

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)
SEBAGAI SUMBER ENERGI LAMPU *LED SUPERBRIGHT*
DAN POMPA AIR DC PADA KOLAM IKAN MAS

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

Disusun Oleh :

SUKRI HUTASUHUT

1407220008



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Sukri Hutasuhut

NPM : 1407220008

Program Studi : Teknik Elektro


Judul Skripsi : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
Sebagai Sumber Energi Lampu LED Superbright Dan Pompa
Air DC Pada Kolam Ikan Mas.

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 Mei 2021

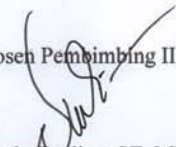
Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Zulfikar, ST, MT

Dosen Pembimbing II




Noorly Evalina, ST, MT

Dosen Pembimbing I



Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT

Dosen Pembimbing II



Ir. Yusniati, MT



Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Sukri Hutasuhut
Tempat /Tanggal Lahir : Rantau Prapat, 02 Agustus 1994
NPM : 1407220008
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Lampu LED Superbright Dan Pompa Air DC Pada Kolam Ikan Mas”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaannya saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Mei 2021
Saya Yang Menyatakan



Sukri Hutasuhut

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit tenaga listrik yang bekerja dengan memanfaatkan energi terbarukan (*renewable energy*) berupa tenaga matahari sebagai sumber energi. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah hasil dari perkembangan teknologi dalam dunia ketenaga listrik yang dapat mengkonversikan tenaga atau energi matahari menjadi tenaga listrik menggunakan sebuah media berupa sel surya atau panel surya. Penelitian ini akan membahas tentang ***“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Lampu LED Superbright Dan Pompa DC Pada Kolam Ikan Mas”***. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar output tegangan dan daya yang dapat dihasilkan oleh *prototype* PLTS. Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh Panel surya yang berkapasitas 10 WP ini sangatlah baik terutama ketika cuaca cerah, tegangan yang dihasilkan pada cuaca cerah mampu mengeluarkan tegangan hingga 20.22 Volt dan arus mencapai 1.78 A dan daya yang dihasilkan juga bisa mencapai 37.38 Watt. Sedangkan pada baterai arus, tegangan dan baterai yang dihasil tergantung dari pengecasan yang dilakukan oleh Panel surya. Dengan anggaran biaya sebesar Rp. 1.355.000.

Kata Kunci : *Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Energi Terbarukan. Biaya pembuatan Prototype PLTS*

ABSTRACT

Solar Power Plant (SPP) is a power plant that works by utilizing renewable energy (renewable energy) in the form of solar power as an energy source. Solar power plants (SPP) are the result of technological developments in the world of electricity that can convert solar energy or energy into electricity using a medium in the form of solar cells or solar panels. This research will discuss about "Designing a Solar Power Plant (SPP) as an Energy Source of Superbright LED Lights and Water Pumps DC to in a Gold Fish Pond". The purpose of this study is to determine all the output voltages and power that can be generated by the PLTS prototype. The voltage, current and power generated by the solar panel with a capacity of 10 WP are very good, especially when the weather is sunny, the voltage generated in sunny weather is capable of outputting a voltage of up to 20.22 volts and currents reaching 1.78 A and the power generated can also reach 37.38 Watt. Whereas the current, voltage and battery produced depends on the charging made by the solar panel. With a budget of Rp. 1.355.000.

Keywords : *Solar power plants. Renewable energy . the cost of making PLTS Prototype*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb.

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat ALLAH SWT yang telah memberi dan melimpahkan segala nikmat, rahmat, serta inayah-Nya kepada penulis. Berkat kuasa-Nya, penulis memiliki kekuatan dan kesabaran untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat beriring salam tak lupa penulis panjatkan kepada baginda besar Nabi Muhammad SAW yang mana beliau merupakan suri tauladan yang telah membawa begitu banyak manfaat dan mengajarkan kebaikan serta ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Tulisan ini ditujukan sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat kelulusan dan ketentuan dalam memperoleh gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul pada tugas akhir ini adalah ***“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Lampu LED Superbright Dan Pompa Air DC Pada Kolam Ikan Mas”***

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dan bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Amat Hutasuhut Dan Ibunda Siti Azum Siregar tersayang serta adik-adik terkasih yang dengan tulus memberikan begitu banyak semangat, dorongan serta doa yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Agussani M.AP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, ST, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro.

