

**TUGAS AKHIR**  
**PERANCANGAN POMPA AIR AQUARIUM MENGGUNAKAN**  
**PANEL SURYA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelara Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**INDRA GUNAWAN**  
**1507220130**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Indra Gunawan  
NPM : 1507220130  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : PERANCANGAN POMPA AIR AQUARIUM  
MENGUNAKAN PANEL SURYA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 September 2019

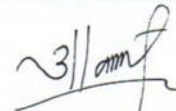
Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Partonon Harahap, S.T, M.T

Dosen Pembimbing II



DR.M.Fitra Zambak, S.T, M.Sc

Dosen Pembanding I



Ir.Abdul Azis Hutasuhut, M.M


Dosen Pembanding II



M.Safril, S.T, M.T

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Faisal Irsan P, S.T, M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Indra Gunawan  
Tempat/Tanggal Lahir : Sei Suka Deras / 16 Juli 1997  
NPM : 1507220130  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“PERANCANGAN POMPA AIR AQUARIUM MENGGUNAKAN PANEL SURYA”,**

Dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di salah satu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Medan, 25 September 2019

Saya yang menyatakan,



Indra Gunawan

## **ABSTRAK**

*Secara umum teknologi surya dapat di bedakan menjadi dua bagian, yaitu teknologi pasif dan teknologi aktif, tergantung pada penyerapan, konversi, dan penyaluran cahaya matahari. Teknologi aktif meningkatkan persediaan listrik sedangkan teknologi pasif mengurangi kebutuhan sumber daya alam lain dan disebut sebagai teknologi sisi permintaan. Dari hasil pengukuran tegangan dan arus pada panel surya selama dua hari, peneliti memperoleh nilai rata-rata berdasarkan perhitungan yaitu pada hari pertama dengan nilai rata-rata tegangan 16,1 Volt, arus 2 Ampere, dan daya 26 Watt. Hari kedua dengan nilai rata-rata tegangan 14,7 Volt, arus 1,7 Ampere, dan daya 20 Watt. Sedangkan dari hasil perhitungan daya rata-rata pada inverter yang telah di lakukan, hari pertama peneliti memperoleh daya sebesar 462 Watt, hari kedua memperoleh daya sebesar 428 Watt, dan dari hasil perhitungan daya yang terpakai pada pompa air aquarium selama 24 jam/satu hari, peneliti memperoleh pemakaian daya sebesar 0,432 kWh dalam satu hari.*

***Kata Kunci : Pompa Air, PLTS, Inverter, Tegangan, Arus dan Daya.***

## ABSTRACT

*In general, solar technology can be divided into two parts, namely passive technology and active technology, depending on the absorption, conversion, and distribution of sunlight. Active technology increases electricity supply while passive technology reduces the need for other natural resources and is referred to as demand side technology. From the results of measuring voltage and current on the solar panel for two days, researchers obtained an average value based on the calculation that is on the first day with an average value of 16.1 Volts, 2 Amperes, and 26 Watts. The second day with an average value of 14.7 volts, 1.7 Amperes and 20 Watts. While the results of the calculation of the average power on the inverter that has been done, the first day researchers obtained power of 462 Watts, the second day obtained power of 428 Watts, and from the results of the calculation of the power used in aquarium water pumps for 24 hours / one day, researchers obtained a power consumption of 0.432 kWh in one day.*

*Keywords: Water Pump, PLTS, Inverter, Voltage, Current and Power.*

## KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “**PERANCANGAN POMPA AIR AQUARIUM MENGGUNAKAN PANEL SURYA** ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orangtua penulis: Edy Wijaya dan Wisdarlina, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Bapak Partaonan Harahap, S.T.M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak DR. M. Fitra Zambak, ST, M.Sc selaku Dosen Pimbimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.4
5. Bapak M. Syafril, ST. MT, selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Diprogram Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Rekan-rekan Stambuk 2015 : Trisia Rani, Kiki Utama Putra, Guntur Amanda, M. Malka Fitrah Rishanda, Ahmad Khirul Pulungan, Pika Aprillia Caniago dan lainnya yang tidak mungkin nama nya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Elektro.

Medan, 07 Agustus, 2019



( Indra Gunawan )

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....	7
2.2 Solar Cell ( <i>Photovoltaic</i> ) .....	10
2.2.1 Prinsip Dasar Solar Cell ( <i>Photovoltaic</i> ) Dari Bahan Silicon .....	11
2.2.1 Prinsip Dasar Solar Cell ( <i>Photovoltaic</i> ) Dari Bahan Tembaga .....	13
2.3.2 Prinsip Kerja Cell Surya Silikon .....	14
2.3 Sistem Instalasi Solar Cell .....	15
2.3.1 Rangkain Seri Solar Cell .....	15
2.3.2 Rangkain Paralel Solar Cell.....	16
2.3.3 Faktor Daya .....	17
2.4 Performasi Cell Surya .....	19
2.5 Inverter .....	20
2.5.1 Prinsip Kerja Inverter .....	22
2.6 MPPT Solar Charge Controller.....	22
2.7 Baterai .....	24
2.8 Pompa Air Aquarium.....	25
2.8.1 Cara Kerje Pompa Air Aquarium .....	27
2.9 Tang Ampere .....	27
2.10 MCB AC Dan MCB DC .....	29
2.11 Kabel Penghubung .....	31
2.12 Stop Kontak .....	32
2.13 Multimeter.....	32
2.14 Binding Post.....	34



<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian .....	35
3.2 Peralatan Dan Bahan Penelitian .....	35
3.2.1 Jenis Data Penelitian .....	35
3.2.2 Bahan-Bahan .....	37
3.3 Tahap Perancangan Material .....	39
3.4 Rangkain Penelitian .....	40
3.5 Flowchart Penelitian .....	41
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Penelitian Hari Pertama .....	44
4.1.1 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Panel Surya .....	45
4.1.2 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Inverter .....	47
4.1.3 Menghitung Daya Yang Terpakai Pompa Air Aquarium selama 24 Jam Pada .....	48
4.2 Penelitian Hari Kedua .....	49
4.2.1 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada panel Surya .....	51
4.2.2 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Inverter .....	52
4.2.3 Menghitung Daya Yang Terpakai Pompa Air Aquarium selama 24 Jam Pada .....	54
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Saran .....	59
<b>Daftar Pustaka</b>	
<b>Lampiran</b>	

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Hari Pertama Dengan Beban Pompa Air Aqurium .....	44
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Hari Kedua Dengan Beban Pompa Air Aquarium .....	49
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Panel Surya.....	54
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Pompa Air Aquarium .....	56

## DAFTAR GAMBAR

## Halaman

Gambar 2.1 Skema Solar Cell.....	11
Gambar 2.2 Cara Kerja Solar Cell Dari Bahan Silikon .....	11
Gambar 2.3 Semikonduktor Tipe-P (Kiri) Dan Tipe-N (Kanan) .....	12
Gamabr 2.4 Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Deplesi .....	13
Gambar 2.5 Cara Kerja Cell Surya Silikon .....	15
Gambar 2.6 Hubungan Seri .....	16
Gambar 2.7 Hubungan Paralel .....	16
Gambar 2.8 Segitiga Daya .....	18
Gambar 2.9 Karakteristik Kurva I-V Pada Cell Surya .....	19
Gambar 2.10 Inverter .....	21
Gambar 2.11 Prinsip Kerja Inverter .....	22
Gambar 2.12 MPPT Solar Charge Controler .....	23
Gambar 2.13 Baterai Dan Elemen-Elementnya .....	25
Gambar 2.14 Pompa Air Aquarium .....	26
Gambar 2.15 Tang Ampere.....	29
Gambar 2.16 MCB AC Dan MCB DC .....	30
Gambar 2.17 Kabel Penghubung .....	32
Gambar 2.18 Stop Kontak.....	22
Gambar 2.19 Multimeter Digital .....	33
Gambar 2.20 Binding Post.....	34
Gambar 3.1 Dau Buah Panel Surya Polycrystalline Solar Module .....	37
Gambar 3.2 Pompa Air Aquarium Celup.....	38
Gambar 3.3 Sistem Rangkain Pengujian.....	40
Gambar 3.4 Flowchart Penelitian .....	41
Grafik 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Dan Pompa Air Aquarium.....	45
Grafik 4.2 Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Dan Pompa Air Aquarium.....	45
Grafik 4.3 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Panel Surya Dan Pompa Air Aquarium.....	50
Grafik 4.4 Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Dan Pompa Air Aquarium.....	50
Grafik 4.5 Hasil Perhitungan Tegangan Rata-Rata Panel Surya.....	54
Grafik 4.6 Hasil Perhitungan Arus Rata-Rata Panel Surya.....	55
Grafik 4.7 Hasil Perhitungan Daya Rata-Rata Panel Surya.....	55
Grafik 4.8 Hasil Perhitungan Tegangan Rata-Rata Pompa Air Aquarium .....	56
Grafik 4.9 Hasil Perhitungan Arus Rata-Rata Pompa Air Aquarium .....	57
Grafik 4.10 Hasil Perhitungan Daya Rata-Rata Pompa Air Aquarium .....	57

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Cahaya matahari sangat melimpah jumlahnya dan bahkan untuk negara tropis, penyinaran matahari hampir sepanjang tahun. Oleh karena itu pembangkit listrik tenaga surya sangat cocok untuk di aplikasikan di indonesia. Tenaga surya juga memiliki beberapa keuntungan antara lain energinya tersedia cuma-cuma, perawatannya sangat mudah dan tidak ada komponen yang bergerak sehingga tidak menimbulkan suara atau kebisingan, serta mampu bekerja secara otomatis.

Akan tetapi tenaga surya juga memiliki kendala yaitu energi yang dihasilkan tergantung pada intensitas cahaya matahari yang tidak tersedia 24 jam/sehari sehingga di perlukan suatu media penyimpanan energi berupa baterai sebagai sumber pada saat intensitas cahaya menurun atau bahkan tidak ada sama sekali.

Secara umum teknologi surya dapat di bedakan menjadi dua bagian, yaitu teknologi pasif dan teknologi aktif, tergantung pada penyerapan, konversi, dan penyaluran cahaya matahari. Teknologi aktif meningkatkan persediaan listrik sedangkan teknologi pasif mengurangi kebutuhan sumber daya alam dan disebut sebagai teknologi sisi permintaan.

Penggunaan energi surya ini sebagai sumber energi listrik yang dapat menjamin ketersediaan suplay listrik untuk menggerakkan pompa air aquarium. Panel surya juga sumber energi yang praktis dan ramah lingkungan mengingat tidak membutuhkan tranmisi seperti jaringan listrik konvensional, karena dapat di pasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan.

Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya adalah ketinggian tempat dari permukaan laut, suhu udara, kabut (berawan tebal), dan kadar polusi udara. Posisi kemiringan panel surya juga dapat menentukan daya yang dihasilkan panel surya. Kemiringan panel surya dapat ditentukan dari garis lintang lokasi pemasangan panel surya.[1]

Kapasitas daya dari panel surya dilambangkan dalam *watt peak* (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian internasional yaitu *Standard Test Condition* (STC). Radiasi sinar matahari sangat mempengaruhi arus yang dihasilkan oleh panel surya. Semakin tinggi radiasi matahari maka semakin tinggi pula arus yang dihasilkan. Sistem pompa air tenaga surya merupakan pompa air yang memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber energinya. Pompa air tenaga surya juga diklasifikasikan menurut debit head (H) dan output, daya yang diperlukan, dan jenis panel PV. *Cell* surya dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori sesuai dengan jenis kristal: *monocrystalline* efisiensi 17%, *polycrystalline* efisiensi 15%, dan *amorf* efisiensi 7%.[2]

Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda-beda tergantung dari jumlah *cell* surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah *cell* surya yang dipasang di dalam panel surya dan banyaknya sinyal matahari yang menyinari panel surya tersebut. Prinsip kerja PLTS energi surya diserap oleh *cell* surya yang masuk kedalam solar *cell*, energi yang diserap *cell* surya menghasilkan keluaran tegangan DC output Positif (+) dan Negatif (-).[2]

Apabila tegangan digunakan untuk menyuplai pompa air aquarium maka di perlukan peralatan tambahan untuk mengkonversikan tegangan DC menjadi AC. Untuk menyesuaikan tegangan AC tersebut maka ditambah inverter. Maka dengan demikian penulis melakukan penelitian yang berjudul **Perancangan Pompa Air Aquarium Menggunakan Panel Surya.**

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pentingnya alat penggunaan panel surya sebagai sumber utama energi listrik untuk menggerakkan pompa air aquarium yang telah diuraikan pada latar belakang, maka perumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara memperoleh data dan besar tegangan , arus dan daya rata-rata pada panel surya?
2. Bagaimana cara mencari tegangan, arus dan daya rata-rata pada inverter?
3. Bagaimana cara mencari besar daya yang terpakai pada pompa air aquarium selama 24 jam?
4. Bagaimana penggunaan panel surya jika ditinjau dari segi keekonomisannya?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari perancangan tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui data pengukuran dan besar tegangan, arus dan daya rata-rata pada panel surya.
2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan, arus dan daya rata-rata yang dihasilkan inverter.

