensi panel surya (*solar cell*)  
 $P_{max}$  = Daya maksimum panel surya (*Solar cell*) (Watt)

$P_{cahaya}$  = Irradiasi matahari ( $W/m^2/hari$ )  
 Selanjutnya, untuk menghitung daya keluaran (*Output*) panel surya (*solar cell*) dapat digunakan persamaan 2.4 berikut :

4. Daya Keluaran [3]  

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :  
 $P_{out}$  = Daya keluaran panel surya (*Solar cell*) (Watt)  
 $V_{out}$  = Tegangan output panel surya (*Solar cell*) (Volt)  
 $I_{out}$  = Arus output panel surya (*Solar cell*) (Volt)

5. Menentukan Jumlah Modul Surya [6]  
 Jumlah  

$$Panel = \frac{P_{wattpeak}}{P_{mpp}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :  
 $P_{mpp}$  = Daya maksimum panel surya yang digunakan (W)  
 $P_{wattpeak}$  = Daya yang dibangkitkan

C. Hukum Ohm

Hukum ohm adalah hukum dasar yang menyatakan hubungan antara Daya Listrik (P), Tegangan (V), dan Arus (I). Bunyi hukum ohm adalah besar arus (P) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor akan berbanding lurus dengan beda potensial atau tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan Arus (A). Berikut merupakan hukum ohm ditunjukkan pada persamaan 2.5.

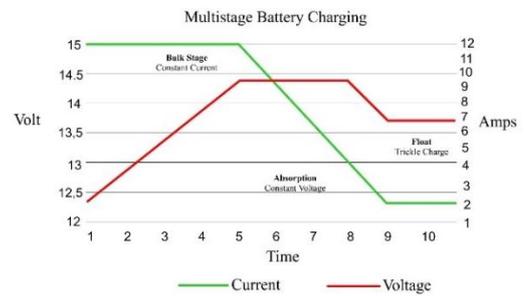
$$P = V \times I \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :  
 $P_{out}$  = Daya Listrik (Watt)  
 $V$  = Tegangan Listrik (Volt)  
 $I$  = Arus Listrik (Ampere)

D. PWM (Pulse Width Modulation)

PWM adalah singkatan dari *Pulse Width Modulation* yang menunjukkan bahwa pengontrol pengisian daya bekerja dengan memancarkan pulsa listrik ke baterai (*accu*) dengan panjang gelombang yang bervariasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Di akhir setiap pulsa, pengontrol pengisian daya mati sebentar untuk mengukur kapasitas baterai dan menyesuaikan nilai keluaran (*output*) agar sesuai. Pengontrol muatan PWM pada dasarnya bertindak sebagai saklar cerdas antara baterai dan panel surya yang mengontrol tegangan dan

arus yang mengalir ke baterai. Nominal tegangan baterai dapat menjadi 11V ketika kosong hingga lebih dari 14V saat mengisi daya. Ini adalah tugas *solar charge controller* untuk mengambil nilai tegangan 17-19V dari panel surya dan melakukan pengisian daya dengan aman pada baterai. *solar charge controller* PWM pada umumnya memiliki tiga tahap pengisian berbeda pada baterai (*Accu*), yaitu : tahap Massal (*Bulk Stage*), tahap Penyerapan (*Absorption*), dan tahap *Float* [3].



Gambar 4. Tahapan Pengisian Daya Baterai Pada Solar Charge Controller PWM (Pulse Width Modulation) [4].

Pada tahap pengisian daya Massal (*Bulk Stage*), pengontrol pengisian daya secara langsung menghubungkan panel surya ke baterai. Tegangan panel surya ditarik turun agar sesuai dengan tegangan baterai dan output arus penuh dari panel surya dibuang ke baterai. Tahap ini memiliki peran besar dalam pengisian baterai atau biasa disebut juga tahap arus konstan. Saat baterai dalam proses pengisian daya, tegangan akan perlahan-lahan dinaikkan hingga mencapai 14,4V. Pada kondisi ini, baterai telah terisi sekitar 80%, pengisian pada tegangan tersebut dengan arus maksimal dapat merusak baterai maka dari itu perlu tahap selanjutnya, sehingga pengendali muatan bergerak ke tahap berikutnya [3].



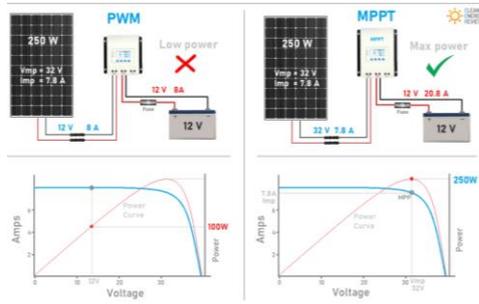
Gambar 5. SCC Jenis PWM [3].

