

## Perancangan Kapasitas Modul Surya Dan Beban pada *Automatic Hand Washer With Workstation* Politeknik Negeri Samarinda

Ridho Shafa Ramadhan<sup>1</sup>, Rusda<sup>2</sup>, Marson Ady Putra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda  
rusda@polnes.ac.id

**Abstract,** *Automatic Hand Washer with Workstation is a tool with many benefits during the current pandemic. Other than hand washing facilities and backup power source, this tool has been designed to use new and renewable energy or called sustainable energy namely solar radiation energy. By using solar cell that uses the photovoltaic principle, then the solar radiation hits the solar cells will be converted into electrical energy. That electrical energy will be stored in battery and will be distributed to load. Based on reference that used, the result of this designing using 2 modul solar system of 150 Wattpeak with maksimum load of 1,08 kWh during for 6 hours a day. System efficiency from this designing get a results of 83.91%. This design is expected to be able to help readers in the learning process and can be used as a reference in the design process.*

**Keywords :** *Hand Washer, Workstation, Renewable Energy, Solar Sel, Solar Module.*

**Abstrak,** *Automatic Hand Washer with Workstation merupakan suatu alat yang sangat bermanfaat pada masa pandemi seperti sekarang. Selain sebagai tempat mencuci tangan dan sumber energi listrik cadangan, alat ini telah di rancang untuk menggunakan energi baru dan terbarukan atau biasa disebut energi yang berkelanjutan yaitu sinar radiasi matahari. Dengan menggunakan sel surya yang menggunakan prinsip fotovoltaiik, maka sinar radiasi matahari yang mengenai sel surya akan diubah menjadi energi listrik. Energi listrik tersebut disimpan pada baterai dan di salurkan ke beban. Berdasarkan acuan yang merujuk pada referensi yang digunakan, hasil dari perancangan ini yaitu menggunakan 2 buah modul surya sebesar 150 Wattpeak dengan beban maksimal 1.08 kWh selama pemakaian 6 jam perhari. Efisiensi sistem dari perancangan ini mendapatkan hasil sebesar 83.91%. Perancangan ini diharapkan mampu membantu para pembaca dalam proses pembelajaran dan dapat menjadi acuan dalam proses perencanaan.*

**Kata Kunci:** *Hand Washer, Workstation, Renewable Energy, Solar Sel, Solar Module.*

### I. PENDAHULUAN

Pada awal tahun 2020 terjadi pandemi virus Covid 19 yang menyebabkan perubahan dalam tatanan hidup manusia. Banyak kegiatan ataupun aktifitas yang dibutuhkan di luar rumah harus terhenti karena dapat mempercepat penyebaran virus. Berbagai cara telah dilakukan untuk menghambat penyebaran virus tersebut salah satunya adalah dengan mencuci tangan. Dengan mencuci tangan sebelum dan sesudah beraktifitas diharapkan penyebaran virus ini dapat dicegah dan terkontrol. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mencuci tangan adalah wastafel cuci tangan.

Selama masa pandemi, wastafel cuci tangan di tempat umum sangatlah menjadi kebutuhan mutlak saat ini. Dengan menggunakan wastafel, mencuci tangan menjadi lebih mudah dan cepat. Namun, kebanyakan wastafel dalam mengoperasikannya perlu memerlukan kontak langsung yang di mana itu merupakan suatu hal yang harus dihindari pada masa pandemi saat ini. Lalu terbentuklah sebuah gagasan untuk menciptakan sebuah inovasi berupa wastafel otomatis tanpa kontak langsung dalam mengoperasikannya. Dalam pengoperasiannya, wastafel ini direncanakan akan menggunakan sumber energi listrik utama yaitu dengan menggunakan sumber energi sinar radiasi matahari. Pemilihan penggunaan energi sinar radiasi matahari dikarenakan energi sinar radiasi matahari adalah sumber energi yang ramah lingkungan dan dapat menjadi energi yang berkelanjutan (*renewable energy*).

Energi sinar radiasi matahari sangat melimpah di daerah Indonesia terutama di Kalimantan Timur khususnya di Kota Samarinda. Energi sinar radiasi matahari tersebut dapat dimanfaatkan menjadi energi alternatif yang dapat meningkatkan pemanfaatan sumber daya energi baru\terbarukan dengan menggunakan komponen modul surya. Dengan menggunakan modul surya sebagai penyuplai listrik

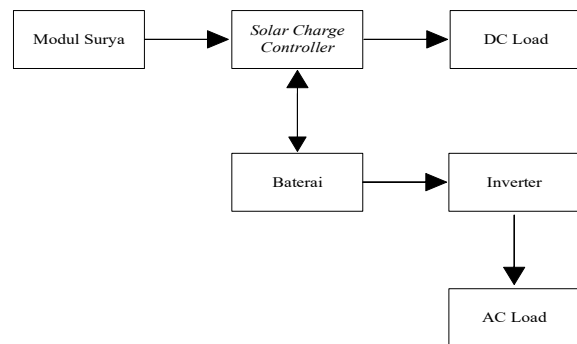
pada wastafel otomatis, diharapkan dapat mempermudah sehingga tidak perlu menarik kabel ke wastafel tersebut.

