

# Perancangan Pembangkit Catu Daya Untuk Alat Pengukur pH Pada Limbah Cair Berbasis Solar Sel

Yoga Pratama<sup>1)</sup>, Nurhalim<sup>2)</sup>, Feranita<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, <sup>2)</sup>Dosen Teknik Elektro  
Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam,  
Pekanbaru 28293

Email : [yoga.pratama@student.unri.ac.id](mailto:yoga.pratama@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*The use of electric power is one of the basic needs around the world, but there are some areas or places that are also not reached by electricity, such as in coal waste fields that require pH sensing to measure the quality standard of waste before disposal. The use of photovoltaic systems is an alternative to solve this problem. In this study, tests and measurements were carried out to determine the ability of the photovoltaic system as a power source for pH sensing. Measurement and testing on the prototype is carried out by applying varying loads and covering the surface of the solar panel which results in a change in the value of voltage and current. Based on the results of solar panel testing by covering the solar surface (shading), when the weather is clear with radiation of  $812.4 \text{ W/m}^2$  and a temperature of  $33.7^\circ \text{C}$ , the solar panels will stop filling the battery by closing 90% while in cloudy weather conditions with radiation of  $242.4 \text{ W/m}^2$  and a temperature of  $31.9^\circ \text{C}$ , solar panels will stop filling the battery by closing 40%.*

*Keywords: photovoltaic, pH sensing, load variation, shading*

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan mendasar di seluruh dunia, dimana penggunaan energi listrik secara global semakin meningkat karena pertumbuhan dan perkembangan populasi. Sumber daya fosil tidak menjadi pilihan berkelanjutan untuk masa depan, karena sumber energinya tidak dapat diperbaharui dan digantikan dengan sumber daya energi yang tidak terbatas. Pada saat ini, matahari adalah salah satu alternatif energi yang paling banyak digunakan di dunia, serta penggunaan energi matahari dalam sistem *photovoltaic* memiliki tingkat pencemaran yang lebih rendah dibandingkan dengan pembangkit listrik bersumber daya fosil. Hal tersebut membuat teknologi *photovoltaic* salah satu yang paling diminati dalam energi terbarukan (Luis Hernandez-Callejo, 2019).

Sebagian besar daerah di Indonesia terletak di garis khatulistiwa dengan intensitas cahaya matahari maksimal sepanjang tahunnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa cahaya matahari memiliki potensi yang cukup tinggi

untuk dijadikan sumber energi alternatif di Indonesia. Salah satu cara memanfaatkan cahaya matahari yaitu menjadikannya sumber energi untuk daerah yang belum terjangkau atau dimasuki listrik contohnya pada lapangan pertambangan batu bara.

Komponen utama yang digunakan untuk membangkitkan catu daya menggunakan *solar cell* adalah *photovoltaic*. Keluaran dari *photovoltaic* ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut (Bansai, 1990).

Agar energi listrik ini bisa digunakan pada kondisi-kondisi seperti pada malam hari (kondisi saat solar cell tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari solar cell harus dihubungkan ke sebuah media penyimpanan (*storage*), dalam hal ini adalah baterai. Tetapi ini tidak langsung dihubungkan saja dari panel surya ke baterai, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian regulator, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi baterai

otomatis (*Automatic Charger*) (Anwar Ilmar Ramadhan, 2016).

Berdasarkan pemaparan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai perancangan pembangkit catu daya untuk alat pengukur pH melalui *prototype*. Penelitian dilakukan menggunakan 1 modul PV 50 Wp yang digunakan sebagai sumber pengisian baterai. Serta menggunakan solar charge controller sebagai pengatur arus searah yang diisi ke baterai. Alat ini diharapkan dapat membantu manusia dalam memenuhi sumber daya listrik DC di daerah yang belum terjangkau oleh PLN.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Limbah Cair Batubara

Air limbah usaha kegiatan pertambangan batubara adalah air yang berasal dari kegiatan penambangan batubara dan air buangan yang berasal dari kegiatan pengolahan/pencucian batubara. Air limbah yang sudah tidak bisa diolah lagi biasanya akan dibuang ke tempat pembuangan. Proses pembuangan ini akan berpengaruh buruk bagi lingkungan sekitar jika baku mutu air limbah batu bara tersebut terlampaui. Baku mutu air limbah batubara adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemaran yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah batu bara yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan.