3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar daya yang terpakai pompa air aquarium selama 24 jam.
4. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seekonomis apa penggunaan panel surya pada pompa air aquarium.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang di harapkan pada perancangan ini yaitu :

1. Dapat mengetahui data pengukuran besar tegangan, arus dan daya rata-rata pada panel surya.
2. Untuk menambah pengetahuan dalam mencari tegangan, arus dan daya rata-rata pada inverter berdasarkan rumus yang ada.
3. Untuk mengetahui besar daya yang terpakai pada pompa air aquarium selama 24 jam.
4. Mampu memperlihatkan seekonomis apa penggunaan panel surya sebagai sumber tegangan pada pompa air aquarium.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Peneliti menggunakan 2 buah panel surya dengan tegangan masing-masing 16,5 Vmp dan beban yang digunakan pompa air aquarium dengan tegangan 220 Volt, frekuensi 50 Hz dan daya 18 Watt.
2. Peneliti hanya menghitung tegangan, arus dan daya rata-rata panel surya.
3. Peneliti hanya menghitung tegangan, arus dan daya rata-rata pada inverter.
4. Peneliti hanya menghitung besar daya yang terpakai pompa air aquarium selama 24 jam.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab yang berhubungan satu sama lain dan disusun secara terperinci serta di sistematik untuk memberikan gambaran dan mempermudah pembahasan Tugas Akhir Studi ini. Berikut adalah sistematik penulisan dari masing-masing bab, yaitu :

### **BAB I            PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan mengawali penulisan dengan menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II           TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memuat tentang kutipan dari penelitian terdahulu serta menguraikan tentang teori dasar-dasar umum tentang analisa penggunaan panel surya sebagai sumber energi listrik untuk menghidupkan pompa air aquarium.

### **BAB III        Metodologi Penelitian**

Bab ini berisikan tempat pembuatan alat, langkah-langkah pembuatan alat , dan meliputi langkah-langkah pengumpulan data.

### **BAB IV        Hasil dan pembahasan**

Bab ini akan menguraikan hasil analisa dari data yang telah diambil di lapangan, lalu menganalisanya. Dalam bab ini setidaknya-tidaknya memberikan jawaban atas pertanyaan pada rumusan masalah



**Bab V Penutup**

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dapat diambil setelah pembahasan seluruh masalah.

**Daftar Pustaka****Lampiran**

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Bambang Setiawan dkk melakukan penelitian ‘Rancang Bangun DC Submersible Pump Sistem *Photovoltaic Battery Coupled* Dengan Panel Surya Tipe *Polycrystalline* Skala Laboratorium. Sistem pompa air energi surya dengan *battery coupled* adalah suatu panel surya berfungsi mengubah energi surya menjadi energi listrik. Energi ini disimpan ke baterai sebagai sumber energi listrik untuk pompa air melalui *charge controller*. Penelitian diarahkan pada uji kinerja DC submersible pump sistem photovoltaic battery coupled dengan panel surya tipe polycrystalline skala laboratorium. Metoda penelitian pada tahap awal berupa perancangan model dan kemudian pengujian prototype model photovoltaic water pump tersebut.

Hasil perhitungan teoritik, daya yang mampu dibangkitkan oleh panel surya polycrystalline 50 Watt (power) adalah 45,5 watt dengan efisiensi 13%. Dari 3 kali pengujian panel surya *polycrystalline* 50 WP yang dilakukan dihari yang berbeda diketahui bahwa tegangan dan arus pada panel surya yang di uji berbeda-beda hasilnya tergantung dari kondisi cuaca, tepatnya sinar matahari yang mengenai panel surya. Nilai tertinggi didapatkan pada pengujian pertama didapatkan tegangan dihasilkan 20,7 volt, arus dihasilkan 2,39 ampere, dan daya dihasilkan 49,47 watt. Namun untuk nilai rata-rata hasil pengujian kedua, adalah yang terbaik diantara waktu pengujian yang lain dalam hal daya yang dihasilkan oleh panel surya *polycrystalline* 50 WP, yaitu 40,69 watt. Hasil uji pompa submersible, performa ESP dengan koneksi baterai lebih stabil hasilnya,

sedangkan koneksi tanpa baterai (langsung) akan menyebabkan performa yang bervariasi.[2]

Zian Iqtimal dkk melakukan penelitian ‘Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air’. Air merupakan kebutuhan pokok setiap manusia, baik untuk minum, memasak, mandi dan lain-lain. Maka setiap kehidupan tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan air. Umumnya masyarakat masih mengandalkan pompa air listrik yang disuplai dari listrik PLN. Kondisi listrik PLN tidak memungkinkan menyuplai energi listrik setiap waktu ke pompa air. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan suatu alternatif dengan memanfaatkan energi surya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan suatu sistem tenaga surya sebagai sumber energi listrik untuk pompa air. Rancang sistem tenaga surya ini menggunakan panel surya ST.50-PG, baterai GS Astra 10 Ah dan pompa air AC YRK-BP2512 12 Volt. Perancangan dimulai dari mencari data radiasi matahari setempat selama satu tahun sehingga dapat ditentukan jumlah panel surya yang diperlukan serta kapasitas peralatan lainnya. Listrik yang dihasilkan disimpan kedalam baterai dan dapat langsung digunakan untuk sumber listrik pompa air 60W yang bekerja selama 32 menit untuk mengisi tandon air sebesar 1.750 liter sesuai kebutuhan rata-rata perhari dalam satu rumah hunian.[1]

Subandi dan Slamet Hani melakukan penelitian ‘Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Panel’. Makalah ini membahas tentang aplikasi solar *cell* (sel surya) sebagai pembangkit listrik dengan sumber energi matahari. Listrik yang dihasilkan digunakan sebagai penggerak pompa air. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga

surya adalah dari cahaya matahari yang mengandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektron-elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan tegangan listrik. Arus listrik yang dihasilkan dari sel surya adalah arus searah (DC) sebagai pengisi baterai, yang selanjutnya arus searah (DC) tersebut diubah menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter. Tahap pengujian dilaksanakan dilapangan pemasangan dengan parameter pengujian berupa tegangan dan arus listrik.

Baterai diisi oleh solar *cell* sebagai hasil konversi energi matahari menjadi energi listrik. Tegangan yang dihasilkan solar *cell* berkisar 14,8-17,5 volt DC. Solar cell yang digunakan berupa panel jenis polikristal (*poly-crystalline*) dengan daya 50 Wp. Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber solar *cell*, walaupun tegangan yang dihasilkan solar *cell* 17 volt, tetapi ketika mengisi baterai sangat stabil dengan tegangan rata-rata 13,5V karena diatur oleh solar charger controller. Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 07.00WIB, kemudian akan mencapai level maksimum pada siang hari pukul 10.00-13.00WIB, dan mulai turun pada sore hari.[3]

Wayan Rinas dkk melakukan penelitaian, Rancang Bangun Baterai Charge Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS. Sistem pengangkat air dengan menggunakan sumber pembangkit listrik tenaga surya sudah banyak di lakukan oleh beberapa orang atau kelompok, namun pada malam hari panel surya tidak dapat mensuplai mesin pengangkat air karena tidak mendapatkan sinar matahari. Permasalahan yang terjadi adalah tidak dilengkapi dengan penyimpanan energi untuk sistem pengangkat air tersebut. Solusi untuk masalah ini adalah dengan membuat rancang bangun baterai charge

control untuk sistem tersebut. Metode dalam pembuatan sistem ini dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan hardware dan software. Hasil dari sistem charge control ini mampu melakukan untuk pengisian aki GS 12V 10Ah dengan arus pengisian mengikuti arus PLTS dengan rata-rata arus pengisian sebesar 2,065 A dan tegangan pengisian yang diberikan 13V selama 2 jam dan lama pengisian aki GS 12V, 10Ah untuk membackup beban pompa 60 Watt selama 1 jam 45 menit.[4]

## **2.2 Solar Cell (*Photovoltaic*)**

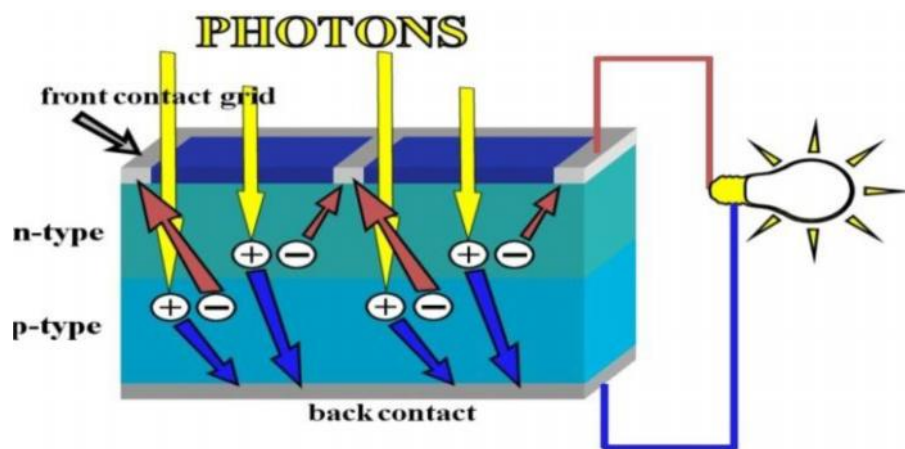
Solar *cell* atau panel surya adalah alat untuk mengkonversikan tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversikan radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak *cell* surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaiik. Solar *cell* mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu global warming. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapat secara gratis.



**Gambar 2.1 Skema Solar Cell.**

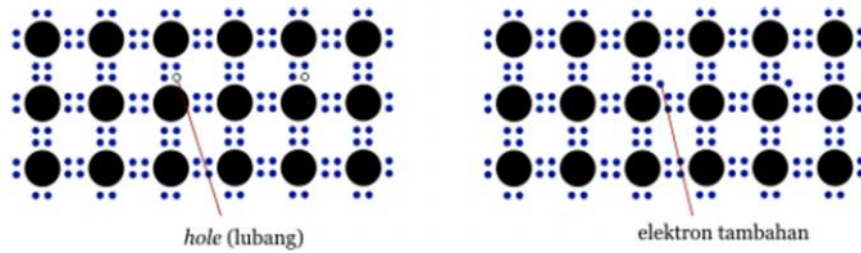
### 2.2.1 Prinsip Dasar Solar Cell (*Photovoltaic*) Dari Bahan Silikon.

Solar *cell* merupakan suatu perangkat semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam kristal dalam semikonduktor ketika diberikan sejumlah energy. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai *cell* surya adalah kristal silicon.[5]



**Gambar 2.2 Cara Kerja Solar Cell Dari Bahan Silikon**

### A. Semikonduktor Tipe P dan Tipe N

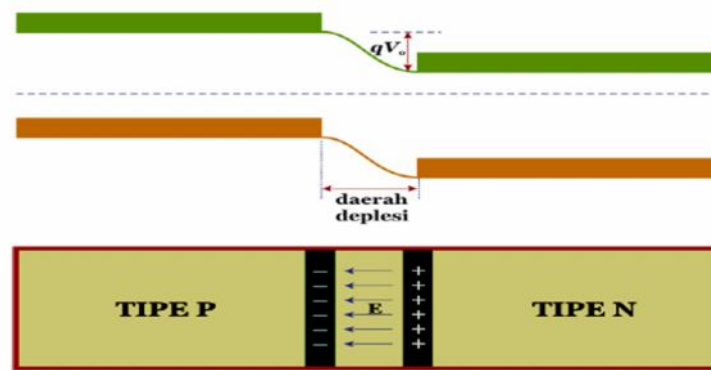


**Gambar 2.3 Semikonduktor Tipe-P (Kiri) dan Tipe-N (Kanan)**

Ketika suatu kristal silikon ditambahkan dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silikon yang mengakibatkan munculnya elektron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh arsen terhadap lingkungan sekitarnya, dalam hal ini adalah silikon. Semikonduktor jenis ini kemudian diberi nama semikonduktor tipe-n.

Hal yang sebaliknya terjadi jika kristal silikon ditambahkan oleh unsur golongan ketiga, misalnya boron, maka kurangnya elektron valensi boron dibanding dengan silikon mengakibatkan munculnya hole yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut. Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p. Adanya tambahan pembawa muatan tersebut mengakibatkan semikonduktor ini akan lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, baik pada semikonduktor tipe-n maupun tipe-p.[5]

## B. Sambungan P-N



**Gambar 2.4 Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Deplesi**

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disambungkan maka akan terjadi difusi hole dari tipe-p menuju tipe-n dan difusi elektron dari tipe-n menuju tipe-p. Difusi tersebut akan meningkatkan daerah yang lebih positif pada batas tipe-n dan daerah lebih negatif pada batas tipe-p. Adanya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah deplesi akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju difusi selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus drift. Arus drift yaitu arus yang dihasilkan karena kemunculan medan listrik. Namun arus ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut.[5]

### 2.2.2 Prinsip Dasar Solar Cell (Photovoltaic) Dari Bahan Tembaga

Photovoltaic berdasarkan bentuk dibagi dua, yaitu photovoltaic padat dan photovoltaic cair. Photovoltaic cair prinsip kerjanya hampir sama dengan prinsip elektrolisis, namun perbedaannya tidak adanya reaksi oksidasi dan reduksi secara bersamaan (redoks) yang terjadi melainkan terjadinya pelepasan elektron saat terjadi penyinaran oleh cahaya matahari dari pita valensi (keadaan dasar) ke pita

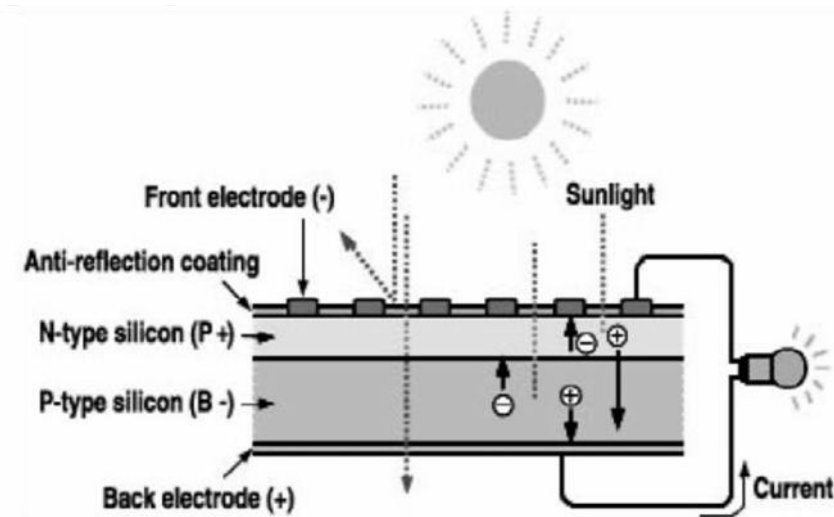


konduksi (keadaan elektron bebas) yang mengakibatkan terjadinya perbedaan potensial dan akhirnya menimbulkan arus. Pada solar *cell* cair dari bahan tembaga terdapat dua buah tembaga yaitu tembaga konduktor dan tembaga semikonduktor. Tembaga semikonduktor akan menghasilkan muatan elektron negatif jika terkena cahaya matahari, sedangkan tembaga konduktor akan menghasilkan muatan elektron positif. Karena adanya perbedaan potensial akhirnya akan menimbulkan arus.