6. Bapak Zulfikar. ST. MT Selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Ibu Noorly Evalina. ST. MT Selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Bapak Faisal Irsan Pasaribu. ST. MT Selaku Dosen Pembimbing I.
9. Ibu Ir. Yusniati. MT Selaku Dosen Pembimbing II
10. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Karyawan Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro angkatan 2014. yang selalu dan saling memberi dukungan. doa serta motivasi kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata baik dan sempurna. terdapat banyak kekurangan dari segi kualitas maupun kuantitas bahan observasi yang penulis tampilkan. Hal ini disebabkan karena kekurangan serta keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pihak yang dapat membuat tugas akhir ini menjadi lebih baik.

Akhir kata penulis berharap agar setiap bantuan yang diberikan oleh segenap pihak baik itu bantuan moral maupun bantuan material dapat menjadi ladang kebaikan. Dan semoga tulisan ini dapat memberi manfaat serta menambah wawasan pengetahuan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terimakasih.

Wassalamu'alakum wr.wb

Medan. 01 Juni 2021

Penulis

Sukri Hutasuhut

1407220008

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Energi Matahari	9
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	10
2.3.1 Defenisi Sel Surya (<i>Solar Cell</i>)	10
2.3.2 Sejarah Sel Surya (<i>Solar Cell</i>).....	11
2.3.3 Prinsip Kerja Sel Surya (<i>Solar Cell</i>).....	11
2.3.4 Karakteristik Sel Surya (<i>Solar Cell</i>).....	13
2.3.5 Klasifikasi Panel Surya (<i>Solar Cell</i>).....	14
2.3.6 Faktor Pengoperasian Sel Surya.....	15
2.3.7 Posisi Modul Surya Terhadap Gerakan Arah Matahari.....	18
2.3.8 Aplikasi Panel surya (<i>Solar Cell</i>)	19
2.3.9 Kelebihan Dan Kekurangan Penggunaan Panel surya (<i>Solar Cell</i>)....	20
2.4 Analisa Pada Panel surya (<i>Solar Cell</i>)	21
2.4.1 Energi Listrik.....	21
2.4.2 Arus dan Tegangan	22
2.4.3 Daya Output	22
2.4.4 Daya Input	23
2.4.5 <i>Fill Factor</i>	23
2.4.6 Effisiensi Sel Surya.....	24
2.5 Komponen-Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya	24
2.5.1 Solar Charger Controller	24
2.5.2 Baterai (Aki).....	26
2.5.3 Pompa Air DC	27
2.6 Metode Analisis Ekonomi Teknik	28
2.6.1 Capital Recovery Cost (CR).....	28
2.6.2 Metode Periode Pengembalian (<i>Payback Period</i>).....	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	30
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	30
3.2.1 Alat Yang Digunakan	30
3.2.2 Bahan – Bahan Yang Digunakan	31
3.3 Perancangan Penelitian	32
3.3.1 Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	32
3.3.2 Rangkaian Penelitian	33
3.3.3 Skematik Rangkaian Penelitian.....	33
3.4 Diagram Alir Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Perancangan Penelitian	36
4.2 Hasil Penelitian.....	45
4.3 Grafik Nilai Rata-Rata Hasil Pengujian.....	45
4.4 Rincian Biaya Perencanaan Prototype Pembangkit listrik Tenaga Surya Di Sumatera Utara	48
4.5 Hasil Perhitungan Nilai Sekarang (P_w). Nilai Deret Seragam (A_w) Dan Nilai Akan Datang (F_w) Dari Komponen Biaya PLTS.....	49
4.6 Hasil Perhitungan Pemulihan Modal Dan Periode Pengambilan Modal Pada Perencanaan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya.	50
4.6.1 Pemulihan Modal (<i>Capital Recovery</i>)	50
BAB V PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran	52