Pada kondisi tertentu, ada saat wastafel otomatis ini tidak digunakan pada rentang waktu yang lama, maka energi baterai pada modul surya akan terus menerus terisi tanpa ada pengeluaran energi yang menyebabkan suatu pemborosan energi dan dapat menyebabkan kerusakan pada baterai modul surya. Oleh sebab itu, penulis akan menambahkan kotak kontak pada alat tersebut dengan tujuan agar mengurangi rugi-rugi energi serta mempermudah orang-orang di sekitar apabila memerlukan sumber energi listrik.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem yang akan dirancang pada *automatic hand washer with workstation* meliputi komponen utama yaitu terdiri dari beberapa bagian mulai dari modul surya, *solar charge controller*, baterai dan *inverter*. Gambar 1 merupakan gambaran umum sistem.



Gambar 1. Gambaran umum sistem

### B. Desain Perancangan

Perancangan alat ini mempunyai beberapa tahapan yang akan dikerjakan. Tahapan tersebut memiliki kesinambungan antara satu dengan lainnya. Perancangan yang baik dapat mendapatkan hasil yang maksimal pada perancangan ini. Adapun beberapa tahapan tersebut yaitu.

1. Pemilihan beban yang digunakan.
2. Penentuan total daya beban dan pemakaian energi.
3. Penentuan jenis modul surya dan spesifikasi yang digunakan.
4. Mengukur suhu udara di sekitar modul surya.
5. Menghitung area *array* ( PV area ).
6. Menghitung daya yang dibangkitkan oleh modul surya.
7. Menentukan jumlah modul surya.
8. Menentukan jumlah *solar charge controller*.
9. Menghitung jumlah baterai.
10. Menentukan kapasitas *inverter*.

#### 1. Pemilihan Beban Yang Digunakan

Pada perancangan alat ini, beban yang digunakan adalah *charger* laptop yang merupakan jenis beban induktif. Penggunaan *charger* laptop banyak digunakan di area kampus. Oleh karena itu, pada perancangan alat ini *charger* laptop dipilih sebagai beban utama pada alat ini. Pemilihan daya pada jenis *charging* laptop ini didasari pada rata-rata daya *charging* yang dikeluarkan oleh merek laptop di Indonesia. Adapun merek daya *charging* sebesar 45 Watt ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Merek dan tipe laptop daya 45 Watt

No	Merek	Tipe
1	Asus	E420M, X454W
2	Acer	E1 422, V3
3	Toshiba	C40, NB500
4	Lenovo	S340, P51S

Dengan mengetahui pemakaian energi pada workstation maka adapun cara mencari pemakaian energi ditunjukkan pada Persamaan 1 sebagai berikut [1]:

$$W = P \times t \quad (1)$$

Keterangan:

W = pemakaian energi (Watt-hour)

P = daya (Watt)

t = lama pemakaian (Hour)

## 2. Penentuan Total Daya Dan Pemakaian Energi

Dalam proses perancangan kapasitas sel surya, jumlah total beban AC dan DC sangat berpengaruh terhadap besarnya daya yang digunakan. Semakin besar daya yang dimiliki oleh beban maka semakin banyak juga jumlah modul surya yang digunakan. Klasifikasi beban AC dan beban DC ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Klasifikasi beban AC

Jumlah	Beban	Kapasitas Daya (Watt)	Lama Pemakaian (Jam)
4 buah	Charger laptop	45 Watt	6 jam

Tabel 3 Klasifikasi Beban DC

Jumlah	Beban	Kapasitas Daya (Watt)
2 buah	Pompa air	17 Watt
1 buah	Automatic dispenser soap	6 Watt

Dengan mengetahui perbandingan antara daya masukan dan keluaran maka efisiensi dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut [1]:

$$\eta = \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

$\eta$  = efisiensi sistem (%)

$P_{out}$  = daya keluaran (watt)

$P_{in}$  = daya masukan (watt)

## 3. Penentuan Jenis Modul Surya Dan Spesifikasi

Perancangan ini, menggunakan model modul surya yang digunakan adalah merek SOLANA *Monocrystalline* seri SOL\_M12150W. Spesifikasi karakteristik kelistrikan [2] ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4 Karakteristik kelistrikan modul

Maximum Power (Pmax)	150 Wp
Optimum Operating Voltage (Vmp)	18.1 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.29 A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.1 V
Open Circuit Current (Isc)	8.69 A

Modul Efficiency	15.1 %
------------------	--------

Lanjutan Tabel 4

Maximum System Voltage	600 Vdc
Maximum Series Fuse Rating	10 A
STC Irradiance Module	1000 W/m <sup>2</sup>
Temperature 25° C	AM = 1,5

Dengan mengetahui karakteristik dari modul surya maka adapun persentase jatuh tegangan ditunjukkan pada Persamaan 3 sebagai berikut [3]:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{Tegangan\ Nominal\ Sistem} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

$\Delta V\%$  = persentase jatuh tegangan (%)

$\Delta V$  = jatuh tegangan (Volt)

#### 4. Mengukur Suhu Udara

Mengukur suhu udara merupakan hal yang dibutuhkan pada proses perhitungan kapasitas modul surya. Pengukuran suhu udara telah dilakukan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Samarinda pada tahun 2018. Gambar 2 merupakan data suhu udara dan kelembaban udara di Kota Samarinda.