E. MPPT (Maximum Power Point Tracking)

MPPT atau *Maximum Power Point Tracking* adalah algoritma yang termasuk dalam pengontrol daya yang digunakan untuk mengekstraksi daya maksimum yang tersedia dari modul PV dalam kondisi tertentu. MPPT atau *Maximum Power Point Tracking* adalah konverter DC ke DC yang beroperasi dengan mengambil input DC dari modul PV, mengubahnya ke AC dan mengubahnya kembali ke tegangan dan arus DC yang berbeda untuk secara tepat mencocokkan modul PV ke baterai [3].

Tegangan di mana modul PV dapat menghasilkan daya maksimum disebut titik daya maksimum (atau tegangan daya puncak). Daya maksimum bervariasi dengan radiasi

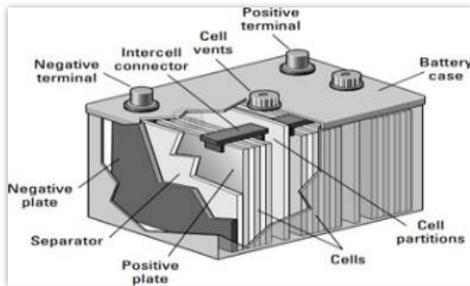
matahari, suhu lingkungan, dan suhu sel surya. Modul PV menghasilkan daya dengan tegangan daya maksimum sekitar 17 V bila diukur pada suhu sel 25°C, dapat turun hingga sekitar 15 V pada hari yang diukur pada suhu sel 25°C, dapat turun hingga sekitar 15 V pada cuaca terik dan juga dapat naik hingga 18 V pada hari yang sangat dingin [3]. Perbandingan SCC PWM dan MPPT dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan SCC Jenis PWM dan MPPT.

**F. Baterai**

Baterai adalah alat menyimpan energi listrik yang memanfaatkan proses elektrokimia. Proses elektrokimia adalah proses perubahan kimia atau konversi menjadi listrik (proses pengosongan) dan listrik menjadi kimia dengan regenerasi dari elektroda yang terdapat pada baterai dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan pada sel baterai [2]. Bagian-bagian yang terdapat pada baterai dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Bagian pada Baterai jenis Lead Acid [2].

Ada beberapa hal yang perlu di perhatikan sebelum merancang panel surya sebagai berikut:

1. Mencari Total Beban Listrik Harian:  
 Beban Pemakaian = Daya x Lama Pemakaian.....(2.7)

2. Menentukan Ukuran Kapasitas Panel Surya:  
 Kapasitas Panel Surya =  $\frac{\text{Total Beban Pemakaian Harian}}{n\text{Baterai}+\text{Isolasi Panel Surya}}$  .....(2.8)

3. Menentukan Kapasitas Baterai/Aki:  
 Kapasitas Baterai =  $\frac{W \times AD}{(DOD \times Vs)}$  .....(2.9)

Keterangan:

Submitted: 30/05/2022; Revised: 30/05/2022;  
 Accepted: 14/06/2022; Online first: 27/06/2022  
<http://dx.doi.org/10.46964/poligrd.v3i1.1490>

- AD = *Autonom Days*
- Vdc = *Tegangan Sistem*
- DOD = *Depth of Discharge*

4. Lama pengisian Baterai/Aki:  
 $T_1 = \frac{C}{I} (1 + 20\%)$ .....(2.10)

Keterangan:

- I = *Arus Pengisian (Ampere)*
- C = *Kapasitas (Ampere Hours)*
- T<sub>1</sub> = *Waktu yang kita inginkan (Hours)*
- 20% = *(% De-efisiensi)*

Definisi A/hour. Ampere per jam(Ah) mendefinisikan bahwa kita dapat membedakan antara menghitung arus dalam Ampere (A) dan menghitung *battery capacity* dalam (Ah). Harus diingat bahwa Ampere (A) ≠ Ampere (Ah). Sehingga kita bisa lihat dalam persamaan berikut:

Battery life(h) =  $\frac{\text{Capacity Battery(Ah)}}{\text{Load (A)}}$ .....(2.11)

5. Lama Penggunaan Energi:  
 Lama Pembebanan =  $\frac{\text{Total Kapasitas Beban Harian}}{\text{Kapasitas Baterai}} - 3 \text{ Jam}...$ (2.12)

**G. Arduino Uno**

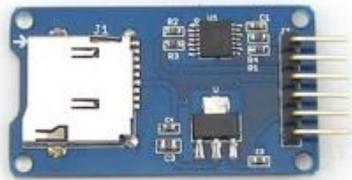
Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega 328 ditunjukkan pada Gambar 8. Board ini memiliki 14 digital input/output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, power jack dan tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tekanan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya [6].