### 2.2 Sensor pH

Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hidrogen atau diistilahkan dengan potential of hidrogen. Sensor pH akan mengukur potensial listrik antara merkuri Chloride (HgCl) pada elektroda pembanding dan *potassium chloride* (KCl) yang merupakan larutan didalam gelas *electrode* serta potensial antara larutan dan elektroda perak. Tetapi potensial antara sampel

yang tidak diketahui dengan elektroda gelas dapat berubah tergantung sampelnya, oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan yang ekuivalen yang lainnya untuk menetapkan nilai dari pH (Alimuddin, 2013).

### 2.3 Photovoltaik (PV)

Photovoltaik (PV) merupakan suatu sistem atau cara mengubah secara langsung energi matahari menjadi energi listrik yang menggunakan bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor tersebut terdiri dari dua lapisan (sisi-*p* dan sisi-*n*) yang menyusun sebuah sel PV. Adapun prinsip kerja PV terjadi ketika cahaya memasuki sel PV, beberapa foton dari cahaya diserap oleh atom semikonduktor, sehingga membebaskan elektron dari sisi-*n* untuk mengalir melalui sirkuit eksternal dan kembali ke sisi-*p*. Terjadinya aliran elektron ini yang menghasilkan arus listrik (Bhatia, 2014).

### 2.4 Solar Charge Controller (SCC)

*Charge controller* berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari modul surya ke baterai. Alat ini juga memiliki banyak fungsi yang pada dasarnya ditujukan untuk melindungi baterai. *Charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan (*overvoltage*) dari panel surya. Pengontrolan kapasitas tegangan baterai/aki maksimum 13,8 Volt jika telah mencapai tegangan tersebut, maka suplai arus akan diturunkan menjadi 0 sampai kurang dari 1 Ampere untuk menghindari *overcharging* (Herdito, 2016).

*Solar Charge Controller* (SCC) adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. SCC mengatur kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh dan kelebihan tegangan dari panel fotovoltaik. Kelebihan tegangan dalam pengisian akan mengurangi umur baterai. SCC menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

Panel fotovoltaik 50WP umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa SCC, baterai akan rusak dan tidak stabilan

tegangan yang dibangkitkan. Beberapa fungsi detail dari SCC adalah sebagai berikut:

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari kelebihan pengisian, dan kelebihan tegangan.
- Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak sampai habis, dan beban lebih.
- Pemantau temperatur baterai

### 2.5 Baterai (Aki)

Untuk Baterai pada sistem pembangkit tenaga surya berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu atau peralatan elektronika dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC (Herdito, 2016).

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Blok Diagram Sistem

Berikut adalah blok diagram dari rancang bangun penelitian yang akan dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 1. Blok Diagram Rancang Bangun

### 3.2 Penentuan Komponen

#### 3.2.1 Modul Photovoltaik

Pada penelitian digunakan modul PV dengan merk DEKADE (Model: SP50-18P). Tipe sel yang menyusun modul PV terbuat *polycrystalline silicon*. Daya maksimum yang dapat dihasilkan modul PV dalam keadaan standar pengujian dengan suhu 25°C dan radiasi maksimum 1000 W/m<sup>2</sup> adalah 50 Wp. Tegangan *open circuit* dari modul PV adalah 21,8 V dan arus *short circuit* dari modul PV adalah 3,05 A. Untuk tegangan pada saat posisi daya maksimum adalah 17,8 V dan arus pada saat posisi daya maksimum adalah 2,81 A. Hal tersebut dapat

dilihat secara ringkas pada tabel 1 dan gambar 2 untuk gambar solar panel yang digunakan.



Gambar 2. Solar Panel 50 WP

Tabel 1. Label Kinerja Modul Photovoltaik

Merk	ST SOLAR (Model : SP50-18P)
Cell Type	Polycrystalline silicon
Pmax (Maximum Power)	50 W
Vmp (Voltage at Pmax)	17,8 V
Imp (Current at Pmax)	2,81 A
Voc (Open Circuit Voltage)	21,8 V
Isc (Short Circuit Current)	3,05 A
Max System Voltage	1000 V
Temperature Range	-4°C ~ 85°C
Dimension	540 × 670 × 30 mm

#### 3.2.2 Solar Charge Controller

Tipe *controller* ini menggunakan sistem lebar pulsa atau biasa disebut *pulse width modulation* (PWM). Tegangan sistem yang bekerja otomatis pada tegangan 12V/24V dan maksimal tegangan yang bisa diterima oleh SCC ini sebesar 50V. Batas untuk arus yang bisa diterima SCC sebesar 10A dan daya maksimal sebesar 130W (12V) / 260 (24V). SCC disini dilengkapi dengan 2 buah USB output 5V dengan arus maksimal 2,5A dan juga bisa dioperasikan secara manual untuk menghidupkan maupun mematikan beban lampu. Dapat dilihat pada gambar 3 dan tabel 2 dibawah untuk

melihat gambar dan spesifikasi ringkas dari *solar charge controller* yang digunakan.