Bulan/Month	Suhu Udara Temperature (°C)			Kelembaban Udara Humidity (%)		
	Min Min	Maks Max	Rata-rata Average	Min Min	Maks Max	Rata-rata Average
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Januari/January	24,3	32,8	27,6	60	91	81
Februari/February	24,5	32,5	27,6	62	93	82
Maret/March	24,7	32,7	27,9	59	92	80
April/April	25,1	32,9	27,8	60	94	82
Mei/May	25,1	33,0	27,8	63	94	84
Juni/June	23,5	32,9	27,8	62	93	83
Juli/July	21,7	31,9	27,9	62	91	81
Agustus/August	23,2	32,8	28,0	60	90	78
September/September	24,8	33,6	28,1	55	90	77
Oktober/October	24,8	32,9	27,8	61	93	81
November/November	24,9	32,8	27,9	63	92	82
Desember/December	24,1	33,4	28,2	60	91	80
Rata-rata 2017	24,2	32,9	27,9	61	92	81

Gambar 2 Suhu dan kelembaban udara kota samarinda [4]

Dengan mengetahui suhu udara minimum dan maksimum pada Kota Samarinda, maka perhitungan untuk mencari daya yang berkurang disekitar modul surya pada saat suhu di sekitar modul mengalami kenaikan °C dari suhu standar, menggunakan Persamaan 4 sebagai berikut [5]:

$$P\ \text{saat}\ t\ \text{naik}\ ^\circ\text{C} = 0.5\ \% \text{ per } ^\circ\text{C} \times P_{mpp} \times \Delta t \quad (4)$$

Keterangan:

$P_{\text{saat naik } ^\circ\text{C}}$  = Daya saat suhu naik dari suhu standar

$P_{mpp}$  = Daya keluaran maksimal modul surya

$\Delta t$  = Kenaikan suhu

Setelah mengetahui daya yang berkurang disekitar modul pada saat suhu tertentu maka perhitungan daya keluaran maksimum modul surya pada saat suhu naik menjadi  $t^{\circ}\text{C}$  dari suhu standar dapat menggunakan Persamaan 5 sebagai berikut [5]:

$$P_{MPP \text{ saat naik jadi } t^{\circ}\text{C}} = P_{MPP} - P \text{ saat } t \text{ naik }^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

Hasil nilai dari PMPP saat  $t$  naik menjadi  $t^{\circ}\text{C}$  dapat digunakan untuk menghitung faktor koreksi temperatur (*Temperatur Correction Factor*) dengan menggunakan Persamaan 6 sebagai berikut [5]:

$$TCF = \frac{P_{mpp \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}\text{C}}}{P_{mpp}} \quad (6)$$

### 5. Menghitung Area Array (*Photovoltaic Area*)

Area *array* adalah gabungan beberapa modul surya yang dirangkai dengan mengikuti karakteristik dari tiap selnya ketika terkena sinar radiasi matahari. Luas area *array* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 7 sebagai berikut [6]:

$$PV_{area} = \frac{W}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (7)$$

Keterangan:

$PV_{area}$  = luas area *array* ( $\text{m}^2$ )

$W$  = besar pemakaian energi listrik (kWh)

$G_{av}$  = nilai isolasi harian matahari ( $\text{kWh} / \text{m}^2$ )

$\eta_{pv}$  = kompensasi rugi-rugi instalasi PV *array* (%)

$TCF$  = *Temperature Correction Factor*

$\eta_{out}$  = efisiensi output (%)

### 6. Menghitung Daya yang Dibangkitkan oleh Modul Surya

Daya yang keluar pada modul surya mempunyai nilai yang berbanding lurus dengan radiasi sinar matahari. Dari perhitungan area *array*, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*) dapat dihitung dengan Persamaan 8 sebagai berikut [6]:

$$P_{wattpeak} = \text{area } array \times PSI \times \eta_{pv} \quad (8)$$

Keterangan:

$P_{wattpeak}$  = daya yang dibangkitkan PLTS ( $W_p$ )

$PSI$  = *Peak Sun Insulation* adalah  $1000 \text{ W}/\text{m}^2$

$\eta_{pv}$  = kompensasi rugi instalasi PV *array* (%)

### 7. Menentukan Jumlah Modul Surya

Dalam menentukan jumlah modul surya yang akan digunakan dapat menggunakan Persamaan 9 sebagai berikut [6]:

$$\text{Jumlah modul surya} = \frac{P_{wattpeak}}{P_{mpp}} \quad (9)$$

Keterangan:

$P_{mpp}$  = daya maksimum modul surya (Watt)

$P_{wattpeak}$  = daya yang dibangkitkan ( $W_p$ )

Setelah mengetahui berapa banyak jumlah dan hubungan pada modul surya yang akan digunakan, maka dapat menentukan langkah selanjutnya dengan menghitung tegangan dan arus *array* dengan Persamaan 10 dan persamaan 11 sebagai berikut [7]:

$$V_{mp \text{ array}} = V_{mp} \times \text{Jumlah modul seri} \quad (10)$$

Keterangan:

$V_{mp \text{ array}}$  = tegangan *array* surya (Volt)

$V_{mp}$  = tegangan operasi modul surya (Volt)

$$I_{mp \text{ array}} = I_{mp} \times \text{Jumlah modul paralel} \quad (11)$$

Keterangan:

$I_{mp \text{ array}}$  = arus *array* surya (Amp)

$I_{mp}$  = arus operasi modul surya (Amp)

Setelah mengetahui nilai dari tegangan dan arus *array*, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung daya maksimal yang dibangkitkan *array* dengan Persamaan 12 sebagai berikut[8]:

$$P_{mpp \text{ array}} = V_{mpp \text{ array}} \times I_{mpp \text{ array}} \quad (12)$$

Keterangan:

$P_{mpp \text{ array}}$  = daya yang dibangkitkan *array* (W)

$V_{mpp \text{ array}}$  = tegangan *array* surya (Volt)

$I_{mpp \text{ array}}$  = arus *array* surya (Amp)

### 8. Menentukan Jumlah Solar Charge Controller

Daya yang dibangkitkan oleh *array surya* digunakan sebagai *demand watt* dalam mencari besarnya kapasitas *solar charge controller* seperti pada Persamaan 13 sebagai berikut [8]:

$$\text{Kapasitas SCC} = \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \quad (13)$$

Keterangan:

*Safety Factor* = 125% (faktor keamanan)

*System Voltage* = tegangan *array* (Volt)

### 9. Menghitung Jumlah Baterai

Baterai bertindak sebagai penyimpan energi sementara (*buffer*) untuk mengatasi perbedaan antara pasokan listrik dari modul surya dan permintaan listrik. Adapun cara menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan ditunjukkan pada Persamaan 14 sebagai berikut[6]:

$$C = \frac{W \times AD}{(DOD \times V_s)} \quad (14)$$

Keterangan:

$C$  = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Amp-hour)

DOD = Kedalaman kapasitas baterai

AD = *Autonom Days* (Hari Otonomi)

$V_s$  = Tegangan Sistem (Volt)

Setelah mengetahui kapasitas baterai, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung lama pengisian baterai. Perhitungan lama pengisian baterai dapat menggunakan Persamaan 15 sebagai berikut[9]:

$$T = \frac{C}{I} (1+20\%) \quad (15)$$

Keterangan:

$T$  = Lama waktu pengisian (*Hours*)

$C$  = Kapasitas (Ampere-hour)

$I$  = Arus pengisian (Ampere)

20% = (% De-efisiensi)

**10. Menentukan Kapasitas Inverter**

Tegangan masuk (*input*) dan tegangan keluar (*output*) dari *inverter* diketahui berdasarkan tegangan sistem yang digunakan yaitu 12 Volt DC dan nominal tegangan AC yang digunakan yaitu 220 Volt. Adapun cara menentukan kapasitas *inverter* ditunjukkan pada Persamaan 16 sebagai berikut[8]:

$$\text{Kapasitas Inverter} = \text{Demand Watt} \times 125\% \text{ (16)}$$

Keterangan:

125% = *Safety Factor* (faktor keamanan)

*Demand Watt* = daya yang dibangkitkan (Watt)

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Perhitungan Perancangan Sistem**

**1. Menghitung Total Beban Yang Digunakan**

Berdasarkan klasifikasi beban AC pada Tabel 2 besar daya minimum pada sistem perancangan ini adalah 180 Watt. Dengan rencana akan menyuplai pada beban selama 6 jam, maka perhitungan total pemakaian energi adalah:

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian Energi} &= W \times t \quad (1) \\ &= 180 \text{ Watt} \times 6 \text{ jam} \\ &= 1080 \text{ Watt-hour} = 1.08 \text{ kWh} \end{aligned}$$

**2. Menghitung Area Array (PV Area)**

Berdasarkan perhitungan beban AC harian yang digunakan pada *workstation*, adapun daya yang dibutuhkan sebesar 1080 Wh selama 8 jam. Untuk nilai radiasi harian matahari (*Gav*) digunakan nilai radiasi rata-rata wilayah Kalimantan Timur Kota Samarinda yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Radiasi Matahari Kota Samarinda[10]