Gambar 8. Arduino Uno [6].

**H. Data Logger**

Data logger adalah proses atau metode yang bersifat otomatis guna perekaman maupun pengumpulan data – data baik itu berasal dari sensor atau module elektronika yang bertujuan sebagai bahan data analisa dan pengarsipan dengan menggunakan Data Logger RTC modul SD Card seperti pada Gambar 9 [5].



Gambar 9. Data Logger SD Card Modul [9].

I. RTC (Real Time Clock)

RTC (Real time clock) adalah jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan menjaga/menyimpan data waktu tersebut secara real time, RTC dapat dilihat pada Gambar 10 [6].



Gambar 10. Modul RTC 3231 [6].

J. Sensor

1. Sensor Tegangan

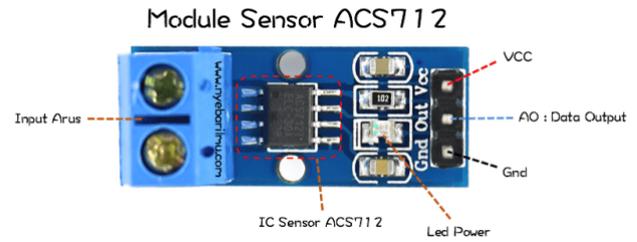
Prinsip kerja modul sensor tegangan ini dapat membuat tegangan input mengurangi 5 kali dari tegangan asli, sensor Tegangan dapat dilihat pada Gambar 11. Sehingga, sensor hanya mampu membaca tegangan maksimal 25 V bila diinginkan Arduino analog input dengan tegangan 5 V, dan jika untuk tegangan 3,3 V, tegangan input harus tidak lebih dari 16.5 V [7].



Gambar 11. Modul Sensor Tegangan [7].

2. Sensor Arus

Modul ACS712d ditunjukkan pada Gambar 12 merupakan modul yang difungsikan untuk mensensing arus pada suatu rangkaian tegangan bolak balik dan searah dengan menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno dengan sensing arus maksimum sebesar 30 Ampere [8].



Gambar 12. Sensor Arus [8].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Pengambilan Data

Pengambilan serta pengumpulan data yang diperlukan dalam perencanaan ini dilaksanakan pada bulan Februari 2021 sampai bulan Juli 2021 di POLITEKNIK NEGERI SAMARINDA (POLNES) Jl. Cipto Mangun Kusumo, Sungai Keledang, Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75242.

Pemilihan tempat ini berdasarkan pertimbangan bahwa adanya aktivitas warga kampus yang banyak menggunakan barang elektronik seperti smartpone, laptop dan lainnya untuk menunjang kegiatan di Area Kampus Politeknik Negeri Samarinda. Tahapan penelitian dan rancang bangun akan dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro.

Objek perencanaan ini adalah alat *Automatic Hand Washer with Workstation* yang tepatnya berada di area Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda.

B. Jenis Data dan Sumber Data

Data yang dibutuhkan dalam perencanaan ini adalah :

1. Pengumpulan data output tegangan dan arus pada PV dan *output* SCC pada saat berbeban.
2. Lama Waktu Pengisian baterai dengan *Charging* PWM dan MPPT.
3. Analisis karakteristik arus dan tegangan SCC jenis PWM dan MPPT.

C. Hasil Pengambilan Data

Berikut data yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian dan riset yang dilaksanakan selama 4 hari, data yang diperoleh diantaranya tegangan masukan, keluaran, dan arus pengisian pada *Solar Charge Controller* serta intensitas cahaya matahari dan suhu panel surya pada setiap prototipe PLTS yang memiliki SCC yang berbeda dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini :

1. Data Arus dan Tegangan yang dihasilkan panel surya pada PLTS

a. Data pada Solar Charge Controller PWM

Berikut data yang diperoleh hasil pengujian sistem PLTS dengan menggunakan SCC jenis PWM :