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik	9
Gambar 2.2	Konstruksi Sel Surya (Solar Cell)	10
Gambar 2.3	Proses Pengubahan Energi Matahari menjadi Energi Listrik	12
Gambar 2.4	Grafik Arus Tegangan Sebagai Karakteristik Panel Surya	13
Gambar 2.5	Karakteristik Penurunan Tegangan Kenaikan Temperatur	15
Gambar 2.6	Thermometer.....	16
Gambar 2.7	Lux Meter	17
Gambar 2.8	Solar Home System (SHS)	19
Gambar 2.9	Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)	20
Gambar 2.10	<i>Solar Charger Controller</i>	25
Gambar 2.11	Baterai (Aki)	26
Gambar 2.12	Pompa Air DC.....	27
Gambar 3.1	Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	32
Gambar 3.2	Diagram Blok Penelitian	33
Gambar 3.3	Skematik Rangkaian Penelitian	34
Gambar 3.4	Flowchart	35
Gambar 4.1	Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	36
Gambar 4.2	Pemasangan Triplek Kayu Pada Plat Besi.....	37
Gambar 4.3	Pemasangan <i>Stretch Coupling</i> Pada Kaki Penyangga	37
Gambar 4.4	Proses Pembengkokkan Pipa	38
Gambar 4.5	Memasang <i>Ring Sterch Coupling</i> Pada Tiang Panel Surya.....	38
Gambar 4.6	Memasang Tiang Panel surya Pada Kaki Penyangga	39
Gambar 4.7	Memasang Klem Pipa Hidrolik Pada Plat Besi	39
Gambar 4.8	Memasang Plat Besi Dan Terminal Blok Pada Panel Surya	40
Gambar 4.9	Memasang Panel Surya Pada Tiang Penyangga	40
Gambar 4.10	Tiang Penyangga Fibre.....	41
Gambar 4.11	Tiang Penyangga Fibre Sebagai Tempat Dudukan Komponen...	41
Gambar 4.12	Fibre Sebagai Tempat Dudukan Komponen	42
Gambar 4.13	Memasang Tiang Penyangga Fibre Pada Tiang Panel	43
Gambar 4.14	Prototype PLTS Yang Telah Selesai Dirancang	44

Gambar 4.15	Grafik Tegangan (V) Pada Baterai.....	47
Gambar 4.16	Grafik Arus (I) Pada Baterai.....	47
Gambar 4.17	Grafik Daya (P) Pada Baterai	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Posisi Kemiringan Instalasi Panel Surya	18
Tabel 3.1	Alat-alat yang digunakan dalam penelitian.....	30
Tabel 3.2	Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian.....	31
Tabel 3.3	Fungsi Komponen Terpasang	32
Tabel 4.1	Pengujian Hari Pertama	45
Tabel 4.2	Pengujian Hari Kedua.....	45
Tabel 4.3	Pengujian Hari ketiga.....	45
Tabel 4.4	Pengujian Hari Keempat	46
Tabel 4.5	Pengujian Hari Kelima.....	46
Tabel 4.6	Nilai rata-rata hasil pengujian	46
Tabel 4.7	Rincian Biaya Pembuatan Prototype	48
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan P_w . A_w . dan F_w	49

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit tenaga listrik yang bekerja dengan memanfaatkan energi terbarukan (*renewable energy*) berupa tenaga matahari sebagai sumber energi. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah hasil dari perkembangan teknologi dalam dunia ketenagalistrikan yang dapat mengkonversikan tenaga atau energi matahari menjadi tenaga listrik menggunakan sebuah media berupa sel surya atau panel surya [1].

Penggunaan panel surya sebagai pembangkit listrik memiliki keuntungan jangka panjang. selain daripada itu panel surya juga dapat diaplikasikan sebagai pembangkit listrik alternatif yang dapat digunakan untuk menyediakan serta menyuplai energi listrik pada daerah-daerah atau pedesaan terpencil dan terisolir yang tidak dapat terjangkau oleh jaringan listrik PLN akibat sulitnya akses dan mobilisasi pada daerah-daerah atau pedesaan tersebut [2].