Bulan	Radiasi Matahari (kWh/m <sup>2</sup> )
Januari	4.66
Februari	4.88
Maret	4.99
April	4.98
Mei	4.89
Juni	4.76
Juli	4.76
Agustus	4.87
September	4.92
Oktober	5.04
November	4.8
Desember	4.42
Rata-rata	4.83

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Samarinda (BPS) Kota Samarinda pada Gambar 6, pada tahun 2018 suhu tertinggi di daerah Samarinda terjadi pada bulan September yaitu mencapai 33.6°C. Sedangkan suhu minimum terjadi pada bulan Juli yaitu mencapai 21.7°C. Berdasarkan spesifikasi modul surya pada Tabel 4, modul surya memiliki kapasitas 150 Wp dengan efisiensi modul sebesar 15.1%. Maka besarnya daya yang berkurang pada saat suhu di sekitar panel surya mengalami kenaikan 8.6°C dari suhu standar 25°C dihitung dengan menggunakan Persamaan 4 sebagai berikut:

$$P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C} = 0.5 \% \text{ per } ^\circ\text{C} \times P_{mpp} \times \Delta t$$

$$P \text{ saat naik } 8.6^{\circ}\text{C} = 0.5 \% \text{ per}^{\circ}\text{C} \times 150 \text{ W} \times 8.6^{\circ}\text{C} \\ = 6.45 \text{ W}$$

Untuk daya keluaran maksimum modul surya pada saat suhu naik menjadi  $33.6^{\circ}\text{C}$  dihitung dengan menggunakan Persamaan 5 sebagai berikut:

$$P_{MPP} \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}\text{C} = P_{MPP} - P \text{ saat } t \text{ naik } ^{\circ}\text{C} \\ P_{MPP} \text{ saat } t = 33.6^{\circ}\text{C} = 150\text{W} - 6.45\text{W} \\ = 143.55 \text{ W}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluar maksimum modul surya pada saat suhu naik menjadi  $33.6^{\circ}\text{C}$ , maka nilai TCF dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 6 sebagai berikut:

$$\text{TCF} = \frac{P_{mpp} \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}\text{C}}{P_{mpp}} \\ = \frac{143.55 \text{ W}}{150 \text{ W}} \\ = 0.95$$

Besar nilai efisiensi *output* ( $\eta_{out}$ ) ditentukan dengan nilai efisiensi inverter (90%) dan efisiensi *solar charge controller* (98%), maka besar nilai efisiensi output adalah 94%. Maka untuk memperoleh luas area PV *array* dengan cara mensubstitusikan nilai energi listrik yang dibutuhkan (W), isolasi rata-rata matahari ( $G_{av}$ ), efisiensi<sub>pv</sub> ( $\eta_{pv}$ ) dan efisiensi *output* ( $\eta_{out}$ ) ke Persamaan 7 sebagai berikut:

$$PV_{area} = \frac{W}{G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}} \\ = \frac{1.08 \text{ kWh}}{4.83 \text{ kWh/m}^2 \times 0.151 \times 0.95 \times 0.94} \\ = 1.65 \text{ m}^2$$

### 3. Menghitung Daya Yang Dibangkitkan PLTS(Wattpeak)

Dari perhitungan area *array*, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*) dapat diketahui. Dengan nilai area *array* adalah  $1.65 \text{ m}^2$ , *Peak Sun Insolation* (PSI) adalah  $1.000 \text{ W} / \text{m}^2$  dan efisiensi modul 15.1% maka dapat menggunakan Persamaan 8 sebagai berikut:

$$P_{wattpeak} = \text{area } array \times \text{PSI} \times \eta_{pv} \\ = 1.65 \text{ m}^2 \times 1.000 \text{ W/m}^2 \times 0.151 \\ = 249.15 \text{ Wattpeak}$$

### 4. Menentukan Jumlah Modul Surya

Modul surya yang akan digunakan pada perencanaan sistem ini memiliki kapasitas  $P_{MPP}$  sebesar 150 *Wattpeak* per modul. Berdasarkan nilai tersebut, maka jumlah modul surya yang dibutuhkan sistem ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 9 sebagai berikut:

$$\text{Jumlah modul surya} = \frac{P_{wattpeak}}{P_{mpp}} \\ = \frac{249.15 \text{ Wattpeak}}{150 \text{ Wattpeak}} \\ = 1.66 \approx 2 \text{ Modul surya}$$

Untuk mengetahui tegangan dan arus *array* pada modul surya pada perancangan alat, maka diperlukan spesifikasi daripada modul surya yang dipakai. Pada perancangan ini modul surya yang digunakan adalah tipe *monocrystalline* dengan merek Solana 150 *Wp* dengan spesifikasi nilai  $V_{mp} = 18,1 \text{ V}$  dan  $I_{mp} = 8.29 \text{ A}$  dan 2 Modul surya tersebut akan disusun menjadi rangkaian modul surya



dengan tegangan sistem 12 Volt dan disesuaikan dengan rating *solar charge controller* di kisaran tegangan 12/24 Vdc.