TABEL 1  
DATA PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PENGISIAN BATERAI DENGAN SCC JENIS PWM

Jam	Tegangan Baterai [V]	Tegangan Pengisian [V]	Arus Pengisian [A]	Intensitas Cahaya Matahari [W/m <sup>2</sup> ]	Cuaca
10.00	12,71	12,78	4,365	1187,7	Cerah Berawan
10.30	12,74	12,81	3,987	1026,3	Cerah Berawan
11.00	12,78	12,86	4,021	1178,6	Cerah Berawan
11.30	12,80	12,90	4,050	1298,1	Cerah Berawan
12.00	12,84	12,97	3,907	1275,5	Cerah Berawan
13.00	13,01	13,12	4,120	1061,6	Cerah Berawan
13.30	13,03	13,12	3,740	1247,8	Cerah Berawan
14.00	13,11	13,18	4,178	222,2	Mendung
14.30	13,13	13,16	2,914	111,2	Mendung
15.00	13,21	13,26	3,561	176,3	Mendung
15.30	13,22	13,24	4,326	83,1	Hujan
16.00	13,24	13,25	3,241	74,3	Hujan



Gambar 13. Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Arduino

Perbandingan tegangan dan arus hasil penelitian serta perhitungan daya keluaran (*Output*) menggunakan persamaan 2.6 maka diperoleh data sebagai berikut :

TABEL 3  
DATA PERBANDINGAN TEGANGAN DAN ARUS SOLAR CHARGE CONTROLLER JENIS PWM DAN MPPT

Jam	Solar Charge Controller PWM			Solar Charge Controller MPPT		
	Tegangan Pengisian [V]	Arus Pengisian [A]	Daya Keluaran [Watt]	Tegangan Pengisian [V]	Arus Pengisian [A]	Daya Keluaran [Watt]
10.00	12,71	4,365	55,4792	12,95	6,654	86,1693
10.30	12,74	3,987	50,7944	12,97	5,769	74,8239
11.00	12,78	4,021	51,3884	13,01	6,510	84,6951
11.30	12,80	4,050	51,84	13,06	5,294	69,1396
12.00	12,84	3,907	50,1659	13,05	4,798	62,6139
13.00	13,01	4,120	53,6012	13,13	6,064	79,6203
13.30	13,03	3,740	48,7322	13,17	5,598	73,7257
14.00	13,11	4,178	54,7736	13,19	5,914	78,0057
14.30	13,13	2,914	38,2608	13,21	5,750	75,9575
15.00	13,21	3,561	47,0408	13,25	4,082	27,5865
15.30	13,22	4,326	4,30972	13,27	5,414	18,7638
16.00	13,24	3,241	3,19084	13,31	4,957	52,6677

b. Data pada Solar Charge Controller MPPT

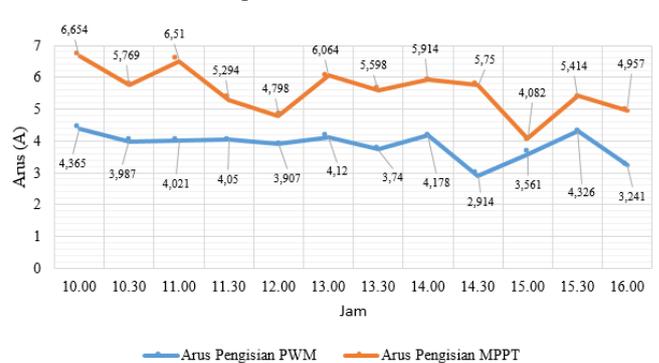
Berikut data yang diperoleh hasil pengujian sistem PLTS dengan menggunakan SCC jenis MPPT :

TABEL 2  
DATA PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PENGISIAN BATERAI DENGAN SCC JENIS MPPT

Jam	Tegangan Baterai [V]	Tegangan Pengisian [V]	Arus Pengisian [A]	Intensitas Cahaya Matahari [W/m <sup>2</sup> ]	Cuaca
10.00	12,87	12,95	6,654	1054,2	Cerah Berawan
10.30	12,96	12,97	5,769	1084,58	Cerah Berawan
11.00	12,95	13,01	6,510	1178,4	Cerah Berawan
11.30	13,01	13,06	5,294	1316,5	Cerah Berawan
12.00	13,05	13,05	4,798	203	Berawan
13.00	13,10	13,13	6,064	1275,7	Cerah Berawan
13.30	13,14	13,17	5,598	1176,6	Cerah Berawan
14.00	13,18	13,19	5,914	1157,1	Cerah Berawan
14.30	13,20	13,21	5,750	726,5	Cerah Berawan
15.00	13,23	13,25	4,082	80,1	Berawan
15.30	13,25	13,27	5,414	827,5	Cerah Berawan
16.00	13,27	13,31	4,957	965,5	Cerah Berawan

Berdasarkan data hasil penelitian diatas maka dapat diperoleh grafik perbandingan arus pengisian yang dihasilkan oleh SCC jenis PWM ataupun MPPT, dapat dilihat pada Gambar 14.