### **2.2.3 Prinsip Kerja Cell Surya**

Prinsip kerja *cell* surya adalah berdasarkan konsep semikonduktor p-n junction. *Cell* terdiri dari lapisan semikonduktor doping-n dan doping-p yang membentuk p-n junction, lapisan antirefleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-n (elektron dan tipe-p (hole)).

Semikonduktor tipe-n didapat dengan mendoping silikon dengan unsur dari golongan V sehingga terdapat kelebihan elektron valensi dibanding atom sekitar. Pada sisi lain semikonduktor tipe-p didapat dengan doping oleh golongan III sehingga elektron valensinya defisit satu dibanding atom sekitar. Ketika dua tipe material tersebut mengalami kontak maka kelebihan elektron dari tipe-n berdifusi pada tipe-p. Sehingga area doping-n akan bermuatan positif sedangkan area doping-p akan bermuatan negatif. Medan elektrik yang terjadi pada keduanya mendorong elektron kembali ke daerah-n dan hole ke daerah-p. Pada proses ini telah terbentuk p-n junction. Dengan menambahkan kontak logam pada area p dan n maka telah terbentuk dioda.



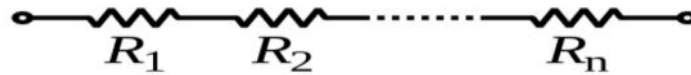
**Gambar 2.5 Cara Kerja Panel Surya Silikon**

Ketika junction disinari, photon yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi material tersebut akan menyebabkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan hole pada pita valensi. Elektron dan hold ini dapat bergerak dalam material sehingga manghasilkan pasangan elektron-hole. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal *cell* surya, maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir. Skema cara kerja sel surya dapat dilihat dari gambar 2.5.[6]

## **2.3 Sistem Instalasi Solar Cell**

### **2.3.1 Rangkaian Seri Solar Cell**

Hubungan seri suatu *cell* surya didapat apabila bagian depan (+) sel surya utama dihubungkan dengan bagian belakang (-) sel surya kedua. Hubungan seri dari *cell* surya dapat dilihat pada gambar 2.6.[7]



**Gambar 2.6 Hubungan Seri**

Tegangan *cell* surya dijumlahkan apabila dihubungkan seri satu sama lain.

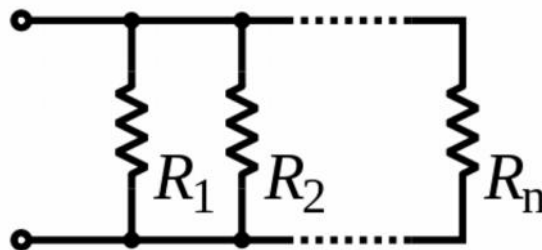
$$U_{total} = U_1 + U_2 + U_3 + U_n \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Arus *cell* surya sama apabila dihubungkan seri satu samalain.

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 = I_n \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

### 2.3.2 Rangkaian Paralel Solar Cell

Rangkaian paralel solar *cell* didapat apabila terminal kutub positif dan negatif solar *cell* dihubungkan satu sama lain. Hubungan paralel dari solar *cell* dapat dilihat pada Gambar 2.7[7]



**Gambar 2.7 Hubungan Paralel**

Tegangan solar *cell* yang dihubungkan paralel sama dengan satu solar *cell*.

$$U_{total} = U_1 = U_2 = U_3 = U_n \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Arus yang timbul dari hubungan ini langsung dijumlahkan.

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

### 2.3.3 Faktor Daya

Faktor daya merupakan salah satu indikator baik buruknya kualitas daya listrik. Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif ( $W$ ) dengan daya semu/daya total ( $VA$ ) atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total.[8]

Peningkatan daya reaktif akan meningkatkan sudut antara daya aktif dan daya semu sehingga dengan daya aktif yang tetap akan mengakibatkan peningkatan daya semu yang akan dikirimkan. Dengan kata lain akan menurunkan efisiensi dari sistem distribusi ketenagalistrikan. Factor daya juga disimbolkan sebagai  $\cos \phi$ .

Nilai faktor daya tertinggi adalah 1. Sistem dengan faktor daya seperti ini memiliki efisiensi yang sangat baik dimana hal ini berarti daya total/semu ( $VA$ ) yang di bangkitkan digunakan secara utuh pada beban resistif ( $W$ ).

Daya aktif adalah daya yang benar benar digunakan dan terukur pada beban. Daya aktif dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa atau tiga fasa. Secara sistematis dapat ditulis :

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } P = V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \sqrt{3}$$

Keterangan :

$$P = \text{Daya aktif ( W )}$$

$$V = \text{Tegangan ( V )}$$

$$I = \text{Arus ( A )}$$

$$\cos \phi = \text{Faktor Daya}$$

Daya semu adalah nilai tenaga listrik yang melalui suatu penghantar. Daya semu merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus yang melalui penghantar. Daya semu dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa dan tiga fasa. Secara matematis dapat dituliskan :

$$\text{Untuk 1 fasa : } S = V \cdot I \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } S = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

Keterangan :

$$S = \text{Daya Semu ( VA )}$$

$$V = \text{Tegangan ( V )}$$

$$I = \text{Arus ( A )}$$

Daya reaktif adalah hasil perkalian dari tegangan dan arus dengan vektor daya. Secara matematis dapat dituliskan :

$$\text{Untuk 1 fasa : } Q = V \cdot I \cdot \sin \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } Q = V \cdot I \cdot \sin \cdot \sqrt{3}$$

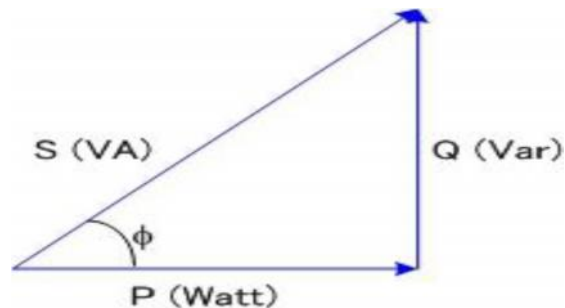
Keterangan :

$$Q = \text{Daya Reaktif ( VAR )}$$

$$V = \text{Tegangan ( V )}$$

$$I = \text{Arus ( A )}$$

$$\sin \quad = \text{Besaran Vektor Daya}$$

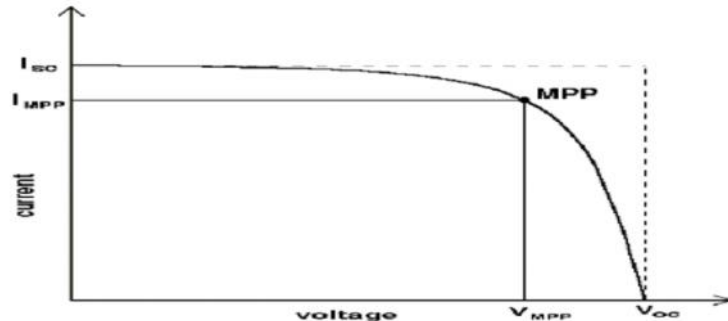


**Gambar 2.8 Segitiga Daya**

Segitiga daya dalam gambar 2.9 diperoleh dari segitiga impedansi yaitu dengan mengalihkan masing-masing sisinya dengan arus kuadrat. Proyeksi horizontal dari daya voltampere (VA) adalah daya nyata (W), sedangkan proyeksi vertikalnya adalah daya voltampere reaktif (VAR). Peralatan-peralatan suplai listrik seperti alternator dan transformator, rating dayanya tidak dinyatakan dalam satuan kilo watt karena beban-beban yang dilayaninya memiliki faktor daya bermacam-macam.

#### 2.4 Performasi Cell Surya

Daya listrik yang dihasilkan solar *cell* ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat solar *cell* tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban di waktu yang sama. Kemampuan ini dapat direpresentasikan dalam kurva arus-tegangan (I-V) [6].



**Gambar 2.9 Karakteristik Kurva I-V Pada Sel Surya**

Gambar kurva V-I diatas dapat dilihat pada sumbu horizontal adalah tegangan dan pada sumbu vertikal adalah arus. Kurva diatas pada saat sinar matahari maksimal atau pada suhu yang menyinari panel surya 25 derajat celcius.[1]

Ketika *cell* dalam kondisi short circuit, arus maksimum atau arus short circuit ( $I_{sc}$ ) dihasilkan, sedangkan pada kondisi open circuit tidak ada arus yang

dapat mengalir sehingga tegangannya maksimum. Disebut tegangan oven circuit (Voc). Titik pada kurva I-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (MPP) [6]. Karakter penting lainnya dari *cell* surya yaitu fill factor (FF), dengan persamaan :

$$FF = \frac{V_{MPP} \times I_{MPP}}{V_{OC} \times I_{SC}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

V mp = tegangan maksimum (volt)

I mp = arus maksimum (Ampere)

P max = Daya Maksimum (watt)

Voc = Tegangan tanpa beban (volt)

Isc = arus hubung singkat ( Ampere)

FF = Fill factor

Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan 2.9.

$$P_{max} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \dots\dots\dots(2.9)$$

Sehingga efisiensi *cell* surya dapat dilihat pada persamaan 2.10.

$$\eta = \frac{P_{out}}{G \times A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

P = Daya (watt)

G = Intensitas matahari (watt/m<sup>2</sup>)

A = Luas Penampang panel surya (m<sup>2</sup>)

## 2.5 Inverter

Inverter merupakan suatu alat yang dipergunakan untuk mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC) dan frekuensinya dapat diatur. Inverter ini sendiri terdiri dari beberapa sirkuit penting yaitu sirkuit

converter yang berfungsi untuk mengubah daya komersial menjadi dc serta menghilangkan ripple yang terjadi pada arus ini serta sirkuit inverter yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi bolak-balik (AC) dengan frekuensi yang dapat diatur-aturl. Inverter juga memiliki sebuah sirkuit pengontrol. Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). Keluaran suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan masukan inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan multivibrator.[9]

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan inverter yaitu:

- a. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal.
- b. Input DC 12 Volt atau 24 Volt.
- c. *Sinewave* ataupun *square wave* output AC.

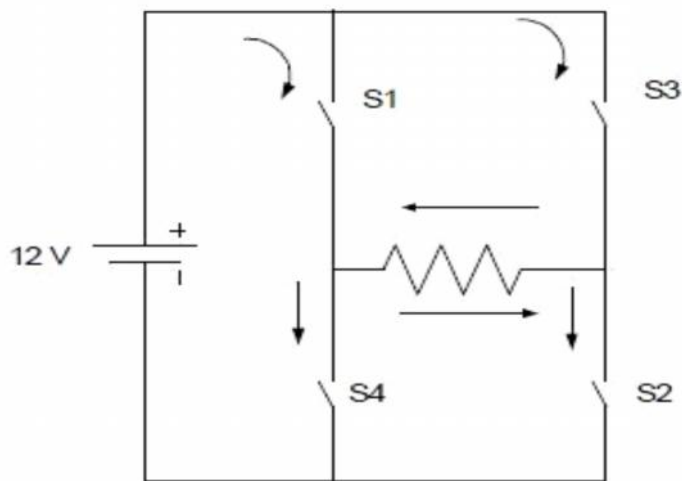


**Gambar 2.10 Inverter**



### 2.5.1 Prinsip Kerja Inverter

Prinsip kerja inverter dengan menggunakan 4 sakelar. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3 dan S4 maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa *pulse width modulation* (PWM) dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC.[10]



**Gambar 2.11 Prinsip Kerja Inverter**

### 2.6 MPPT Solar Charge Controller

Solar *charge controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban [6]. Solar *charge controller* mengatur *over charging* (kelebihan pengisian-karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari solar *cell*. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar *charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.



**Gambar 2.12 MPPT Solar Charge Controller**

Solar *cell* 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 24 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh *over charging* dan ketidak stabilan tegangan.

Beberapa fungsi detail dari solar *charge controller* adalah sebagai berikut :

- a. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging dan overvoltage.
- b. Mengatur arus yang dibebaskan diambil dari baterai agar baterai tidak full discharge dan overloading.
- c. Monitoring temperatur baterai.
- d. Full charge dan low voltage cut.

Solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. Solar *charge controller* akan mengisi baterai

sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Solar *charge controller* biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal ) yang terhubung dengan output solar *cell*, 1 output (2 terminal ) yang terhubung dengan baterai dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load).[9]

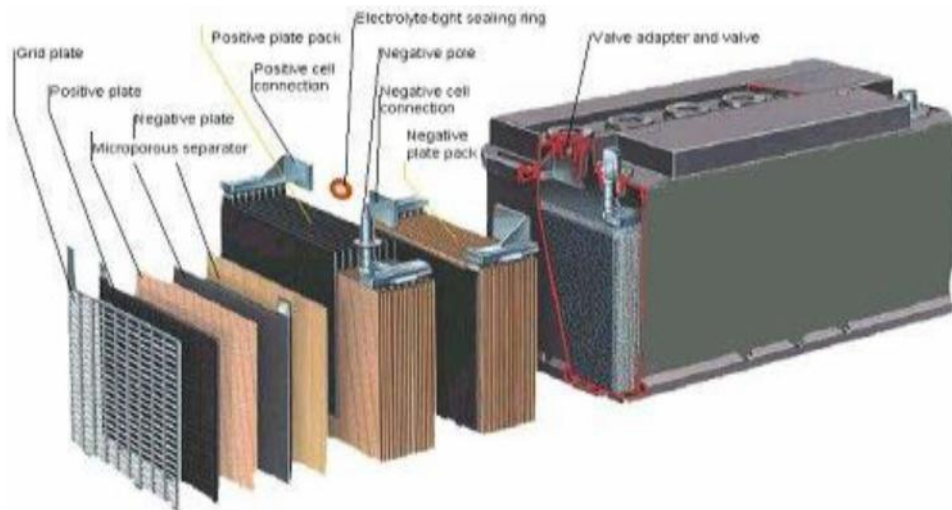
Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel *cell* surya karena biasanya ada dioda protection yang hanya melewatkan arus listrik DC dari solar *cell* ke baterai, bukan sebaliknya. Charge controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro.

## **2.7 Baterai**

Baterai adalah alat yang fungsinya untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang tidak langsung digunakan ke beban. Daya yang disimpan dapat digunakan saat periode radiasi matahari rendah atau pada malam hari. Komponen baterai kadang-kadang dinamakan akumulator (accumulator). Baterai menyimpan listrik dalam bentuk daya kimia. Baterai yang sering digunakan dalam aplikasi surya adalah baterai yang bebas pemeliharaan bertimbal asam (*maintenance-free lead-acid batteries*), yang juga dinamakan baterai recombinant atau VRLA (klep pengatur asam timbal atau valve regulated lead-acid).

Baterai memenuhi dua tujuan penting dalam sistem fotovoltaik, yaitu untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh array panel-panel surya, dan untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel-panel setiap kali daya itu melebihi beban. Baterai tersebut mengalami proses skills menyimpan dan mengeluarkan, tergantung pada ada atau tidak adanya

sinar matahari. Selama waktu adanya matahari, array panel menghasilkan daya listrik. Daya yang tidak digunakan dengan segera dipergunakan untuk mengisi baterai. Selama waktu tidak adanya matahari, permintaan daya listrik disediakan oleh baterai, dan baterai akan mengeluarkan daya tersebut.[6]



**Gambar 2.13 Baterai Dan Elemen-Elemennya**

## 2.8 Pompa Air Aquarium

Pompa adalah suatu peralatan mekanis yang digunakan untuk mengalirkan, memindahkan dan mensirkulasikan zat cair dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ketempat lainnya, contohnya memindahkan suatu zat dari dataran rendah ke dataran tinggi. Pengertian lain dari pompa air adalah alat yang merubah energi mekanik dari suatu alat penggerak menjadi energi potensial yang berupa head, sehingga zat cair tersebut memiliki tekanan sesuai dengan head yang dimilikinya.[4]

Pompa juga dapat digunakan pada proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan-peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah

pada sisi isap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi discharge akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan dan pada penggunaan pompa pada saat ini adalah Pompa Air Aquarium yang digunakan untuk daerah indor.[9]



**Gambar 2.14 Pompa Air Aquarium**

Untuk Pompa Air terbagi atas tiga kategori utama, yaitu:

1. Pompa Celup (*Submersible*) : Sun-Sub dan Sun-Buddy

*Sun-Sub* adalah submersible pump dengan total head dan debit yang lebih besar daripada *Sun-Buddy*. Pompa submersible cocok digunakan apabila kedalaman muka air tanah (water table) lebih dari 6 meter.

2. Pompa Permukaan (*Surface/Floating Pump*) : Sun-Ray dan CP

*Sun-Ray* adalah surface pump jenis *CP* yang dilengkapi dengan alat tambahan sehingga dapat mengapung sendiri di atas permukaan air. Jenis ini cocok digunakan untuk kedalaman muka air tanah kurang dari 6 meter.

3. Pompa Semi Celup : *Sun-Downer*

*Sun-Downer* adalah pompa yang motor dan drive headnya terletak di permukaan tanah, tetapi rotornya/pompanya terendam dalam sumber air,

hal ini mengakibatkan diperlukannya shaft tambahan, sehingga sering juga disebut *lineshaft pump*. [1]

### **2.8.1 Cara Kerja Pompa Air Aquarium**

Pompa aquarium juga memiliki cara kerja dalam beberapa mekanisme. Dan diantara mekanismenya adalah sebagai berikut :

a. Mekanisme awal

Cara kerjanya adalah dengan dibagian fungsi dinamo pada mesin pompa aquarium. Dinamo tersebut akan bergerak dengan adanya fasilitas daya listrik pada pompa. Fungsinya untuk menarik air agar masuk pada mesin filter, dan air hanya akan berputar-putar di sana.

b. Mekanisme Pertengahan

Setelah dynamo bekerja, maka akan terjadi stabilitas perputaran air secara berkala. Maka pada saat itu, proses penyaringan air kotor pun terjadi. Proses penyaringan ini memang sangat penting agar air di dalam aquarium tetap bersih.

c. Mekanisme Akhir

Nah yang terakhir ini setelah air disaring, maka hasil airnya akan kembali masuk ke dalam aquarium. Jadi air dalam aquarium tersebut tetap dalam kondisi bersih dan bebas dari bakteri yang sangat membahayakan ikan.

### **2.9 Tang Ampere**

Tang Ampere atau dalam bahasa Inggrisnya disebut dengan Clamp Meter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur arus listrik pada sebuah kabel konduktor yang dialiri arus listrik dengan menggunakan dua rahang penjepitnya (*Clamp*) tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listriknya.

Dengan demikian, kita tidak perlu mengganggu rangkaian listrik yang akan diukur, cukup dengan ditempatkan pada sekeliling kabel listrik yang akan diukur. Pada umumnya, Tang ampere yang terdapat di pasaran memiliki fungsi sebagai multimeter juga. Jadi selain terdapat dua rahang penjepit, clamp meter juga memiliki dua probe yang dapat digunakan untuk mengukur resistansi, tegangan AC, tegangan DC dan bahkan ada model tertentu yang dapat mengukur frekuensi, arus listrik DC, kapasitansi dan Suhu.

Prinsip kerja tang ampere, pada dasarnya tang ampere menggunakan prinsip induksi magnetik untuk menghasilkan pengukuran non-kontak terhadap arus listrik AC. Arus listrik yang mengalir di kabel konduktor akan menghasilkan medan magnet. Seperti yang diketahui bahwa, arus AC adalah arus dengan polaritas yang bolak-balik, hal ini akan menyebabkan fluktuasi dinamis dalam medan magnet yang sebanding dengan aliran arus listriknya. Sebuah transformator yang terdapat di dalam clamp meter/tang ampere akan merasakan fluktuasi magnet tersebut dan kemudian mengkonversikannya menjadi nilai ampere (arus listrik) sehingga kita dapat membacanya di layar clamp meter. Cara Pengukuran dengan teknologi ini sangat mempermudah kita dalam mengukur arus listrik AC terutama pada arus listrik AC yang tinggi.

Keakuratan pada suatu alat ukur merupakan hal yang sangat penting dalam rangka menjamin hasil pengukuran yang didapatkan adalah benar dan valid serta dapat dipertanggung jawabkan[11]. Oleh karena itu suatu alat ukur perlu memiliki nilai ketidakpastian dan ketelusuran kepada standar nasional atau standar internasional.



**Gambar 2.15 Tang Ampere**

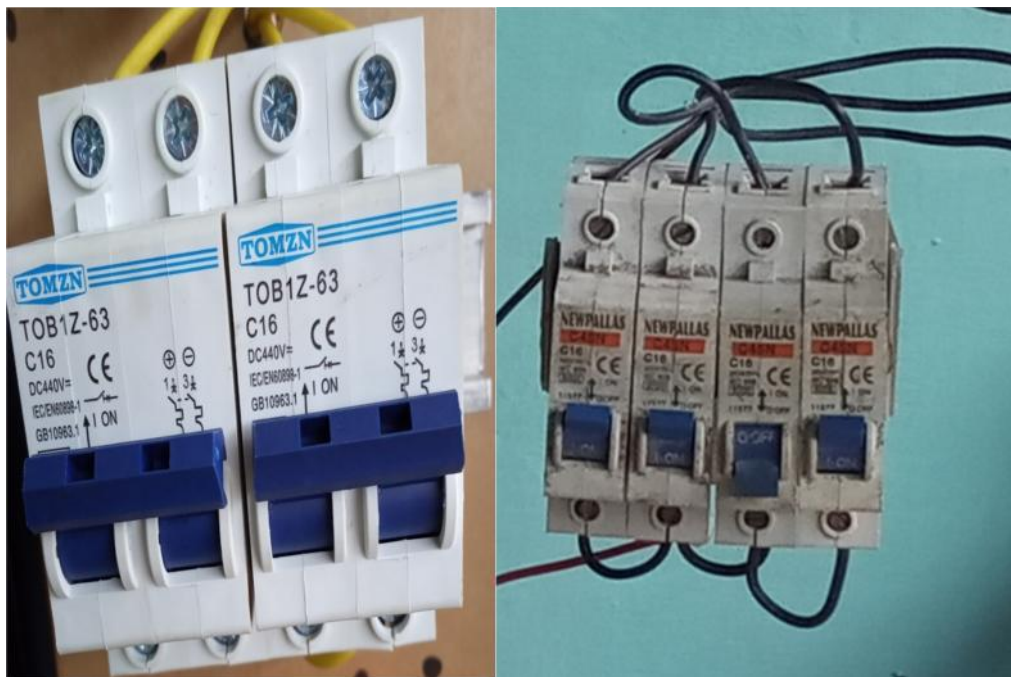
## **2.10 MCB AC Dan MCB DC**

MCB (Miniature Circuit Breaker) adalah saklar atau perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (*over current*). Terjadinya arus lebih ini, mungkin disebabkan oleh beberapa gejala, seperti: hubung singkat (*short circuit*) dan beban lebih (*overload*). MCB sebenarnya memiliki fungsi yang sama dengan sekering (*fuse*), yaitu akan memutus aliran arus listrik circuit ketika terjadi gangguan arus lebih. Yang membedakan keduanya adalah saat terjadi gangguan, MCB akan trip dan ketika rangkaian sudah normal, MCB bisa di ON-kan lagi (*reset*) secara manual, sedangkan fuse akan terputus dan tidak bisa digunakan lagi. MCB biasa diaplikasikan atau digunakan pada instalasi rumah tinggal, pada instalasi penerangan, pada instalasi motor listrik di industri dan lain sebagainya.

Prinsip kerja MCB sangat sederhana, ketika ada arus lebih maka arus lebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal, saat terkena panas bimetal akan melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*). Selain bimetal, pada



MCB biasanya juga terdapat solenoid yang akan mengtripkan MCB ketika terjadi grounding (*ground fault*) atau hubung singkat (*short circuit*). Namun penting juga untuk di ingat, bahwa MCB juga bisa trip dengan panas (*over heating*) yang diakibatkan karena kesalahan desain/perencanaan instalasi, seperti ukuran kabel yang terlalu kecil untuk digunakan dalam arus yang tinggi, sehingga menghasilkan panas, yang lama-kelamaan akan melekungkan bimetal dan mengtripkan MCB. Oleh karena itu penggunaan kabel instalasi juga harus memperhatikan standar maksimum arus (A) kabel yang akan digunakan, dan arus kabel tersebut tidak boleh lebih kecil dari arus maksimum rangkaian/circuit.



**Gambar 2.16 MCB AC Dan MCB DC**

Menurut karakteristik Tripnya, ada tiga tipe utama dari MCB, yaitu: tipe B, tipe C, dan tipe D yang didefinisikan dalam IEC 60898.

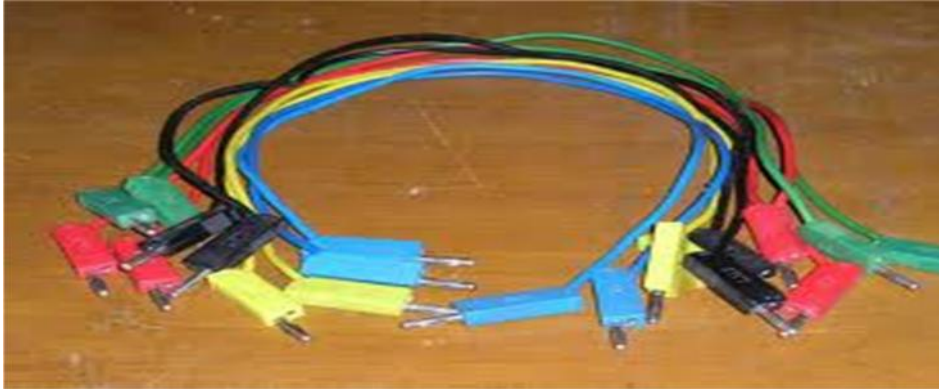
1. MCB Tipe B, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum atau arus nominal MCB. MCB

tipe B merupakan karakteristik trip tipe standar yang biasa digunakan pada bangunan domestik.