**Gambar 3.** Solar Charge Controller 10A

**Tabel 2.** Label Kinerja Solar Charge Controller

Batt Voltage	12V/24V auto		
Charge Current	10A		
Max Solar Input	12V battery, the highest 23V; 23V battery when the highest 46V		
Equalization	1 Sealed 4,4V	2 Gel 4,2V	3 Flood 4,6V
Float Charge	13,7V (default, adjustable)		
Discharge Stop	10,7V (default, adjustable)		
Discharge Reconnect	12,6V (default, adjustable)		
USB Output	2 way USB output, 5V/2,5A (Max)		
Self-consume Operating Temperature	<10mA -35 ~ +60 °C		
Size/Weight	133,5 * 70 * 35 mm / 165g		

Sebelum sistem dihubungkan maka diperlukan setting pada SCC dengan melihat tampilannya pada layar LCD. Parameter-parameter yang bisa diatur seperti *float charge*, *discharge stop*, *discharge reconnect*, waktu kerja dan tipe baterai yang digunakan. Berikut adalah langkah kerja untuk setting SCC :

Pertama, hubungkan *charge controller* ke baterai 12V / 24V. Baterai harus yang pertama dihubungkan pada SCC bukan solar panel,

karena jika solar panel yang pertama dihubungkan pada *controller* itu bisa menyebabkan kerusakan pada *controller* itu sendiri. Kedua, tekan dan tahan tombol menu sekitar 3 detik kemudian tekan tombol + atau – maka akan tampil menu dilayar yang berkedip. Ketiga, atur parameter angka sesuai kebutuhan dan tekan menu sekali lagi untuk menyimpan dan keluar.

### 3.2.3 Baterai (Aki)

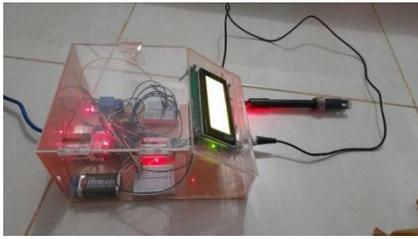
Baterai (Aki) yang digunakan pada penelitian ini adalah merk Panasonic tipe *Lead-Acid Battery* 12 volt 7,2 Ah dengan model no. LC-V127R2NA1. Dalam pemasangan alat, baterai aki harus terlebih dahulu disambungkan ke *solar charge controller* sebelum solar panel, jika tidak akan menyebabkan kerusakan pada alat. Baterai aki 7,2 Ah yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Baterai Aki 7,2 Ah

### 3.2.4 Alat Ukur pH

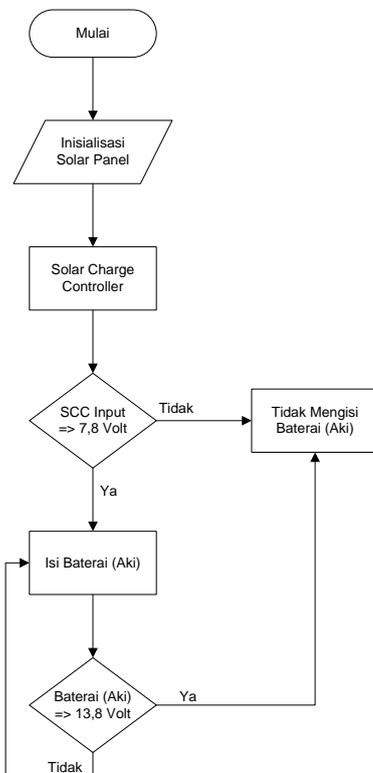
Pada alat pengukur pH ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler yang akan mendapat suplai tegangan sebesar 5V. Arduino Uno akan terhubung dengan modul dari sensor pH yang akan menghasilkan keluaran berupa sinyal analog, alat ini juga menggunakan RTC yang berfungsi untuk penentuan waktu pembacaan pH dan akan ditampilkan pada LCD yang dilengkapi dengan I2C. Dapat dilihat pada gambar 5 bentuk alat ukur pH setelah dirancang.