Seperti halnya yang terjadi pada desa Karang Gading Kecamatan Hampan Perak Kabupaten Deli Serdang. para peternak ikan mas mengeluhkan sulitnya akses jaringan listrik menuju kolam-kolam ikan mas mereka. Akibatnya. para peternak ikan mas tersebut harus menggunakan genset sebagai sumber energi untuk mengoperasikan pompa air didalam kolam dan sebagai sumber energi bagi lampu penerangan jalan menuju kolam ikan mereka.

Hal tersebut tentunya mengakibatkan biaya yang harus dikeluarkan oleh para peternak ikan mas di desa Karang Gading menjadi semakin membengkak setiap harinya mengingat mahalnya harga bahan bakar minyak saat ini. Tidak berhenti sampai disitu. para peternak juga harus mengeluarkan sejumlah biaya untuk pakan ternak ikan mas mereka. Hal ini pada akhirnya akan membuat penghasilan yang didapat oleh para peternak ikan mas menjadi berkurang. sebab biaya yang harus dikeluarkan untuk membeli bahan bakar minyak bagi genset dan pakan ternak yang cukup besar. Oleh karena itu. dilakukan sebuah riset dan penelitian untuk membangun sebuah *prototype* pembangkit listrik tenaga surya yang nantinya dapat digunakan untuk membantu para peternak ikan mas mengurangi pengeluaran biaya bahan bakar bagi genset sebagai sumber energi listrik.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan diatas. maka dari itu penelitian ini akan membahas tentang **“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Lampu LED Superbright Dan Pompa Air DC Pada Kolam Ikan Mas”**.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar output tegangan dan daya yang dapat dihasilkan oleh *prototype* PLTS kemudian memperhitungkan dan merencanakan secara matang besarnya kebutuhan minimum energi listrik yang diperlukan untuk selanjutnya membuat pembangkit listrik tenaga matahari (PLTS) dengan skala yang lebih besar pada desa Karang Gading.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Lampu LED Superbright Dan Pompa Air DC Pada Kolam Ikan Mas?
2. Seberapa besar nilai arus, tegangan serta daya keluaran (*output*) yang mampu dihasilkan oleh *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)?
3. Berapa Biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)?

1.3 Tujuan Penelitian

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Lampu *LED Superbright* Dan Pompa Air Penggerak Kincir Pada Kolam Ikan Mas bertujuan untuk :

1. Mengetahui cara merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Lampu LED Superbright Dan Pompa Air DC Pada Kolam Ikan Mas
2. Mengetahui seberapa besar nilai arus, tegangan serta daya keluaran (*output*) yang dapat dihasilkan oleh *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
3. Mengetahui dan memperhitungkan biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dari latar belakang dan perumusan masalah diatas agar tidak menyimpang dari tujuan yang diharapkan maka dibuat beberapa pembatasan masalah antara lain :

1. Merancang dan membuat *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) serta *prototype* kolam ikan mas.
2. Alat ini digunakan hanya sebagai *prototype* untuk mengumpulkan data berupa nilai arus.tegangan serta daya yang mampu dihasilkan oleh PLTS.
3. Menganalisa arus. tegangan serta daya keluaran (*output*) pada PLTS dan baterai saat berbeban dan tidak berbeban.
4. Menghitung total kebutuhan ataupun biaya yang diperlukan dalam pembuatan *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) serta *prototype* kolam ikan mas.
5. Menggunakan panel surya 10 Wp.
6. Menggunakan pompa air DC R385 *diaphragma* dengan tegangan kerja 12V dan arus 0.5-0.7 A.
7. Menggunakan lampu LED COB 24 chip. 5 watt 12 V.
8. Sumber tegangan yang dapat digunakan untuk suplai tegangan alat hanya DC 12 volt.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini baik bagi mahasiswa. masyarakat serta lembaga pendidikan adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Teoritis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan pemahaman serta memperluas wawasan setiap pengguna energi listrik tentang pemanfaatan tenaga matahari sebagai sumber energi terbarukan (*renewable energy*) bagi pembangkit listrik tenaga matahari. Selanjutnya dapat dijadikan solusi utama untuk mengatasi krisis energi. dan dapat digunakan sebagai alternatif untuk menyediakan sumber energi listrik bagi daerah-daerah atau pedesaan terpencil dan terisolir yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik *on-grid* atau jaringan PLN.