2. MCB Tipe C, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe ini akan menguntungkan bila digunakan pada peralatan listrik dengan arus yang lebih tinggi, seperti lampu, motor dan lain sebagainya.
3. MCB tipe D, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 8 sampai 12 kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe D merupakan karakteristik trip yang biasa digunakan pada peralatan listrik yang dapat menghasilkan lonjakan arus kuat seperti, transformator, dan kapasitor.

### **2.11 Kabel Penghubung**

Pada rangkaian kelistrikan membutuhkan sebuah komponen untuk menghubungkan antara komponen-komponen satu dengan yang lainnya yang ada di dalam sistem kelistrikan kelistrikan tersebut. Untuk itulah maka pada rangkaian kelistrikan dibutuhkan kabel. Kabel merupakan komponen penghantar arus listrik yang terisolasi dan berfungsi untuk menghubungkan antara komponen satu dengan yang lainnya pada sebuah rangkaian kelistrikan. Alat ini digunakan oleh perakit dengan cara mencolokkan atau menghubungkan ujung kabel pada kedua benda yang akan mengalirkan dan dialiri listrik.



**Gambar 2.17 Kabel Penghubung**

### **2.12 Stop Sontak**

Stop kontak merupakan komponen listrik yang berfungsi sebagai muara hubungan antara alat listrik dengan aliran listrik. Agar alat listrik terhubung dengan stop kontak, maka diperlukan kabel dan steker atau colokan yang nantinya akan ditancapkan pada stop kontak.



**Gambar 2.18 Stop Kontak**

### **2.13 Multimeter**

Pengertian multimeter secara umum adalah alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (resistansi). Sedangkan pada perkembangannya multimeter masih bisa digunakan untuk beberapa fungsi seperti mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya. Ada juga orang yang

menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, mungkin maksudnya A (ampere), V (volt), dan O (ohm).

Multimeter ada dua jenis yaitu :

1. Multimeter Analog atau yang biasa disebut multimeter arum adalah alat pengukur besaran listrik yang menggunakan tampilan dengan arum yang bergerak ke range-range yang kita ukur dengan probe . Multimeter ini tersedia dengan kemampuan untuk mengukur hambatan ohm, tegangan (Volt) dan arus (Ampere). Analog tidak digunakan untuk mengukur secara detail suatu besaran nilai komponen.
2. Multimeter digital memiliki akurasi yang tinggi, dan kegunaan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan multimeter analog. Yaitu memiliki tambahan-tambahan satuan yang lebih teliti, dan juga opsi pengukuran yang lebih banyak, tidak terbatas pada ampere, volt, dan ohm saja. Kekurangannya adalah susah untuk memonitor tegangan yang tidak stabil. Jadi bila melakukan pengukuran tegangan yang bergerak naik-turun, sebaiknya menggunakan multimeter analog.



**Gambar 2.19 Multimeter Digital**

### 2.14 Binding Post

Binding post menyediakan koneksi yang sangat padat untuk sebuah kabel. Binding post berbentuk logam berulir dan bagian atasnya diberi warna sebagai penanda terminal. Warna merah untuk terminal positif sedangkan warna hitam untuk terminal negatif. Terminal yang digunakan masing-masing terhubung ke kabel pasangannya. Warna merah merupakan terminal positif dan warna hitam merupakan terminal negatif.



**Gambar 2.20 Binding Post**

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Perancangan ini dilakukan pada bulan Desember 2018 sampai dengan Mei 2019, Dilaboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang berlokasi di Jln. Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur Darat II, Medan Tim, Kota Medan, Sumatera Utara, dimulai dari perencanaan bahan, perancangan bahan, perakitan bahan, penyesuaian bahan, dan pengambilan data dari seluruh rangkaian selama pengujian.

#### **3.2 Peralatan Dan Bahan Penelitian**

Adapun alat dan bahan yang digunakan penulis dalam melaksanakan penelitian adalah sebagai berikut :

##### **3.2.1 Alat – Alat**

1. *Multi Meter*

Alat ini digunakan untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik dan tahanan (resistansi). Multi meter yang digunakan yaitu jenis digital karena tingkat akurasi sangat tinggi dan kegunaan yang lebih banyak dibandingkan dengan yang analog.

2. *Tang Ampere*

Alat ini digunakan untuk mengukur arus listrik pada sebuah kabel konduktor yang dialiri arus listrik dengan menggunakan dua rahang penjepitnya (*Clamp*) tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listriknya.

### 3. *Solder*

Alat ini digunakan untuk membantu membongkar atau merakit rangkain elektonika.

### 4. *Bor Listrik*

Alat ini digunakan untuk mengebor akrilik yang telah diberi tanda.

### 5. *Tools Box*

Peralatan pendukung seperti, tang potong, tang kombinasi, tang skun, tang cucut, obeng plus minus dan lain sebagainya.

### 6. *Stop Kontak*

Sebagai penghubung antara arus listrik kebeban.

### 7. *MCB AC Dan DC*

Sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik (*short circuit atau korsleting*).

### 8. *Acrylic*

Sebagai tempat dudukan komponen-komponen yang kita gunakan.

### 9. *Besi Kerangka*

Sebagai tempat dudukan panel surya yang digunakan.

### 10. *Timah Solder*

Sebagai alat yang menyambungkan atau perekat dua buah komponen.

### 11. *Biding Post*

Sebagai terminal penghubung antar rangkain satu dan rangkaian lainnya.

## 12. *Bak Aquarium Kaca*

Sebagai wadah air dengan sisi yang trasparan dari kaca atau plastik berkekuatan tinggi.

### 3.2.2 Bahan-Bahan

#### 1. *Dua Buah Panel Surya 50 Wp*

Sebagai pengubah cahaya menjadi energi listrik. Dua buah panel surya yang digunakan *polycrystalline solar module 50 Wp*. Berikut dua buah panel surya yang digunakan.



**Gambar 3.1** Duah Buah Panel Surya *Polycrystalline solar module*.

#### 1. *MPPT Solar Charger Controller*

Sebagai pengatur arus searah yang diisikan ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *MPPT Solar charger controler* yang digunakan ukuran 12 Volt 10 Ampere.

#### 2. *Kabel Penghubung*

Sebagai penghubung antara alat satu dengan yang lainnya pada rangkaian pengukuran panel surya.



### 3. Baterai

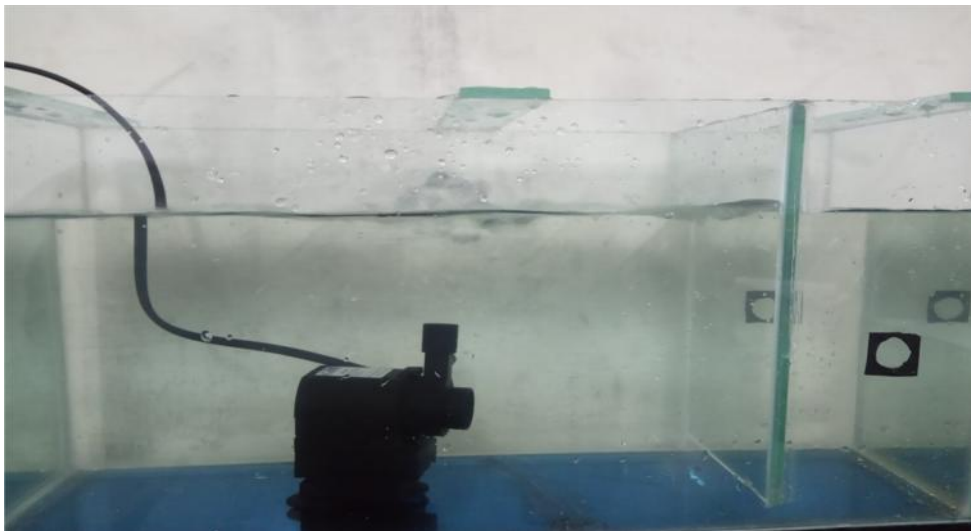
Sebagai penyimpan energi berupa energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia.

### 4. Inverter

Sebagai converter daya listrik yang mampu mengkonversikan arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Inverter yang digunakan 500 Watt, DC 12 Volt, AC 220 Volt.

### 5. Pompa Air Aquarium AC

Suatu peralatan mekanis yang digunakan untuk mengalirkan, memindahkan dan mensirkulasikan zat cair dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ketempat lainnya. Jenis pompa air yang Digunakan yaitu pompa celup dengan tegangan 220-240 Voltt, 18 Watt, 50 Hz. Berikut pompa air aquarium yang digunakan.



**Gambar 3.2 Pompa Air Aquarium Celup**

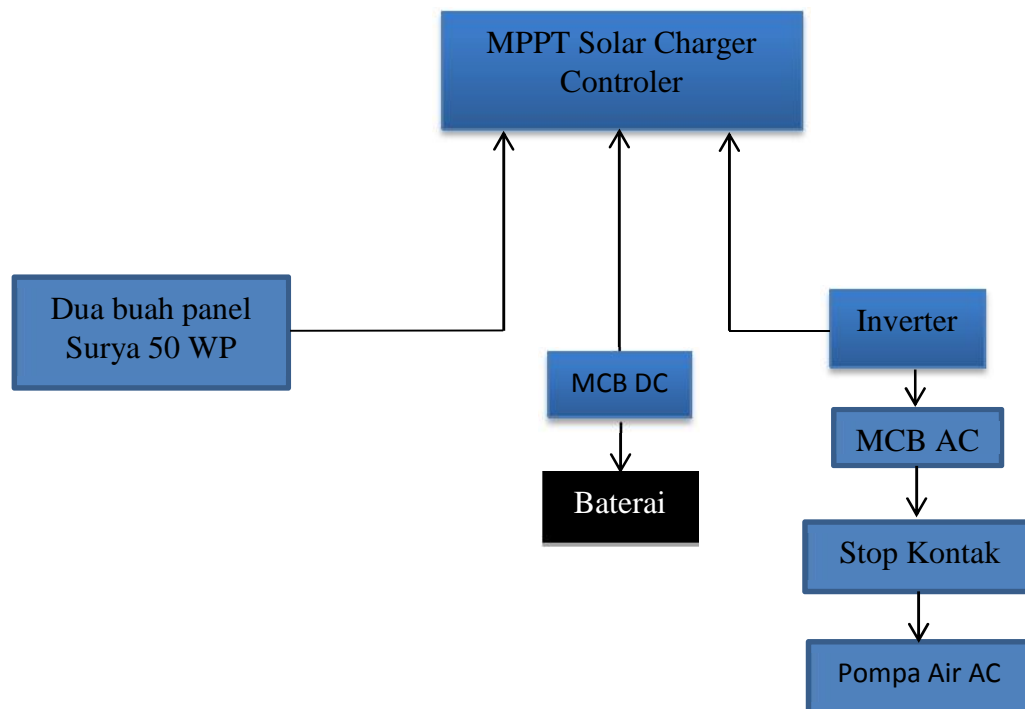
### 3.3 Tahap Perancangan Material

Adapun beberapa tahapan-tahapan dalam perancangan yaitu :

1. Tahapan perancangan kerangka yang digunakan dari bahan besi, proses yang dilakukan mulai dari pengukuran besi, pemotongan dan pengelasan. Kerangka berfungsi sebagai dudukan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Tahapan penetapan bahan-bahan kekerangka yang telah tersedia mulai dari panel surya, akrilik, binding post, MPPT Solar *Charge Controller*, inverter, baterai, MCB DC dan AC, stop kontak, pompa air aquarium dan kabel penghubung.
3. Tahapan percobaan alat yang telah dirancang dan akan digunakan untuk menghidupkan pompa air aquarium.
4. Tahapan pengukuran arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.