Grafik Perbandingan Arus SCC Jenis PWM dan MPPT



Gambar 14. Grafik Perbandingan Arus (*Output*) Jenis PWM dan MPPT

IV. Hasil Dan Pembahasan

A. Analisa Perbandingan Data dan Grafik Arus, Tegangan, serta Daya (*Output*) yang dihasilkan oleh Solar Charge Controller jenis PWM dan MPPT

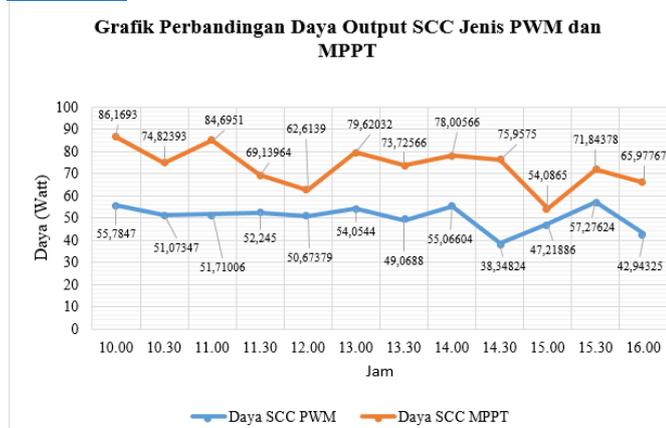
Berdasarkan data hasil penelitian yang dilaksanakan selama 2 hari, dimulai dari pukul 10.00 WITA sampai dengan 16.00 WITA dengan periode pengambilan data selama setengah jam sekali menggunakan alat ukur berupa *Voltmeter* dan *Amperemeter* dengan sistem pengumpulan data otomatis berbasis Arduino.

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada [Gambar 14](#) dapat dilihat bahwa SCC jenis PWM menghasilkan arus yang lebih kecil dibandingkan SCC jenis MPPT yang mampu menghasilkan arus *output* yang lebih besar. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa PWM hanya menghasilkan arus keluaran berkisar antara 2,914 Ampere hingga 4,365 Ampere dimana jika dibandingkan dengan SCC jenis MPPT dapat menghasilkan Arus yang relatif lebih besar yaitu berkisar antara 4,082 Ampere hingga 6,654 Ampere hal ini akan mempengaruhi kecepatan pengisian pada baterai (*Accu*).

TABEL 4  
DATA PERBANDINGAN DAN GRAFIK DAYA (*OUTPUT*) YANG DIHASILKAN OLEH *SOLAR CHARGE CONTROLLER* JENIS PWM DAN MPPT

Jam	Solar Charge Controller PWM	Solar Charge Controller MPPT
	Daya Keluaran [Watt]	Daya Keluaran [Watt]
10.00	55,7847	86,1693
10.30	51,0735	74,8239
11.00	51,7101	84,6951
11.30	52,245	69,1396
12.00	50,6738	62,6139
13.00	54,0544	79,6203
13.30	49,0688	73,7257
14.00	55,066	78,0057
14.30	38,3482	75,9575
15.00	47,2189	54,0865
15.30	57,2762	71,8438
16.00	42,9433	65,9777

Berikut merupakan grafik perbandingan daya keluaran pada SCC jenis PWM dan MPPT, data yang diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan 2.6, maka diperoleh grafik sebagai berikut yang dapat dilihat pada [Gambar 15](#)



Gambar 15. Grafik Perbandingan Daya (Output) Jenis PWM dan MPPT

Berdasarkan data Daya Keluaran (*Output*) rata-rata yang dapat dilihat pada [Gambar 15](#) dapat diketahui bahwa *Solar*

*Charge Controller* jenis MPPT dominan menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan SCC jenis PWM dimana daya keluaran MPPT tertinggi yaitu 86,169 Watt dan paling rendah 54,08 sedangkan SCC jenis PWM memiliki keluaran paling maksimum yaitu 57,276 Watt dan paling rendah yaitu 38,348 Watt.

B. *Analisa Perbandingan Lama Pengisian Baterai (Accu) oleh Solar Charge Controller jenis PWM dan MPPT*

Berdasarkan hasil data perbandingan arus pengisian antara SCC jenis PWM dan MPPT maka dapat diperoleh data perbandingan waktu pengisian pada baterai (*Accu*) dengan kapasitas yang sama dengan menggunakan perhitungan pada persamaan 2.10.