2. Manfaat Bagi Mahasiswa

Adapun manfaat penelitian bagi mahasiswa, yaitu:

- a. Menumbuhkan sikap kepedulian dan pengabdian terhadap masyarakat.
- b. Mengembangkan dan meningkatkan potensi diri yang dimiliki mahasiswa dengan rasa percaya diri serta pola pikir yang inovatif.
- c. Memberikan gambaran secara nyata kepada mahasiswa tentang energi terbarukan khususnya dalam pemanfaatan energi matahari / surya sebagai sumber energi alternatif.
- d. Merupakan wadah untuk dapat mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama perkuliahan serta alat koreksi diri tentang sejauh mana ilmu yang dimiliki dapat dikembangkan.

3. Manfaat Bagi Universitas

Adapun manfaat penelitian ini bagi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara adalah sebagai berikut :

- a. Universitas dapat meningkatkan kualitas lulusan mahasiswanya melalui penelitian tugas akhir ini.
- b. Memperkenalkan kreativitas yang mampu ditampilkan oleh mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara baik antar Universitas maupun lembaga pendidikan lainnya.

4. Manfaat Bagi Masyarakat

Adapun manfaat penelitian ini bagi masyarakat yaitu :

- a. Berdasarkan data penelitian yang diperoleh diharapkan dapat membantu masyarakat untuk memperhitungkan biaya yang dibutuhkan dan merencanakan dengan baik pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) khususnya di Desa Karang Gading Kecamatan Hampan Perak Kabupaten Deli Serdang.
- b. Dapat mengatasi krisis energi listrik yang sulit didapat akibat sulitnya akses menuju kolam-kolam ikan mas masyarakat setempat.
- c. Dapat mengurangi biaya pengeluaran para peternak ikan mas khususnya biaya pengeluaran BBM akibat penggunaan genset.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai latar belakang pemilihan judul skripsi, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang penelitian terdahulu serta teori-teori yang berkaitan dengan *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Lampu LED Superbright Dan Pompa Air DC Pada Kolam Ikan mas*.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan data riset dan tempat penelitian serta langkah-langkah pemecahan masalah yang akan dibahas, yang meliputi tahap pengumpulan data perancangan prototipe pembangkit listrik tenaga surya dan cara pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi ulasan dan pengujian terhadap perancangan yang telah diimplementasikan dengan miniature alat penelitian serta perhitungan tegangan dan daya yang dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik tenaga surya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang didapat selama menjalani penelitian, serta saran yang diharapkan dapat bermanfaat dalam usaha untuk melakukan perbaikan dan pengembangan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Panel surya didesain untuk mengubah cahaya yang diterimanya menjadi energi listrik. tanpa menggunakan reaksi kimia atau memindahkan bagian-bagiannya. Panel surya *monocrystalline silicon* merupakan panel yang memiliki tingkat efisiensi antara 12-15%. Matahari memancarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi disebut insolation (*incoming solar radiation*) yang mengalami penyerapan (*absorpsi*), pemantulan, hamburan, dan pemancaran kembali atau reradiasi. Radiasi tersebut hanya sekitar 50% yang dapat diserap oleh bumi [1][3].