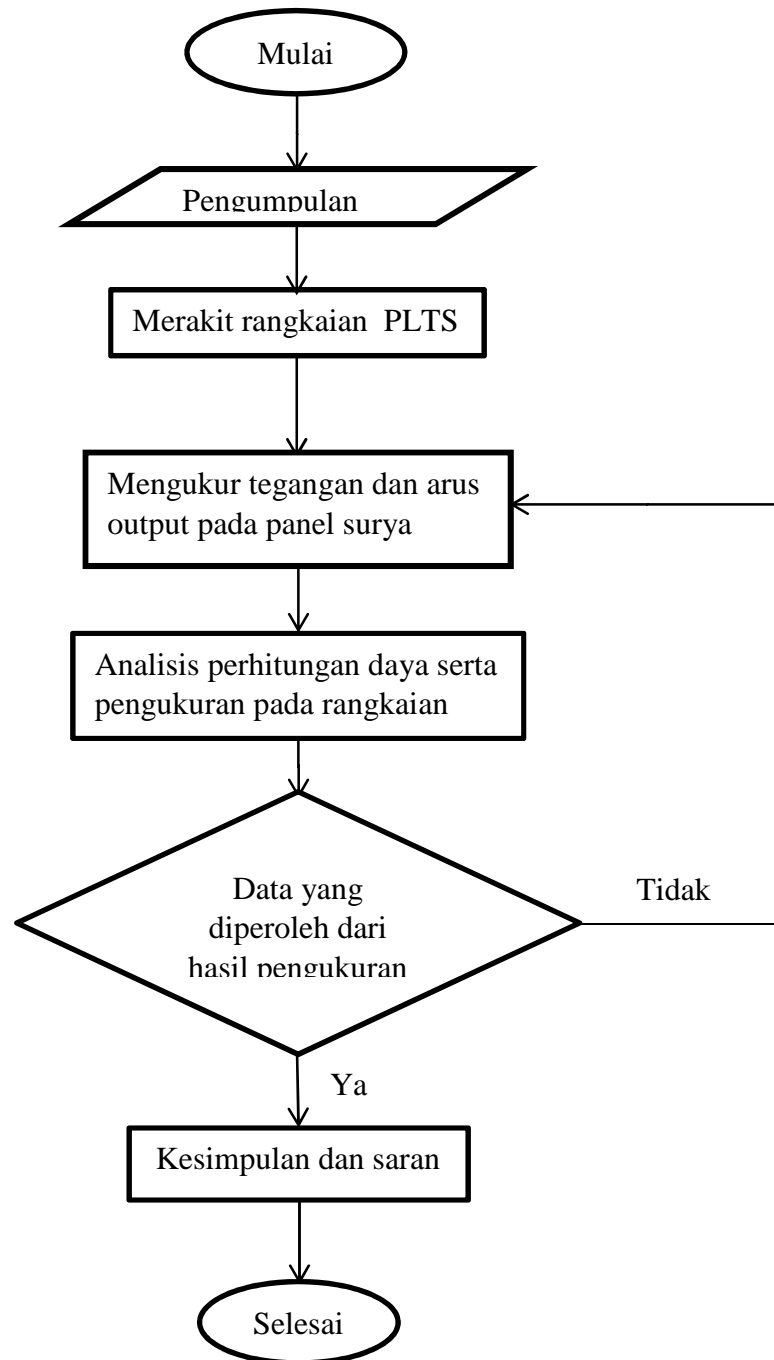
### 3.4 Rangkaian Penelitian

Penelitian pompa air aquarium dengan menggunakan panel surya sebagai sumber energi alternative sebagai berikut: dua buah panel surya 50 Wp, MPPT *Solar Charge Controller*, baterai, inverter, MCB DC dan AC, stop kontak, dan beban pada akuarium. Analisa data dituangkan pada sistem rangkaian diawali dengan pengumpulan peralatan dan bahan yang dibutuhkan, kemudian menuju ke proses perancangan peralatan, dan proses pengujian. Sehingga dapat mengetahui/mengamati hasil dari output panel surya dengan tegangan dan arus yang berbeda-beda setiap kali pengukuran. Kegunaan dari inverter untuk mengubah arus listrik menjadi arus bolak-balik (AC), karena arus dari panel langsung berupa arus searah (DC). Berikut adalah sistem rangkaian pada gambar 3.3 yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 3.3 Sistem Rangkain Pengujian**

### 3.5 Flowchart Penelitian



Gambar 3.4 *Flowchart* Penelitian

Langkah-langkah keterangan flowchart penelitian diatas sebagai adalah :

a. Pengumpulan data

Dalam pengumpulan data dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari jurnal, internet, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai pengertian sel surya dan prinsip kerjanya, karakteristik sel surya yang terdiri dari arus, tegangan, dan daya.

b. Persiapan peralatan dan bahan

Setelah melakukan studi literatur, kemudian menyiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa perangkat yang diperlukan seperti panel surya, alat ukur arus dan tegangan, dan bahan-bahan lainnya.

c. Perancangan komponen pada panel surya

Untuk melakukan perancangan panel surya, maka harus mengetahui terlebih dahulu komponen-komponen apa saja yang akan digunakan pada percobaan yang telah ada digambar blok diagram.

d. Pengukuran tegangan dan arus

Setelah melakukan perancangan komponen pada panel surya kemudian dilanjutkan dengan pengukuran tegangan dan arus menggunakan alat ukur multimeter dan tang ampere.

e. Analisa data

Setelah dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada output panel surya dengan menggunakan multimeter dan tang ampere. Data hasil pengukuran dimasukan kedalam lembar kerja berupa tabel data, sehingga memudahkan dalam pengolahan data tersebut.

f. Kesimpulan

Dari data yang sudah diolah dalam bentuk tabel dapat diambil beberapa kesimpulan. Seperti berapa daya maksimum yang dihasilkan panel surya dengan beban pompa air aquarium, ketahanan baterai, pengaruh penggunaan solar sel sebagai sumber utama dibandingkan sumber PLN dan kesimpulan lainnya.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Penelitian Hari Pertama

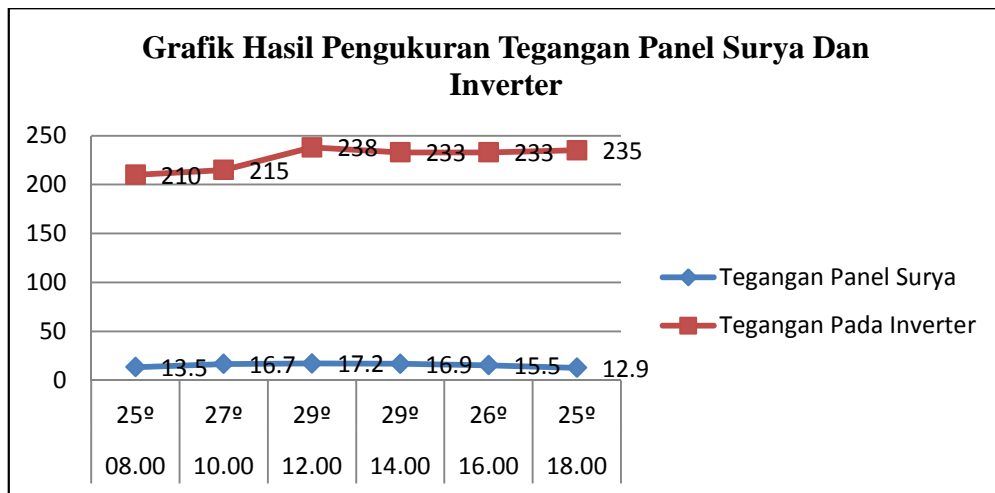
Penelitian dilakukan dengan pengujian pompa air aquarium untuk pengukuran tegangan dan arus yang masuk. Pengujian pertama dilakukan pada hari jum'at 29 maret 2019. Hasil dari pengujian ditampilkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.1 Hasil pengujian hari pertama dengan beban pompa air aquarium.**

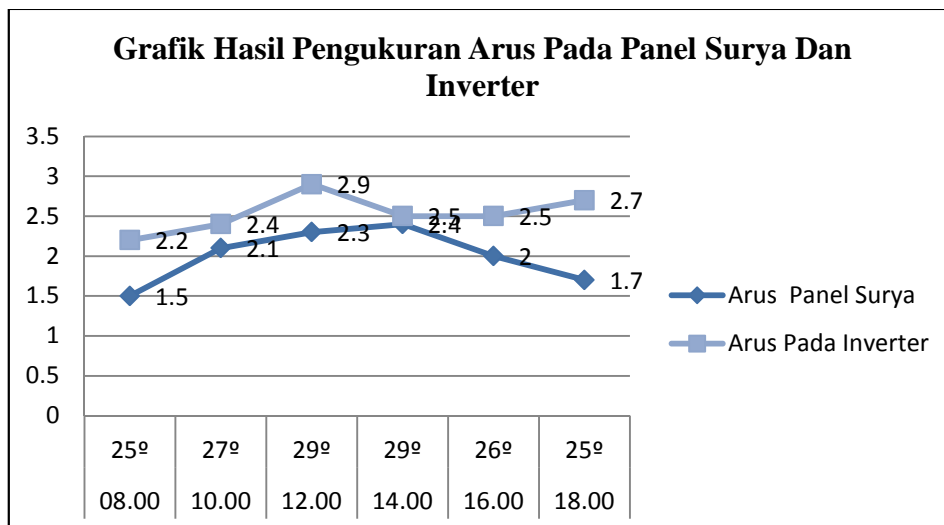
Pukul	Suhu (C°)	Tegangan Dan Arus Pada Panel Surya		Tegangan Dan Arus Pada Inverter	
		V (Volt)	I (Amper)	V (Volt)	I (Amper)
08.00	25°	14,5	1,5	210	2,2
10.00	27°	16,7	2,1	215	2,4
12.00	29°	17,5	2,3	238	2,9
14.00	29°	17,9	2,4	233	2,5
16.00	26°	15,5	2	233	2,5
18.00	25°	14,9	1,7	235	2,7

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya dihari pertama nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 08.00 dengan suhu 25° adalah 14,5 V dan arus 1,5 A. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 27° adalah 16,7 V dan arus 2,1 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 29° adalah 17,5 V dan arus 2,3 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 29° adalah 17,9 V dan arus 2,4 A. Tegangan panel pada jam 16.00 dengan suhu 26° adalah 15,5 V dan arus 2 A. Tegangan panel surya pada jam 18.00 dengan suhu 25° adalah 14,9 V dan arus 1,7 A.

**Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Panel Surya Dan Inverter.**



**Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Dan Inverter.**



#### 4.1.1 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Panel Surya

Dari tabel 4.1 dapat melakukan perhitungan tegangan, arus dan daya rata-rata pada panel surya sebagai berikut:

A. Tegangan rata-rata panel surya

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6}{6}$$



$$= \frac{14,5+16,7+17,5+17,9+15,5+14,9}{6}$$

$$= 16,1 \text{ V}$$

B. Arus rata-rata panel surya

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6}{6}$$

$$= \frac{1,5 + 2,1 + 2,3 + 2,4 + 2 + 1,7}{6}$$

$$= 2 \text{ A}$$

C. Daya pada panel surya

$$P_1 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (14,5) \cdot (1,5) \cdot (0,8)$$

$$= 17 \text{ W}$$

$$P_2 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (16,7) \cdot (2,1) \cdot (0,8)$$

$$= 28 \text{ W}$$

$$P_3 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (17,5) \cdot (2,3) \cdot (0,8)$$

$$= 32 \text{ W}$$

$$P_4 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (17,9) \cdot (2,4) \cdot (0,8)$$

$$= 34 \text{ W}$$

$$P_5 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (15,5) \cdot (2) \cdot (0,8)$$

$$= 25 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}
 P_6 &= V \cdot I \cdot \cos \\
 &= (14,9) \cdot (1,7) \cdot (0,8) \\
 &= 20 \text{ W}
 \end{aligned}$$

D. Daya rata-rata pada panel surya

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}{6} \\
 &= \frac{14 + 28 + 32 + 34 + 25 + 20}{6} \\
 &= 26 \text{ W}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Menghitung Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Inverter

Dari tabel 4.1 dapat menghitung tegangan, arus dan daya rata-rata pada inverter sebagai berikut:

A. Tegangan rata-rata inverter

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6}{6} \\
 &= \frac{210 + 215 + 238 + 233 + 233 + 235}{6} \\
 &= 227,3 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus rata-rata inverter

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6}{6} \\
 &= \frac{2,2 + 2,4 + 2,9 + 2,5 + 2,5 + 2,7}{6} \\
 &= 2,5 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya yang dihasilkan inverter

$$\begin{aligned}
 P_1 &= V \cdot I \cdot \cos \\
 &= (210) \cdot (2,2) \cdot (0,8)
 \end{aligned}$$

$$= 367 \text{ W}$$

$$P2 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (215) \cdot (2,4) \cdot (0,8)$$

$$= 413 \text{ W}$$

$$P3 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (238) \cdot (2,9) \cdot (0,8)$$

$$= 552 \text{ W}$$

$$P4 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (233) \cdot (2,5) \cdot (0,8)$$

$$= 466 \text{ W}$$

$$P5 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (233) \cdot (2,5) \cdot (0,8)$$

$$= 466 \text{ W}$$

$$P6 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (235) \cdot (2,7) \cdot (0,8)$$

$$= 508 \text{ W}$$

D. Daya rata-rata yang dihasilkan inverter

$$\begin{aligned} \text{Prata-rata} &= \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6}{6} \\ &= \frac{367 + 413 + 552 + 466 + 466 + 508}{6} \\ &= 462 \text{ W} \end{aligned}$$

#### 4.1.3 Menghitung Daya Yang Terpakai Pompa Air Aquarium Selama 24 Jam

Pemakaian pompa air aquarium 18 watt dalam 24 jam :

$$= \frac{18 \text{ watt}}{1.000} \times 24 \text{ jam} \approx 0,432 \text{ kWh dalam satu hari.}$$