1. Waktu Pengisian Rata-Rata PWM

Berikut merupakan perhitungan rata-rata lama waktu pengisian SCC jenis PWM dengan menggunakan rumus persamaan sebagai berikut :

$$T_1 = \frac{C}{I} (1 + 20\%)$$

Keterangan:

I = Arus Pengisian (Ampere)

C = Kapasitas (Ampere Hours)

T<sub>1</sub> = Waktu yang kita inginkan (Hours)

20% = (% De-efisiensi)

Berikut merupakan hasil perhitungan lama waktu pengisian :

$$T_1 = \frac{150}{4,365} (1 + 20\%) = 41,23711 \text{ Jam}$$

$$T_2 = \frac{150}{3,987} (1 + 20\%) = 45,14673 \text{ Jam}$$

$$T_3 = \frac{150}{4,021} (1 + 20\%) = 44,76498 \text{ Jam}$$

$$T_4 = \frac{150}{4,05} (1 + 20\%) = 44,44444 \text{ Jam}$$

$$T_5 = \frac{150}{3,907} (1 + 20\%) = 46,07115 \text{ Jam}$$

$$T_6 = \frac{150}{4,12} (1 + 20\%) = 43,68932 \text{ Jam}$$

$$T_7 = \frac{150}{3,74} (1 + 20\%) = 48,12834 \text{ Jam}$$

$$T_8 = \frac{150}{4,178} (1 + 20\%) = 43,08281 \text{ Jam}$$

$$T_9 = \frac{150}{2,914} (1 + 20\%) = 61,77076 \text{ Jam}$$

$$T_{10} = \frac{150}{3,561} (1 + 20\%) = 50,5476 \text{ Jam}$$

$$T_{11} = \frac{150}{4,326} (1 + 20\%) = 41,60888 \text{ Jam}$$

$$T_{12} = \frac{150}{3,241} (1 + 20\%) = 55,53841 \text{ Jam}$$

2. Waktu Pengisian Rata-Rata MPPT

Berikut merupakan perhitungan rata-rata lama waktu pengisian SCC jenis MPPT dengan menggunakan rumus persamaan sebagai berikut :

$$T_1 = \frac{C}{I} (1 + 20\%)$$

Keterangan:

- I = Arus Pengisian (Ampere)
- C = Kapasitas (Ampere Hours)
- T<sub>1</sub> = Waktu yang kita inginkan (Hours)
- 20% = (% De-efisiensi)

Berikut merupakan hasil perhitungan lama waktu pengisian :

$$T_1 = \frac{150}{6,654} (1 + 20\%) = 27,05 \text{ Jam}$$

$$T_2 = \frac{150}{5,769} (1 + 20\%) = 31,20 \text{ Jam}$$

$$T_3 = \frac{150}{6,51} (1 + 20\%) = 27,64 \text{ Jam}$$

$$T_4 = \frac{150}{5,294} (1 + 20\%) = 34 \text{ Jam}$$

$$T_5 = \frac{150}{4,798} (1 + 20\%) = 37,51 \text{ Jam}$$

$$T_6 = \frac{150}{6,064} (1 + 20\%) = 29,68 \text{ Jam}$$

$$T_7 = \frac{150}{5,598} (1 + 20\%) = 32,15 \text{ Jam}$$

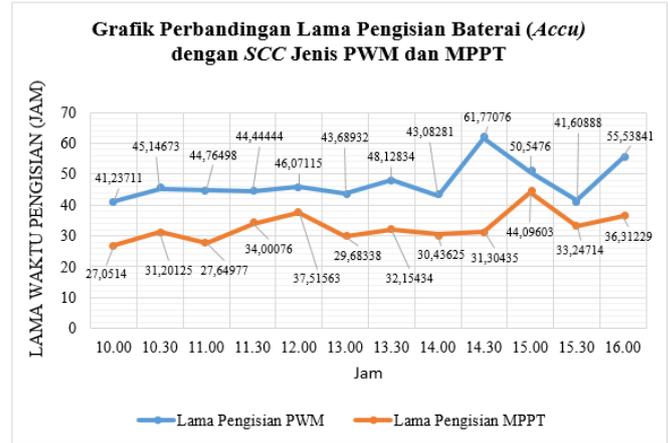
$$T_8 = \frac{150}{5,914} (1 + 20\%) = 30,43 \text{ Jam}$$

$$T_9 = \frac{150}{5,75} (1 + 20\%) = 31,30 \text{ Jam}$$

$$T_{10} = \frac{150}{4,082} (1 + 20\%) = 44,09 \text{ Jam}$$

$$T_{11} = \frac{150}{5,414} (1 + 20\%) = 33,24 \text{ Jam}$$

$$T_{12} = \frac{150}{4,957} (1 + 20\%) = 36,31 \text{ Jam}$$



Gambar 16. Grafik Perbandingan Lama Waktu Pengisian Baterai (Accu) dengan menggunakan SCC jenis PWM dan MPPT