Dalam perancangan ini modul yang dipasang paralel sebanyak 2 modul dan tidak ada yang dipasang seri. *Array* tersebut dapat menghasilkan nilai tegangan dan arus dengan menggunakan Persamaan 10 dan Persamaan 11 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{mp \text{ array}} &= V_{mp} \times \text{Jumlah modul tersusun seri} \\ V_{mp \text{ array}} &= V_{mp} \times 1 \\ &= 18.1 \text{ V} \times 1 \\ &= 18.1 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{mp \text{ array}} &= I_{mp} \times \text{Jumlah modul tersusun paralel} \\ I_{mp \text{ array}} &= I_{mp} \times 2 \\ &= 8.29 \text{ A} \times 2 \\ &= 16.58 \text{ A} \end{aligned}$$

### 5. Menentukan Jumlah Kapasitas *Solar Charge Controller*

Kapasitas *solar charge controller* ditentukan berdasarkan besar daya maksimal yang mampu dihasilkan *array* surya yaitu dengan menggunakan Persamaan 12 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{mpp \text{ array}} &= V_{mpp \text{ array}} \times I_{mpp \text{ array}} \\ P_{mpp \text{ array}} &= 18.1 \text{ V} \times 16.58 \text{ A} \\ &= 300.098 \text{ W} \approx 300 \text{ W} \end{aligned}$$

Setelah daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh *array* surya telah diketahui, maka kapasitas *solar charge controller* dapat dihitung dengan Persamaan 13 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas SCC} &= \frac{\text{Demand Watt} \times \text{Safety Factor}}{\text{System Voltage}} \\ &= \frac{300 \times 1.25}{18.1} \\ &= 20.71 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas *solar charge controller* yang terpasang dalam perencanaan alat ini sebanyak 1 buah dengan kapasitas minimum 20.71 Ampere atau lebih.

### 6. Menentukan Jumlah Baterai Dan Lama Pengisian

Pada perancangan ini, kapasitas baterai ditentukan berdasarkan energi listrik yang dibutuhkan pada *workstation* selama 6 jam yaitu 1.08 kWh. Dengan memperhatikan beberapa faktor maka kapasitas baterai dapat ditentukan. Adapun beberapa faktor tersebut adalah:

- 1) DOD (*Deep of Discharge*) yaitu kedalaman kapasitas yang dapat digunakan pada baterai, yaitu 80%. DOD ini ditentukan oleh pabrik produksi baterai tersebut.
- 2) *Autonom Days* yaitu parameter keadaan yang dimana lamanya hari jika cuaca buruk (tidak ada radiasi matahari) atau keadaan yang dimana pancaran radiasi matahari tidak maksimal, sehingga modul surya tidak memperoleh suplai energi yang cukup. Di Indonesia, penetapan *autonomy days* adalah 3 hari.
- 3) Efisiensi baterai yaitu 98%.

Maka, besar kapasitas baterai yang dibutuhkan yang mengacu pada Persamaan 14 adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas baterai} &= \frac{W \times AD}{(DOD \times Vs)} \\
 &= \frac{1080 \text{ kWh} \times 3 \text{ hari}}{0.8 \times 12} \\
 &= 337.5 \text{ Ah} : 0.98 \\
 &= 344.38 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Baterai yang digunakan pada perencanaan sistem ini memiliki kapasitas 150 Ah dengan tegangan nominal 12 V. Pada perencanaan ini, rangkaian pada baterai menggunakan rangkaian paralel. Adapun banyaknya susunan baterai yang dipasang paralel adalah sebanyak:

$$\begin{aligned}
 \text{Susunan paralel} &= \frac{344.38 \text{ Ah}}{150 \text{ Ah}} \\
 &= 2.2 \approx 3
 \end{aligned}$$

Maka, jumlah baterai yang dibutuhkan pada perencanaan ini adalah sebanyak 3 buah baterai dengan kapasitas 150 Ah dengan rangkaian paralel. Pada perancangan ini lama pengisian baterai disesuaikan dengan kapasitas baterai dan dapat dihitung dengan Persamaan 15 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Lama Pengisian} &= \frac{C}{I} (1+20\%) \\
 &= \frac{344.38 \text{ Ah}}{15 \text{ A}} (1+20\%) \\
 &= 27 \text{ hours}
 \end{aligned}$$

Maka, lama pengisian baterai pada perancangan ini adalah selama 27 jam dengan masa *autonomy days* selama 3 hari

**7. Menentukan Kapasitas Inverter**

Kapasitas *inverter* ditentukan dengan berdasarkan besar daya maksimal yang mampu dihasilkan *array* surya dan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 16 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Inverter} &= \text{Demand watt} \times \text{Safety Factor} \\
 &= 300 \times 1.25 \\
 &= 375 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Kapasitas *inverter* yang digunakan adalah 500 Watt. Namun pada perancangan alat ini, penulis menggunakan *inverter* sebesar 1.500 Watt untuk mengantisipasi apabila terjadi penambahan beban pada bagian *workstation*.