**Gambar 5.** Alat Pengukur pH

### 3.3 Diagram Alur Pengisian Baterai (Aki)

Dalam sistem ini panel surya yang mendapatkan radiasi matahari yang cukup akan digunakan untuk menyuplai tegangan dan arus untuk alat pengukur pH dan baterai dengan dikontrol dengan *solar charge controller*. Jika cahaya matahari kurang untuk menyuplai, maka baterai tidak melakukan pengisian dan akan menjadi sumber daya utama untuk sistem ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



**Gambar 6.** Flowchart Sistem Pengisian Baterai (Aki)

### 3.4 Perhitungan dan Model Penutupan Solar Panel

Penutupan solar panel dilakukan untuk pengujian tegangan untuk pengisian ke baterai.

Penutupan dibuat dengan jarak 10% dari total panjang panel, maka dapat dibuat rumus sebagai berikut :

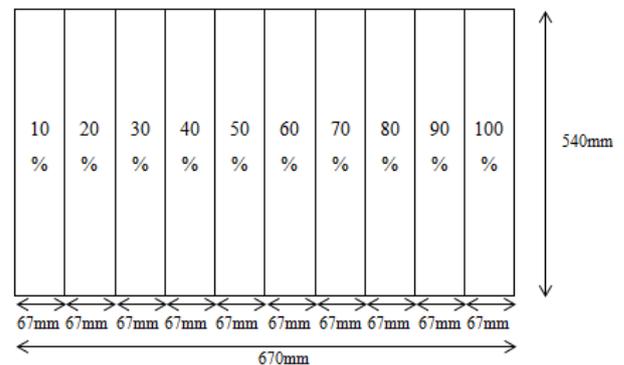
$$\begin{aligned} \text{Penutupan panel (\%)} &= P_{\text{Panel}} \div 10\% \\ &= 670\text{mm} \div 10\% \\ &= 67\text{mm} \end{aligned}$$

Dimana :

$P_{\text{Panel}}$  = Panjang Panel (mm)

10% = Jarak Penutupan

Jadi, jarak yang didapat untuk pengujian penutupan solar panel yaitu 67 mm untuk setiap 10%. Maka dapat dilihat model penutupan panel dari gambar 7 :



**Gambar 7.** Model Penutupan Panel

### 3.5 Perhitungan Beban

#### 3.5.1 Total Beban

##### 1. Alat pengukur pH

Dalam alat pengukur pH menggunakan beberapa komponen yaitu sensor pH, mikrokontroler berupa arduino UNO dan LCD. Komponen ini akan digunakan selama 24 jam. Perhitungan beban dilihat dari *datasheet* masing-masing komponen.

**Tabel 3.** Total daya untuk alat pengukur pH

Komponen	Arus (Amper)	Daya (Watt)
Mikrokontroler (Arduino UNO)	0,028	0,14
Solar Charge Controller	0,01	0,05
Sensor pH	0,1	0,5
LCD	0,00165	0,00825
<b>Total</b>	<b>0,19965</b>	<b>0,69825</b>

## 2. Penerangan

Penerangan disini berguna sebagai beban tambahan agar uji coba alat bisa di variasikan juga bisa digunakan dalam kondisi cuaca mendung / kekurangan cahaya yang dioperasikan secara manual melalui *Solar Charge Controller* (SCC). Penerangan disini menggunakan lampu LED 12 V dengan daya 5 W yang bisa digunakan selama 2 jam.

$$I_{\text{lampu}} = \frac{P}{V} = \frac{5W}{12V} = 0,417 \text{ A}$$

## 3. Total Beban

$$\begin{aligned} I_{T\text{beban}} &= I_{\text{beban}} \times \text{jam pakai sehari} \\ &= (0,19965 \times 24 \text{jam}) + (0,471 \times 2 \text{jam}) \\ &= 4,8 \text{ Ah} + 0,834 \text{ Ah} \\ &= 5,634 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka arus beban total per hari sebesar 5,634 Ah.

### 3.5.2 Perhitungan Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Untuk sistem PLTS dengan daya 1000 Watt ke bawah, faktor 20% harus ditambahkan ke pembebanan sebagai pengganti rugi-rugi sistem dan untuk faktor keamanan (Dunlop, 1997). Oleh karena itu ampere-jam beban yang sudah ditentukan dikalikan dengan 1,20 sehingga.

$$\begin{aligned} I_{\text{total}} &= I_{\text{beban}} \times \text{rugi dan safety factor} \\ &= 5,634 \times 1,2 \\ &= 6,76 \text{ Ah} \end{aligned}$$

### 3.5.3 Jam Matahari Ekuivalen (ESH)

Menentukan jam matahari ekuivalen / *Equivalent Sun Hours* (ESH) terburuk. Jam matahari ekuivalen suatu tempat ditentukan berdasarkan peta radiasi harian rata – rata (insolasi) matahari dunia yang dikeluarkan oleh solarex (solarex, 1996).