Berdasarkan data hasil penelitian dan perhitungan menggunakan persamaan 2.6 dapat diketahui perbandingan lama waktu pengisian baterai (*Accu*) dengan menggunakan 1 buah baterai dengan kapasitas 150 Ah serta 2 buah panel surya dengan merek solana berkapasitas 150 Wp namun dibandingkan dengan 2 jenis *Solar Charging Controller* yang berbeda yaitu jenis PWM dan MPPT dapat dilihat pada [Gambar 16](#) SCC jenis MPPT memiliki kecepatan pengisian yang lebih cepat jika dibandingkan dengan SCC jenis PWM dengan waktu paling cepat 27 Jam dan paling lama 44 Jam sedangkan SCC jenis PWM dapat mengisi 1 buah baterai (*Accu*) dengan kapasitas 150 *Ampere Hour* paling cepat 41,6 Jam dan paling lama 61,7 Jam dengan dominan SCC jenis MPPT dapat melakukan pengisian Baterai (*Accu*) lebih cepat.

TABEL 5  
ANALISIS PERBANDINGAN LAMA WAKTU PENGISIAN BATERAI (ACCU) DENGAN MENGGUNAKAN SCC JENIS PWM DAN MPPT

Jam	Solar Charge Controller PWM			Solar Charge Controller MPPT		
	Kapasitas Baterai ( <i>Accu</i> )	Arus Pengisian [A]	Waktu Pengisian (Hour)	Kapasitas Baterai ( <i>Accu</i> )	Arus Pengisian [A]	Waktu Pengisian (Hour)
10.00	150	4,365	41,23711	150	6,654	27,0514
10.30	150	3,987	45,14673	150	5,769	31,20125
11.00	150	4,021	44,76498	150	6,51	27,64977
11.30	150	4,05	44,44444	150	5,294	34,00076
12.00	150	3,907	46,07115	150	4,798	37,51563
13.00	150	4,12	43,68932	150	6,064	29,68338
13.30	150	3,74	48,12834	150	5,598	32,15434
14.00	150	4,178	43,08281	150	5,914	30,43625
14.30	150	2,914	61,77076	150	5,75	31,30435
15.00	150	3,561	50,5476	150	4,082	44,09603
15.30	150	4,326	41,60888	150	5,414	33,24714
16.00	150	3,241	55,53841	150	4,957	36,31229

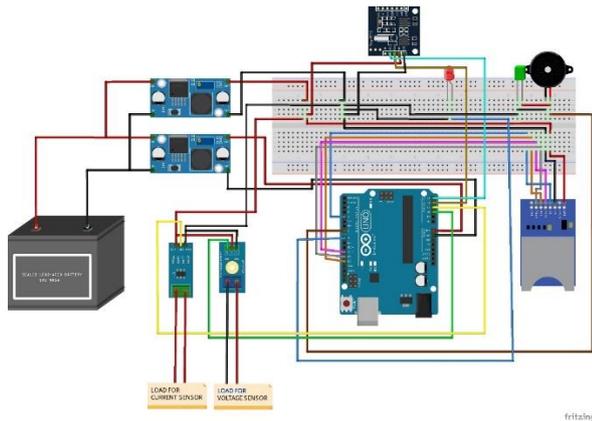
C. Analisa Perbandingan SCC Jenis PWM dan MPPT pada *Automatic Handwasher with Workstation*.

Berdasarkan data hasil perhitungan daya total pada *Automatic Handwasher with Workstation* dimana beban total adalah 180 Wh dan asumsi beban maksimum selama satu hari adalah sebesar 1.08 kWh selama 6 jam pemakaian. Dengan membandingkan jenis SCC mana yang paling baik digunakan pada *Automatic Handwasher with Workstation* maka SCC jenis MPPT yang paling baik dan efisien, hal ini disebabkan beban pada *Workstation* adalah beban yang besar yaitu 1.08 kWh perhari sehingga memungkinkan untuk mempercepat pengosongan baterai maka dari itu SCC jenis MPPT dipilih karena dapat menghasilkan arus pengisian yang lebih besar yaitu paling tinggi 6,654 Ampere dan lama waktu pengisian paling cepat 27,05 jam.

D. Alat Monitoring Tegangan dan Arus Secara Periodik

Berikut merupakan pembahasan rancangan alat monitoring secara periodik dengan basis Arduino Uno dengan memanfaatkan beberapa modul tambahan diantaranya RTC 3231, Sensor Arus ACS 712-30 Ampere, Sensor Tegangan, Buck Converter 12 Volt dan SD Card Modul sebagai penyimpanan *data logger* secara periodik setiap setengah jam sekali. Berikut

merupakan skema alat yang akan telah dibangun dan digunakan ditunjukkan pada [Gambar 17](#).