Potensi tenaga surya di Indonesia secara umum ada pada tingkat cukup. Suplai energi surya yang diterima oleh permukaan bumi yaitu mencapai 3×10^{24} joule pertahun. energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Energi listrik searah yang dihasilkan oleh panel surya dan energi yang telah tersimpan dalam baterai, diubah bentuknya menjadi energi listrik bolak-balik. Hal ini disebabkan oleh beban-beban listrik yang membutuhkan arus bolak-balik seperti tv, lampu dan lain-lain. masih banyak yang menggunakan suplai listrik bolak-balik. Untuk mengubah energi listrik searah menjadi bolak-balik digunakan inverter (konverter dc-ac) [4].

Penelitian Tentang “perancangan dan realisasi kebutuhan kapasitas baterai untuk beban pompa air 125 watt menggunakan pembangkit listrik tenaga surya”: Sistem photovoltaic dengan memanfaatkan energi surya pada sistem pompa air sebagai penyuplai daya adalah salah satu contoh proyek aplikatif pengembangan potensi daya elektrik menggunakan energi surya secara luas di Indonesia. Metoda penelitian ini menggunakan panel surya yang dibebani dengan pompa air pada keadaan cuaca cerah dan mendung. Dari hasil pengukuran dan analisis, didapatkan persentase jatuh tegangan dengan beban yang sama pada sistem fotovoltaiik terbesar terjadi pada saat keadaan cuaca mendung sebesar 5.06 % dan jatuh tegangan terkecil pada keadaan cuaca cerah sebesar 4.32 %. Dari hasil pengukuran kapasitas baterai, arus yang terukur pada 10 menit pertama adalah 16.1 ampere, dan 10 menit

ke enam sebesar 13.25 ampere. dibandingkan dengan hasil perhitungan sebesar 37.5 Ah. Sisa kapasitas baterai setelah pemakaian adalah 13.25 Ah. Efisiensi rata-rata inverter adalah 46.7835 %. Kebutuhan kapasitas baterai untuk beban pompa air 125 watt menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sudah tepat [5].

Penelitian tentang “Analisa Perhitungan Tegangan Dan Arus Pada Penggunaan Pompa Air Dc Yang Di Suplai Oleh Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya” penelitian menggunakan panel surya 50 WP sebagai sumber energi utama untuk menyuplai energi ke pompa DC agar dapat menghasilkan air bersih yang diinginkan. Dari penelitian kali ini dihasilkan nilai tegangan dan arus pada panel surya . arus dan tegangan yang tertinggi di hasilkan pada siang hari berkisar pukul 10.00-12.00 WIB. Pengujian yang dilakukan dalam keadaan cuaca setengah hari mendung setengah hari terik. manfaat yang didapatkan dari pengujian ini ialah untuk dapat menghasilkan air bersih tanpa harus menunggu malam hari dan dapat mengurangi pemakaian pada sumber utama seperti PLN [6].

Penelitian “Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP” menyatakan bahwa Kebutuhan akan listrik baik untuk kalangan industri. perkantoran. maupun masyarakat umum dan perorangan sangat meningkat. Tetapi. peningkatan kebutuhan listrik ini tidak diiringi oleh penambahan pasokan listrik. Berdasarkan permasalahan tersebut. energi surya dipilih sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Alat yang digunakan disini adalah sel surya. karena dapat mengkonversikan langsung radiasi sinar matahari menjadi energi listrik (proses *photovoltaic*). Agar energi surya dapat digunakan pada malam hari. maka pada siang hari energi listrik yang dihasilkan disimpan terlebih dahulu ke baterai yang dikontrol oleh regulator. Keluaran regulator langsung dihubungkan dengan inverter dari arus DC ke AC. Hasil pengujian modul surya (*photovoltaic*) terlihat bahwa hasil daya keluaran rata-rata mencapai 38.24 Watt. dan arus yang didapatkan sebesar 2.49 A (Ampere). Hal ini dikarenakan *photovoltaic* saat mengikuti arah pergerakan matahari akan selalu memposisikan *photovoltaic* untuk tetap menghadap matahari sehingga tetap akan dapat menangkap pancaran matahari secara maksimal [7].