ESH untuk kawasan indonesia = 4-5 jam/perhari

### 3.5.4 Perhitungan Kebutuhan Arus Total Panel Surya

Arus total panel sebesar 1,69 Ampere didapat berdasarkan perhitungan sebesar 6,76 Ah dibagi *Equivalent Sun Hours* (ESH) selama 4 jam.

$$I_{\text{totalpanel}} = \frac{I_T}{ESH} = \frac{6,76Ah}{4 \text{jam}} = 1,69 \text{ A}$$

### 3.5.5 Pemilihan Panel Surya

Dilihat dari total beban yang cukup kecil, maka dalam perancangan ini menggunakan panel surya dengan daya 50 WP. Dapat dilihat dari tabel 3.1 spesifikasi dari panel surya tersebut.

### 3.5.6 Pemilihan *Solar Charge Controller*

Kapasitas arus yang mengalir pada SCC dapat ditentukan dengan mengetahui beban maksimal yang terpasang. Maka arus kapasitas arus yang mengalir pada SCC yaitu :

$$I_{SCC} = I_T = 0,617 \text{ A}$$

### 3.5.7 Perhitungan Kapasitas Baterai

Karena pada umumnya baterai mempunyai kemampuan menyimpan daya / *Deep of Discharge* (DOD) sebesar 80%, arus baterai dibagi faktor 0,8, maka menghasilkan arus baterai sebesar 7,0425 Ah.

$$\begin{aligned} C_{\text{baterai}} &= \frac{I_T}{DOD} \times 100\% \\ &= \frac{5,634Ah}{80\%} \times 100\% \\ &= 7,0425 \text{ Ah} \end{aligned}$$

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Solar Panel Dengan Menutup Permukaan Solar

Pengujian solar panel dengan menutup permukaan solar yaitu bertujuan untuk mengetahui pada tegangan berapa solar panel akan berhenti mengisi baterai aki. Pengujian dilakukan dengan memperhatikan kondisi radiasi matahari dan suhu ambient.



**Gambar 8.** Pengujian Solar Panel dengan Menutup Permukaan Solar

**Tabel 4.** Pengujian Penutupan Solar Panel Pada Kondisi Cerah

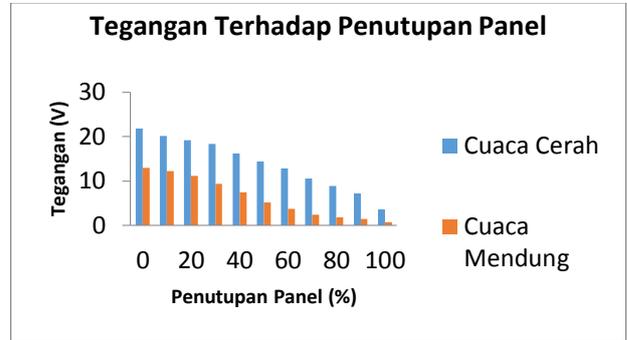
No	Radiasi (W/m <sup>2</sup> )	Suhu (°C)	Penutupan Panel (%)	Tegangan	Arus	Kondisi
1	812.4	33.7	0	21.1	0.822	Terhubung
2			10	20.2	0.787	Terhubung
3			20	19.2	0.755	Terhubung
4			30	18.3	0.736	Terhubung
5			40	17.2	0.701	Terhubung
6			50	14.4	0.685	Terhubung
7			60	12.8	0.673	Terhubung
8			70	10.6	0.664	Terhubung
9			80	8.9	0.63	Terhubung
10			90	7.2	0.602	Putus
11			100	3.6	0.576	Putus

Dapat dilihat dari tabel 4.1 yaitu pada tanggal 23 Desember 2020 pukul 11.30 WIB saat kondisi cuaca cerah dengan radiasi sebesar 812,4 dan suhu 33,7°C, solar panel akan berhenti mengisi aki dengan menutup 90% solar yang menghasilkan tegangan sebesar 7,2 Volt.