Gambar 17. Pengawatan Alat Monitoring Arus dan Tegangan

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan data hasil perbandingan SCC dan MPPT melalui pengamatan langsung dan mengacu pada referensi secara teori dan perhitungan dari data pengujian pada masing-masing SCC di *Automatic Handwasher with Workstation* maka dapat disimpulkan :

1. Karakteristik tegangan berdasarkan tabel data hasil pengujian relatif sama dan stabil tidak ada perbedaan yang signifikan antara SCC jenis PWM maupun MPPT.
2. SCC jenis MPPT lebih baik dibanding SCC jenis PWM hal ini disebabkan beban pada *Workstation* adalah beban yang besar yaitu 1.08 kWh perhari sehingga memungkinkan untuk mempercepat pengosongan baterai maka dari itu SCC jenis MPPT dipilih karena dapat menghasilkan arus pengisian yang lebih besar yaitu paling tinggi 6,654 Ampere dengan *data sheet* baterai jenis VRLA tipe VG12-150 Ah dimana arus maksimum pengisian adalah sebesar 15 Ampere sehingga arus 6,654 tidak akan merusak baterai maka didapat lama waktu pengisian paling cepat adalah 27,05 jam.
3. Berdasarkan perhitungan lama waktu pengisian dapat dilihat bahwa SCC jenis MPPT lebih cepat melakukan pengisian maksimum pada baterai sebanyak 1 buah dengan kapasitas 150 Ah yaitu selama 27,05 jam atau kurang dari 2 hari.
4. Penambahan jumlah beban pada *Workstation* dapat merubah perhitungan *autonomy days*, waktu pengisian, dan jumlah baterai.
5. Data berdasarkan hasil perhitungan teori panel surya dapat menghasilkan arus maksimum 16,58 Ampere dengan hubungan paralel 2 buah panel surya dengan kapasitas 150 Wp.

### B. Saran

Berdasarkan data hasil perbandingan SCC dan MPPT melalui pengamatan langsung maka saran yang dapat diberikan penulis kepada pembaca adalah :

1. Proses pengisian pada baterai *Automatic Handwasher with Workstation* dapat dipercepat dengan penambahan panel surya secara paralel untuk mendapatkan arus maksimum namun tidak lebih dari 15 Ampere berdasarkan *data sheet* dengan jenis baterai yang sama.
2. Dapat memperbanyak variabel penelitian atau lama waktu pengamatan agar hasil pengamatan lebih maksimal.

## REFERENSI

- [1] J. Jamaaluddin, I. Anshory, E. Rosnawati, and D. K. Aji, "Analisa Perbandingan PWM Dan MPPT Untuk Beban Di Atas 200 W," pp. 123-129.
- [2] B. H. Purwoto, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 01, pp. 10-14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.
- [3] Nino Wananda, "Analisa Perbandingan Optimasi Pengisian Daya Baterai (Accu) Pada PLTB Dan PLTS Menggunakan Solar Charger Controller Tipe PWM Dan MPPT," 2019.
- [4] I. M. A. N. I BAGUS PUTU EKA PAKSI YUDA, ABDUL NATSIR, "Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Metode MPPT Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano," 2018.
- [5] A. R. MARGOLANG, "Rancang Bangun Dispenser Minyak Goreng Dengan Flowmeter Mekanik Dilengkapi dengan Micro SD Dan RTC Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328," 2021.
- [6] M. Y. Iqbar, K. Paranita, and K. Riyanti, "Rancang Bangun Lampu Portable Otomatis Menggunakan RTC Berbasis Arduino," *Antivirus*, vol. 14, no. 1, pp. 51-62, 2020.
- [7] M. AL ARIFIN, "Sistem Monitoring Genset Berbasis Iot Di Bts Rembang," 2020.
- [8] Faudin, Agus, "Tutorial Akses Sensor Arus," Nyebarilmu.com, 2017.(Online). Available: <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-sensor-arus/> [Diakses 31 Agustus 2021].
- [9] Indoware - Electronic Online Store, "Micro SD Card Modul SPI Antarmuka Mini card reader TF," [indo-ware.com](https://indo-ware.com/produk-2735-micro-sd-card-modul-spi-antarmuka-mini-card-reader-tf.html), 2021.(Online). Available: <https://indo-ware.com/produk-2735-micro-sd-card-modul-spi-antarmuka-mini-card-reader-tf.html> [Diakses 04 September 2021].