**B. Pengujian Komponen**

Pengujian pertama ini dilakukan untuk melihat nilai tegangan yang terukur pada avometer. Berdasarkan spesifikasi pada modul surya Solana 150 Wp pada Tabel 4 diketahui modul surya ini memiliki tegangan *open circuit* yaitu sebesar 22.1 V.

Pengujian kali ini dilakukan pada saat dua kondisi yaitu cuaca tidak berawan dan cuaca berawan untuk melihat nilai perbandingan pengukuran langsung dengan nilai yang dikeluarkan oleh pabrik. Pengujian ini dimulai pada jam 08.00 – 16.00 WITA.

**1. Pengujian *open circuit voltage* modul surya saat cuaca tidak berawan**

Adapun data pengukuran *open circuit voltage* saat cuaca tidak berawan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Pengujian *Open Circuit Voltage* saat Cuaca Tidak Berawan

Waktu	Tegangan saat cuaca tidak berawan(Volt)
-------	---

08.00	21.36
09.00	21.43
10.00	21.50
11.00	21.81
12.00	21.94
13.00	21.97
14.00	21.82
15.00	21.73
16.00	21.54
Rata-rata	21.67



Gambar 3. Pengukuran Tegangan saat Cuaca Tidak Berawan

Berdasarkan data pengukuran pada Tabel 6 di atas maka nilai rata-rata *open circuit voltage* adalah sebesar 21.67 V. Maka persentase jatuh tegangan *open circuit* dari modul surya tersebut dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3:

$$\begin{aligned} \Delta V \% \text{ open circuit} &= \frac{\Delta V}{\text{Teg. Nominal Sistem}} \times 100\% \\ &= \frac{21.67 \text{ V}}{22.1 \text{ V}} \times 100\% \\ &= 98\% \end{aligned}$$

Maka, persentase *open circuit voltage* saat cuaca tidak berawan pada modul surya dalam perancangan ini yaitu sebesar 98%.

**2. Pengujian *open circuit voltage* modul surya saat cuaca berawan**

Adapun data pengukuran *open circuit voltage* saat cuaca berawan dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7 Pengujian *Open Circuit Voltage* saat Cuaca Berawan

Waktu	Tegangan saat cuaca berawan(Volt)
08.00	20.24
09.00	20.41
10.00	20.58
11.00	20.81
12.00	20.98
13.00	20.91
14.00	20.86
15.00	20.74
16.00	20.66

Rata-rata	20.68
-----------	-------

Berdasarkan data pengukuran pada Tabel 6 di atas maka nilai rata-rata *open circuit voltage* adalah sebesar 20.68 V. Maka persentase jatuh tegangan *open circuit* dari modul surya tersebut dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3:

$$\begin{aligned} \Delta V \% \text{ open circuit} &= \frac{\Delta V}{Teg. \text{ Nominal Sistem}} \times 100\% \\ &= \frac{20.68 V}{22.1 V} \times 100\% \\ &= 93\% \end{aligned}$$

Maka, persentase *open circuit voltage* saat cuaca berawan pada modul surya dalam perancangan ini yaitu sebesar 93%.

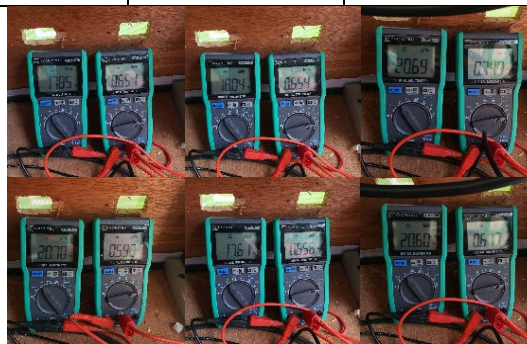
**C. Pengujian Sistem**

**1. Pengujian Sistem tanpa Beban**

Pengujian ini dilakukan pada sistem tanpa menggunakan beban. Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengukur nilai tegangan operasi modul surya dan arus yang mengalir pada baterai. Pengujian ini dilakukan dimulai dari jam 08.00 – 16.00 WITA. Adapun data pengujian sistem tanpa beban ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Pengujian Sistem Tanpa Beban

Jam	Tegangan Operasi (Volt)	Arus Pengisian (Ampere)
08.00	17.61	0.656
09.00	17.85	0.651
10.00	18.04	0.654
11.00	20.77	0.744
12.00	20.69	0.749
13.00	20.60	0.617
14.00	20.3	0.689
15.00	20.7	0.592
16.00	20.28	0.489
Rata-rata	19.65	0.663



Gambar 4. Pengujian Sistem Tanpa Beban

**2. Pengujian Sistem dengan Beban**

Pengujian ketiga ini dilakukan pada sistem dengan menggunakan beban penuh pada *workstation*. Pengujian ini dilakukan dengan lama pengujian yaitu 6 jam di mulai dari jam 10.00 – 16.00 WITA. Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengukur tegangan masukan, arus masukan, tegangan keluaran dan arus keluaran pada beban. Adapun data parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9 Pengujian Sistem DC