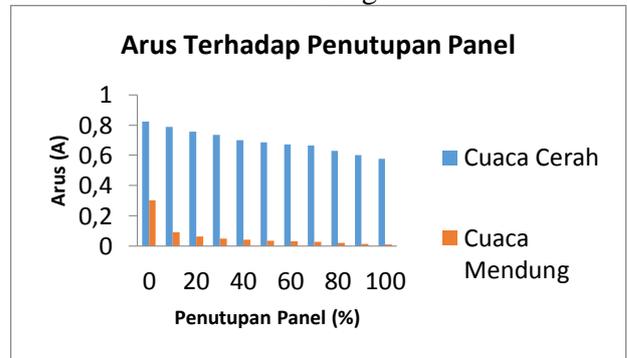
**Tabel 5.** Pengujian Penutupan Solar Panel Pada Kondisi Cerah

No	Radiasi (W/m <sup>2</sup> )	Suhu (°C)	Penutupan Panel (%)	Tegangan	Arus	Kondisi
1	242.4	31.9	0	13	0.302	terhubung
2			10	12.8	0.091	terhubung
3			20	11.2	0.065	terhubung
4			30	9.4	0.05	terhubung
5			40	7.5	0.042	putus
6			50	5.2	0.035	putus
7			60	3.8	0.031	putus
8			70	2.5	0.027	putus
9			80	1.9	0.022	putus
10			90	1.5	0.015	putus
11			100	0.8	0.012	putus

Dapat dilihat dari tabel 4.2 yaitu pada tanggal 28 Desember 2020 pukul 11.00 WIB saat kondisi cuaca mendung dengan radiasi sebesar 242,4 dan suhu 31,9°C, solar panel akan berhenti mengisi aki dengan menutup 40% solar yang menghasilkan tegangan sebesar 7,5 Volt.



**Gambar 9.** Grafik Tegangan Terhadap Penutupan Panel Saat Cuaca Cerah Dan Mendung



**Gambar 10.** Grafik Arus Terhadap Penutupan Panel Saat Cuaca Cerah Dan Mendung

## V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian solar panel dengan menutup permukaan solar, dapat diketahui pada tanggal 23 Desember 2020 pukul 11.30 WIB saat cuaca cerah dengan radiasi sebesar 812,4 W/m<sup>2</sup> dan suhu 33,7°C, solar panel akan berhenti mengisi aki dengan menutup 90% solar yang menghasilkan tegangan sebesar 7,2 Volt.
2. Pada tanggal 23 Desember 2020 pukul 11.30 WIB saat kondisi cuaca mendung dengan radiasi sebesar 242,4 W/m<sup>2</sup> dan suhu 31,9°C, solar panel akan berhenti mengisi

aki dengan menutup 40% solar yang menghasilkan tegangan sebesar 7,5 Volt.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bansai, NK, et al., (1990), *Renewable Energy Sources And Conversion Technology*, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Limited, New Delhi.
- Beny, D. M., (2015). Perancangan dan Realisasi Kebutuhan Kapasitas Baterai untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Reka Elkomika* Vol. 3 No. 2.
- Hadisyahputra, F., (2017). Perancangan Catu Daya Dengan Penambahan Panel Surya Pada *Smart Traffic Light*. *Jom FTEKNIK* Vol. 4 No. 2 Oktober 2017.
- Hamdani, D., (2011). Analisis Kerja Solar Photovoltaic System (SPS) Berdasarkan Tinjauan Efisiensi Energi Dan Eksergi. *Jurnal Material dan Energi Indonesia* Vol. 01 No. 02 (2011) 84-92.
- Herdito, W. P. M., (2016). Perancangan Dan Implementasi Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Pada Skuter Beroda Dua Seimbang Otomatis Universitas Telkom. *e-Proceeding of Engineering* : Vol. 3, No. 2 Agustus 2016.
- Luis-Hernandez-Callejo, S. G. -S. -G. (2019). *A Review of Photovoltaic Systems: Design, Operation and Maintenance. Solar Energy*, 426-440.
- Setiono, I., (2015). Akumulator, Pemakaian dan Perawatannya. *METANA*, Vol. 11 No. 01 Juli 2015, Hal. 31-36.
- Simanullang, D. P. H., (2018). Pengujian Panel Fotovoltaik Dengan Variasi Sudut Kemiringan. *Jom FTEKNIK* Volume 5 Edisi 1 Januari s/d Juni 2018.
- Satryawan, H. (2018). Perancangan Solar Home System Di Daerah Terpencil Nusa Tenggara Barat.