## 4.2 Penelitian Hari Kedua

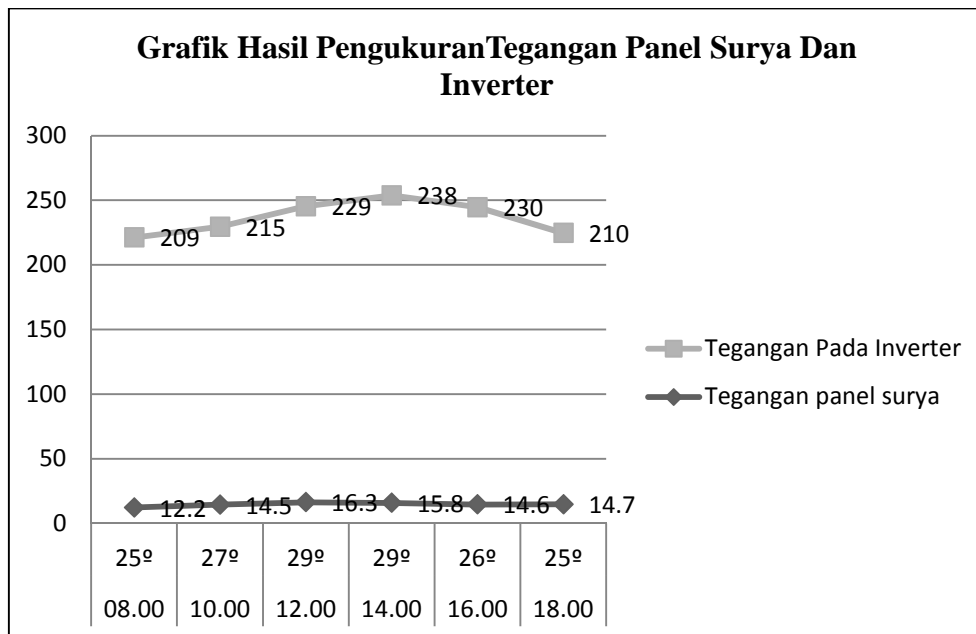
Pengujian hari kedua dilakukan pada hari sabtu 30 maret 2019. Hasil dari pengujian ditampilkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Hari Kedua Dengan Beban Pompa Air Aquarium.**

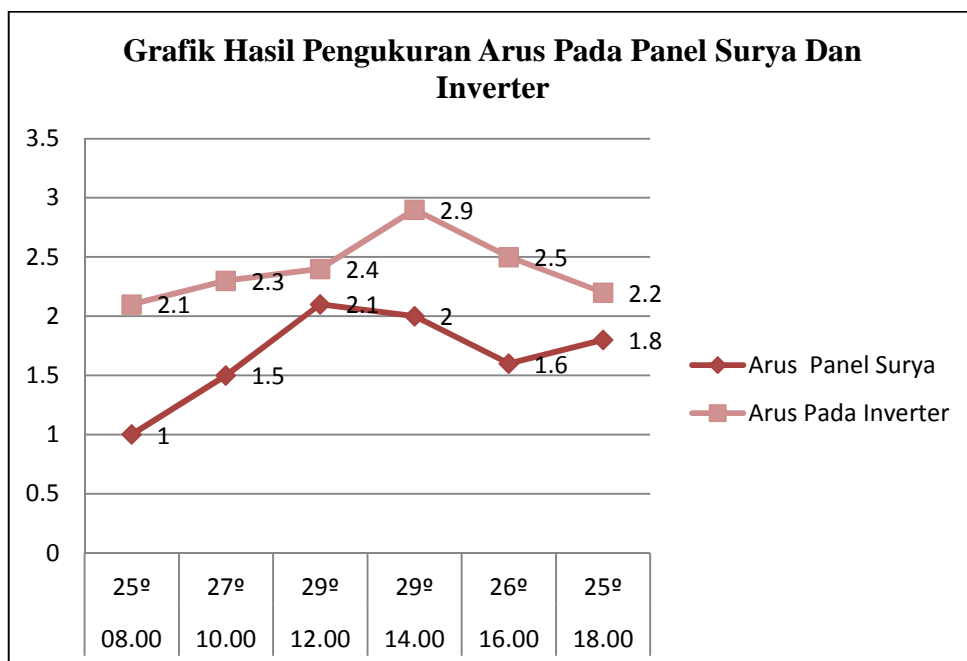
Pukul	Suhu (C°)	Tegangan dan Arus pada Panel Surya		Tegangan dan Arus Inverter	
		V (Volt)	I (Amper)	V (Volt)	I (Amper)
08.00	24°	12,2	1	209	2,1
10.00	25°	14,5	1,5	215	2,3
12.00	27°	16,3	2,1	229	2,4
14.00	26°	15,8	2	238	2,9
16.00	25°	14,6	1,6	230	2,5
18.00	25°	14,7	1,8	210	2,2

Hasil pengukuran arus dan tegangan pada panel surya dihari kedua nilai yang dihasilkan berbeda-beda. Tegangan panel surya pada jam 08.00 dengan suhu 24° adalah 12,2 V dan arus 1 A. Tegangan panel surya pada jam 10.00 dengan suhu 25° adalah 14,5 V dan arus 1,5 A. Tegangan panel surya pada jam 12.00 dengan suhu 27° adalah 16,3 V dan arus 2,1 A. Tegangan panel surya pada jam 14.00 dengan suhu 26° adalah 15,8 V dan arus 2 A. Tegangan panel pada jam 16.00 dengan suhu 25° adalah 14,6 V dan arus 1,6 A. Tegangan panel surya pada jam 18.00 dengan suhu 25° adalah 14,7 V dan arus 1,8 A.

**Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Panel Surya Dan Inverter.**



**Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Arus Pada Panel Surya Dan Inverter.**



#### 4.2.1 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Panel Surya

Dari tabel 4.2 dapat melakukan perhitungan tegangan, arus dan daya rata-rata pada panel surya dapat sebagai berikut:

##### A. Rata-rata Tegangan

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6}{6} \\ &= \frac{12,2+14,5+16,3+15,8+14,6+14,7}{6} \\ &= 14,7 \text{ V} \end{aligned}$$

##### B. Rata-rata Arus

$$\begin{aligned} I_{\text{total panel}} &= \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6}{6} \\ &= \frac{1 + 1,5 + 2,1 + 2 + 1,6 + 1,8}{6} \\ &= 1,7 \text{ A} \end{aligned}$$

##### C. Daya pada panel surya

$$\begin{aligned} P_1 &= V \cdot I \cdot \cos \\ &= (12,2) \cdot (1) \cdot (0,8) \\ &= 10 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= V \cdot I \cdot \cos \\ &= (14,5) \cdot (1,5) \cdot (0,8) \\ &= 17 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_3 &= V \cdot I \cdot \cos \\ &= (16,3) \cdot (2,1) \cdot (0,8) \\ &= 27 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P4 &= V \cdot I \cdot \cos \\
 &= (15,8) \cdot (2) \cdot (0,8) \\
 &= 25 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P5 &= V \cdot I \cdot \cos \\
 &= (14,6) \cdot (1,6) \cdot (0,8) \\
 &= 19 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \\
 &= (14,7) \cdot (1,8) \cdot (0,8) \\
 &= 21 \text{ W}
 \end{aligned}$$

D. Daya rata-rata pada panel surya

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6}{6} \\
 &= \frac{10 + 17 + 27 + 25 + 19 + 21}{6} \\
 &= 20 \text{ W}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Menghitung Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Inverter

Dari tabel 4.2 dapat menghitung tegangan, arus dan daya rata-rata pada inverter sebagai berikut:

A. Tegangan rata-rata inverter

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6}{6} \\
 &= \frac{209 + 215 + 229 + 238 + 230 + 210}{6} \\
 &= 222 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus rata-rata inverter

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I1 + I2 + I3 + I4 + I5 + I6}{6}$$

$$= \frac{2,1+2,3+2,4+2,9+2,5+2,2}{6}$$

$$= 2,4 \text{ A}$$

C. Daya yang dihasilkan inverter

$$P1 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (209) \cdot (2,1) \cdot (0,8)$$

$$= 351 \text{ W}$$

$$P2 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (215) \cdot (2,3) \cdot (0,8)$$

$$= 396 \text{ W}$$

$$P3 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (229) \cdot (2,4) \cdot (0,8)$$

$$= 440 \text{ W}$$

$$P4 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (238) \cdot (2,9) \cdot (0,8)$$

$$= 552 \text{ W}$$

$$P5 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (230) \cdot (2,5) \cdot (0,8)$$

$$= 460 \text{ W}$$

$$P6 = V \cdot I \cdot \cos$$

$$= (210) \cdot (2,2) \cdot (0,8)$$

$$= 370 \text{ W}$$

D. Daya rata-rata yang dihasilkan inverter

$$\text{Prata-rata} = \frac{P1+P2+P3+P4+P5+P6}{6}$$



$$= \frac{351 + 396 + 440 + 552 + 460 + 370}{6}$$

$$= 428 \text{ W}$$

#### 4.2.3 Menghitung Daya Yang Terpakai Pompa Air Aquarium Selama 24 Jam

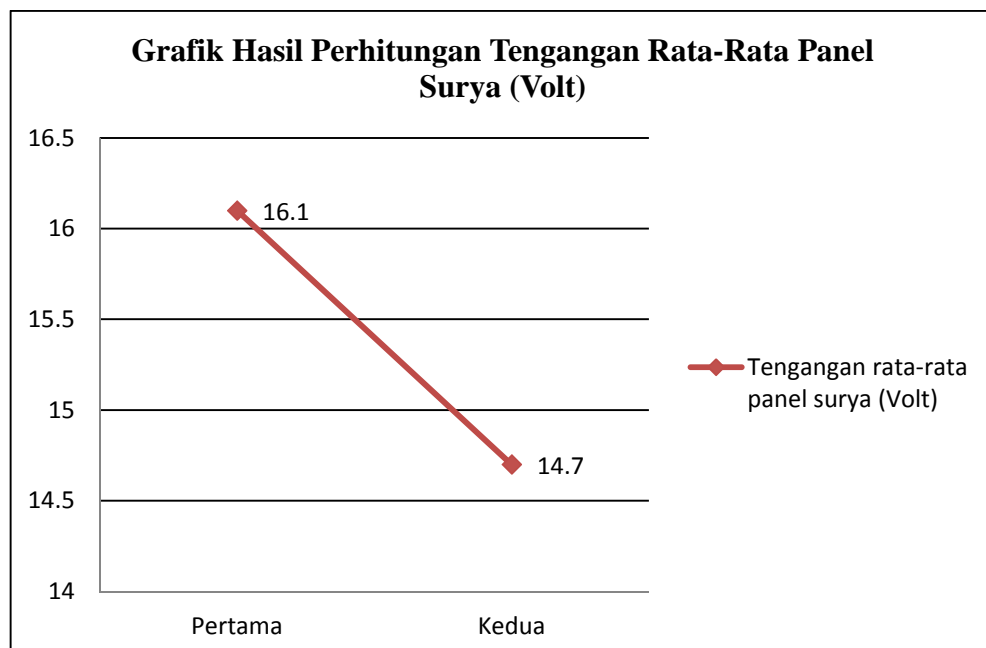
Pemakaian pompa air aquarium 18 watt dalam 24 jam :

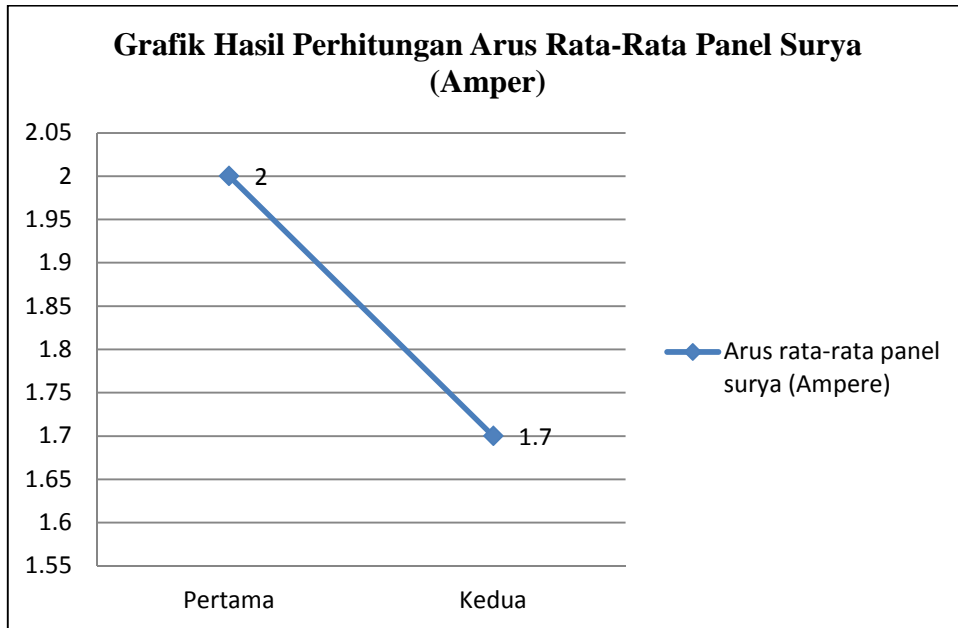
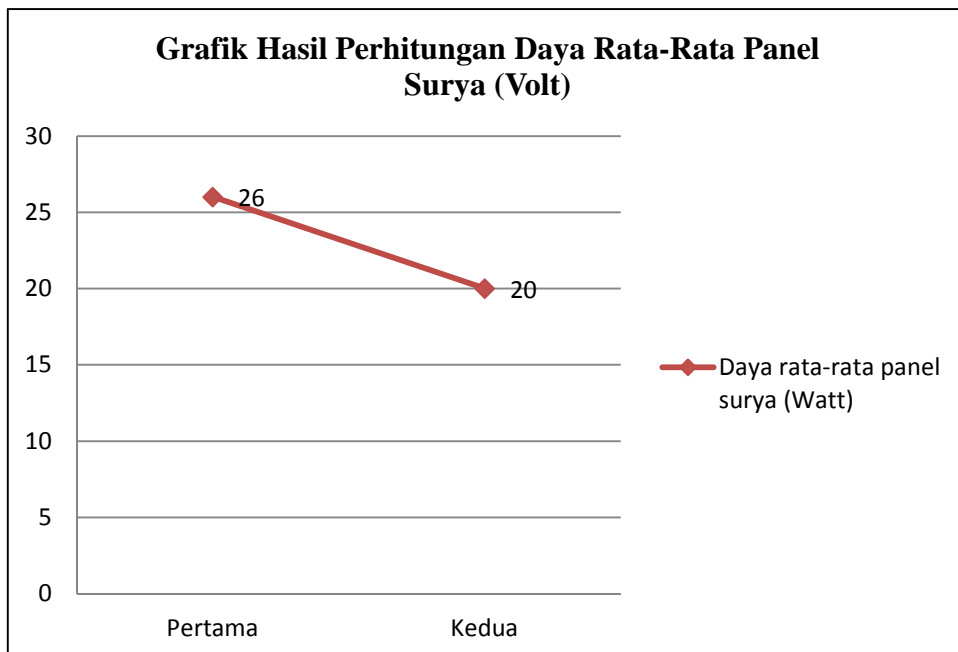
$$= \frac{18 \text{ watt}}{1.000} \times 24 \text{ jam} \approx 0,432 \text{ kWh dalam satu hari.}$$

**Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Tegangan Dan Arus Rata-Rata Pada Panel Surya**

Hari	Tegangan rata-rata panel surya (Volt)	Arus rata-rata panel surya (Amper)	Daya rata-rata panel surya (Watt)
Pertama	16,1	2	26
Kedua	14,7	1,7	20

**Gambar 4.5 Grafik Hasil Perhitungan Tegangan Rata-Rata Panel Surya**

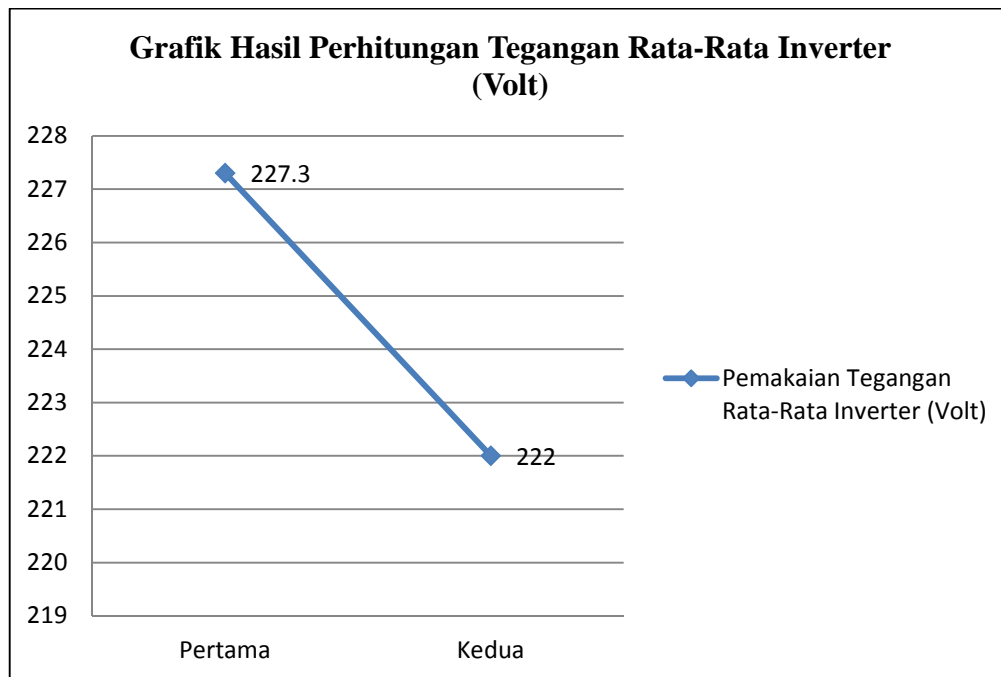


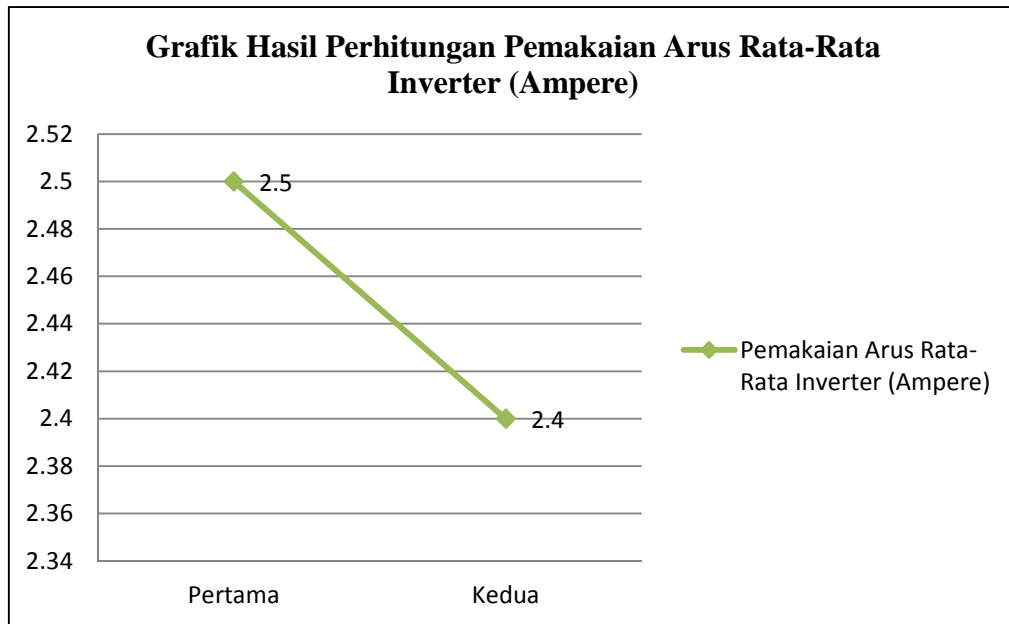
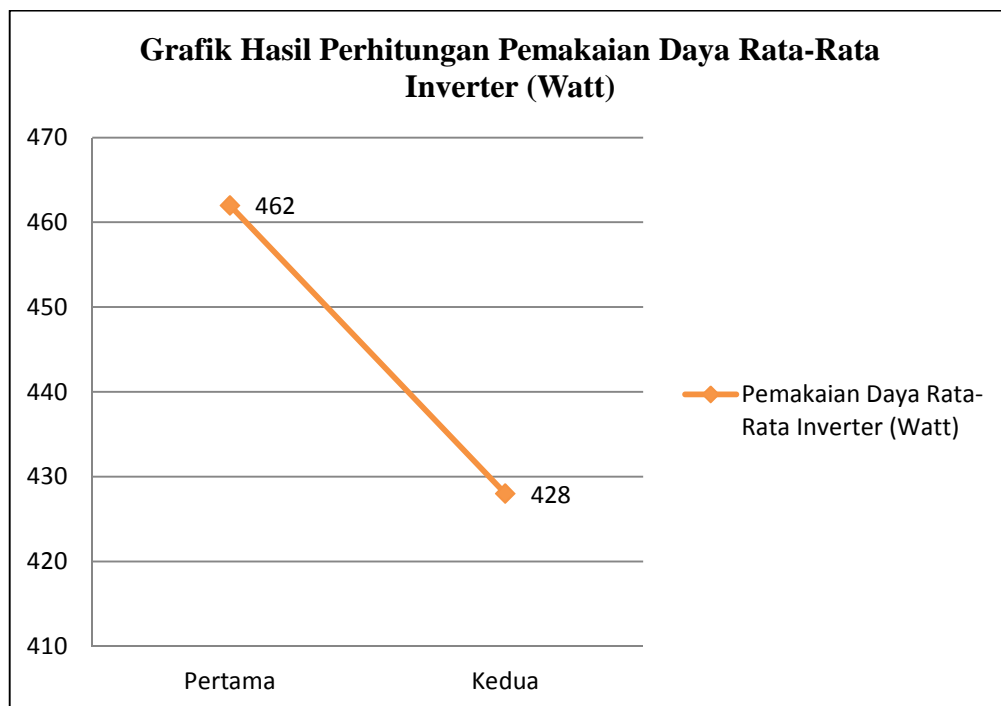
**Gambar 4.6 Grafik Hasil Perhitungan Arus Rata-Rata Panel Surya****Gambar 4.7 Grafik Hasil Perhitungan Daya Rata-Rata Panel Surya**

**Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Inverter**

Hari	Tegangan rata-rata yang dihasilkan inverter (Volt)	Arus rata-rata yang dihasilkan inverter (Amper)	Daya rata-rata yang dihasilkan inverter (Watt)
Pertama	227,3	2,5	462
Kedua	222	2,4	428

**Gambar 4.8 Grafik Hasil Perhitungan Pemakaian Tegangan Rata-Rata Inverter**



**Gambar 4.9 Grafik Hasil Perhitungan Pemakaian Arus Rata-Rata Inverter****Gambar 4.10 Grafik Hasil Perhitungan Pemakaian Daya Rata-Rata Inverter**

jgdsklgjkldsjpgkds

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, bisa ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran tegangan, arus dan daya pada panel surya selama dua hari, peneliti memperoleh nilai rata-rata berdasarkan perhitungan yaitu pada hari pertama dengan nilai rata-rata tegangan 16,1 Volt, arus 2 Ampere, dan daya 26 Watt. Hari kedua dengan nilai rata-rata tegangan 14,7 Volt, arus 1,7 Ampere, dan daya 20 Watt.
2. Dari hasil perhitungan tegangan, arus dan daya rata-rata pada inverter selama dua hari, peneliti memperoleh hasil pada hari pertama senilai, tegangan 227,3 Volt, arus 2,5 Ampere dan daya sebesar 462 Watt. Hari kedua senilai, tegangan 222 Volt, arus 2,4 Ampere dan daya sebesar 428 Watt.
3. Dari hasil perhitungan daya yang terpakai pada pompa air aquarium selama 24 jam, peneliti memperoleh hasil pemakaian daya adalah 0,432 kWh dalam satu hari.
4. Setelah dilakukan penelitian dan pengukuran, maka peneliti menyimpulkan bahwa dengan menggunakan sumber tegangan dari panel surya untuk menghidupkan pompa air aquarium sangatlah ekonomis karena dapat digunakan dimanapun tanpa harus dekat dengan sumber arus listrik dari PLN.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka peneliti memiliki beberapa saran yang disampaikan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan memperpanjang waktu penelitian hingga 4 hari atau lebih guna mengetahui tingkat efektifitas dan efesiensi daya yang diperoleh.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat menambah sumber tegangan panel surya.
3. Penelitian tentang panel surya lebih dikembangkan lagi sehingga mampu mengurangi penggunaan pembangkit listrik fosil dan bisa menjadi energi alternatif.
4. Memanfaatkan secara maksimal energi melimpah dari panas matahari untuk berbagai kebutuhan manusia yang tidak terjangkau suplay PLN.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Iqtimal Zian dkk. "Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air", Jurnal Online Teknik Elektro, Vol. 3 No. 1, 2018 : 1-8, e-ISSN : 2252-7036.
2. Setiawan Bambang dkk. "Rancang Bangun DC *Sumpersible Pump Sistem Photovoltaic Battery Coupled* Dengan Panel Surya *Polycrystalline* Skala Laboratorium", Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, November 2017, e-ISSN : 2460-8416.
3. Hani Slamet And Subandi. "Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan *Solar Cell*", Jurnal Teknologi Technoscientia, Vol. 7 No. 2, Februari 2015, ISSN : 1979-8415.
4. Rinas Wayan dkk. "Rancang Bangun Baterai *Charge Controler* Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS", Jurnal Teknik Elektro Universitas Udayana Jimbaran-Bali, Desember, 2015.
5. Iswanto Ady. "Analisa *Charging Time Sistem Solar Cell* Menggunakan Pencari Arah Sinar Matahari Yang Dilengkapi Dengan Pemfokus Cahaya", Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro, Vol.5 No. 1 2016, p-ISSN : 2477-250X.
6. Hardianto Triwahju dkk, " Optimalisasi Daya Dan Energi Listrik Pada Panel Surya Polikristal Dengan Teknologi Scanning Reflektor", Berkala SAINSTEK 2017, V (1) : 45-49, ISSN : 2339-0069.
7. Stevanus And Widiyanto," Sistem instalasi PLTS 1000Wp Sitting Ground Teknik Elektro UNDIP Semarang,2011.
8. R.S.hartati,"Optimasi Pemasangan dan Kapasitas Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi Penjulung Menujangan " Vol.16 ,No.2 ,2017.
9. Irwansyah Muhammad And Didi Istardi." Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel" Jurnal Integrasi 5 (1), 85-90, 2013.
10. Ardianus Yustianus Sinaga dkk." Rancang Bangun Inverter 1 Fasa Dengan Kontrol Pembangkit *Pluse Width Modulation (PWM)*, Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro, Volume 11, No. 2, Mei 2017.
11. R. Uli dkk." Pengukuran Dan Analisa Data Kalibrasi Volmeter Dengan *Multi Product Calibrator*, Volume V, Oktober 2016.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI

1. Nama : Indra Gunawan
2. Jenis Kelamin : Laki-Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Sei Suka Deras, 16 juli 1997
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Status : Belum Menikah
6. Agama : Islam
7. Alamat : Dusun X Sei Suka Deras Kec. Sei Suka
8. No HP : 085831340540
9. Email : indra.1607gunawan@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Pendidikan Formal	Tahun
1	SDN 016513 Sei Suka Deras	2003-2009
2	MTs AL- IHYAH Tanjung Gading	2009-2012
3	SMK Budi Dharma Indrapura	2012-2015
4	Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2015-2019