Jam	Tegangan Masukkan (Volt)	Arus Masukkan (Ampere)
10.00	18.31	7.69
11.00	18.34	7.39
12.00	18.57	7.28
13.00	18.59	7.48
14.00	18.58	7.35
15.00	18.34	7.84
16.00	18.35	7.15

Tabel 10 Pengujian Sistem AC

Jam	Tegangan Keluaran (Volt)	Arus Keluaran (Ampere)
10.00	225.2	0.63
11.00	225.7	0.64
12.00	225.2	0.61
13.00	225.7	0.70

Lanjutan Tabel 10

Jam	Tegangan Keluaran (Volt)	Arus Keluaran (Ampere)
14.00	225.8	0.69
15.00	225.2	0.67
16.00	225.5	0.60



Gambar 5 Pengukuran Tegangan Sistem AC



Gambar 6. Pengukuran Arus Sistem AC



Gambar 7. Pengukuran Arus Sistem DC

Dari pengujian pengukuran parameter tersebut, maka data yang dapat diolah menjadi parameter daya masukan dan daya keluaran untuk menentukan efisiensi sistem dari perancangan ini. Adapun nilai dari daya masukan dan daya keluaran dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Daya Masukan dan Keluaran

Jam	Daya Masukan (Watt)	Daya Keluaran (Watt)
10.00	140.80	115.55
11.00	135.53	113.50
12.00	135.18	109.89
13.00	139	126.39
14.00	135.56	124.64
15.00	141.36	106.29
16.00	131.20	108.24
Rata-rata	136.94	114.92

Berdasarkan data pada Tabel 11 di atas dapat diketahui besar daya masukan rata-rata yang diproduksi adalah sebesar 136.94 Watt dan daya keluaran rata-rata yang diproduksi adalah sebesar 114.92 Watt

### 3. Efisiensi Sistem

Efisiensi sistem adalah nilai dari hasil daya keluaran dibagi dengan daya masukan dan ditulis dalam bentuk persen. Dengan menggunakan Persamaan 2 maka nilai efisiensi dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\eta = \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\%$$

$$\eta = \left( \frac{114.92}{136.94} \right) \times 100\%$$

$$\eta = 83.91 \%$$

berdasarkan perhitungan di atas maka efisiensi sistem pada perancangan alat ini adalah 83.91%

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan kapasitas sistem modul surya yang mengacu pada beberapa referensi mulai dari teori maupun rumus perhitungan serta pengujian pada beban *workstation* dengan beban yang telah ditentukan maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Hasil perancangan yaitu menggunakan 2 modul surya sebesar 150 Wp, 1 *solar charge controller* sebesar 20 Ampere, 1 *inverter* sebesar 1500 W dan 3 baterai sebesar 150 Ah dengan lama pengisian baterai 27 jam dengan masa *autonomy day* selama 3 hari. Nilai sinar radiasi matahari yang digunakan pada perancangan ini adalah sebesar 4.83 kWh/m<sup>2</sup>.
2. Nilai rata-rata daya masukan berdasarkan pengujian sistem berbeban sebesar 136.94 Watt dan daya keluaran sebesar 114.92 Watt dengan nilai efisiensi pada sistem sebesar 83.91%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*, Jakarta: Energising Development (EnDev) Indonesia, 2018, pp. 1-3.
- [2] Solana, "Solana," Solana, [Online]. Available: <https://solana.co.id/monocrystalline/>. [Accessed 14 Agustus 2021].
- [3] N. Safitri, T. Rihayat and S. Riskina, *Buku Teknologi Photovoltaic*, Banda Aceh: YayasanPuga Aceh Riset, 2019.
- [4] Anonymous, ""Rata rata suhu udara, Kelembaban, Tekanan udara, Kecepatan angin, Curah hujan dan Penyinaran matahari melalui stasiun meteorologi Samarinda"," Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur, 2018. [Online]. Available: <https://kaltim.bps.go.id/indicator/151/282/1/suhu-udara-menurut-bulan-di-samarinda.html>. [Accessed 12 Februari 2021].

- [5] I. D. A. S. Santiari, "Tesis Jurusan Teknik Elektro," *"Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali"*, 2010.
- [6] I. Hajar, *Studi Perencanaan Penambahan Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Salemo*, Jakarta: STT-PLN, 2015.
- [7] S. Zalmadi, H. Syarif and N. E. Muslimin, "Perencanaan Penggunaan PLTS Di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat," *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, vol. 9, p. 79, 2017.
- [8] V. R. Kossi, "Perencanaan PLTS Terpusat (OFF-GRID) Di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 2, 2018.
- [9] A. Julisman, I. D. Sara and R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola," *Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 2, p. 36, 2017.
- [10] M. Rumbayan, A. Abudureyimu and K. Nagasaka, "Mapping of Solar Energy Potential in Indonesia Using Artificial Neural Network and Geographical Information System," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, p. 1441, 2012.