Penelitian tentang “Sistem penjejak matahari dua axis Pada pembangkit listrik tenaga surya” menyatakan bahwa Energi matahari adalah salah satu sumber energi

alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Sumber energi ini belum dimanfaatkan secara optimal, dikarenakan pengaruh dari rotasi dan revolusi bumi. Sistem penjejak matahari dua axis adalah suatu inovasi baru yang dirancang khusus untuk optimalisasi pengoprasian panel surya sebagai pembangkit energilistrik. Perancangan perangkat keras yang terdiri dari solar cell sebagai alat konversi dari cahaya matahari menjadi tenaga listrik, pengolahan data yang dioperasikan dengan Arduino Nano, sensor LDR, sensor tegangan, driver relay, dan penampil LCD. Dengan menggunakan sistem penjejak matahari ini dapat menambah efektifitas sel surya, karena energi terbesar yang diterima oleh sel surya adalah arah radiasi matahari yang tegak lurus dengan bidang sel surya [8].

Penelitian Tentang “Teknologi Proses dan Inovasi Industri melakukan penelitian pengaruh temperatur / suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis *monocrystalline*, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur atau suhu terhadap tegangan yang dihasilkan oleh panel surya jenis *monocrystalline* [9].

2.2 Landasan Teori

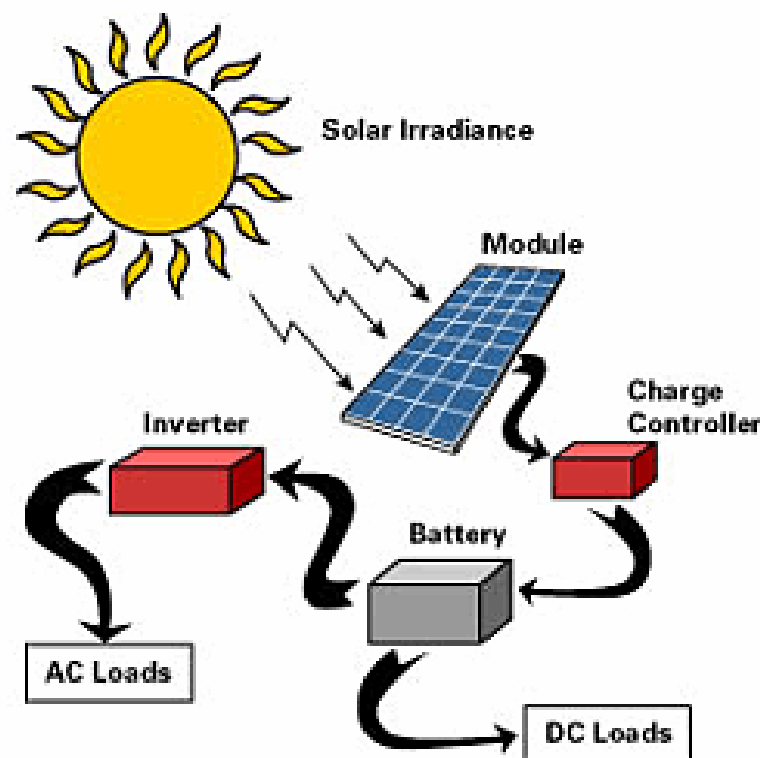
Pembangkit listrik tenaga surya PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya/energi matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. PLTS terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

- a) Modul Surya, yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik arus searah.
- b) Baterai, yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya.
- c) *Solar Charge Controller*, yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai.
- d) Inverter, yang berfungsi untuk mengubah listrik arus searah menjadi arus bolak-balik.

2.2.1 Energi Matahari

Energi surya adalah energi yang berupa sinar panas padan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik panas surya, dan fotosintesis buatan [6][10].

Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, perubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh pemanfaatan energi surya secara aktif adalah penggunaan panel fotovoltaik dan panel penyerap panas. Contoh pemanfaatan energi surya secara pasif meliputi mengarahkan bangunan ke arah matahari, memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dispersi cahaya yang baik, dan merancang ruangan dengan sirkulasi udara alam [5][11].

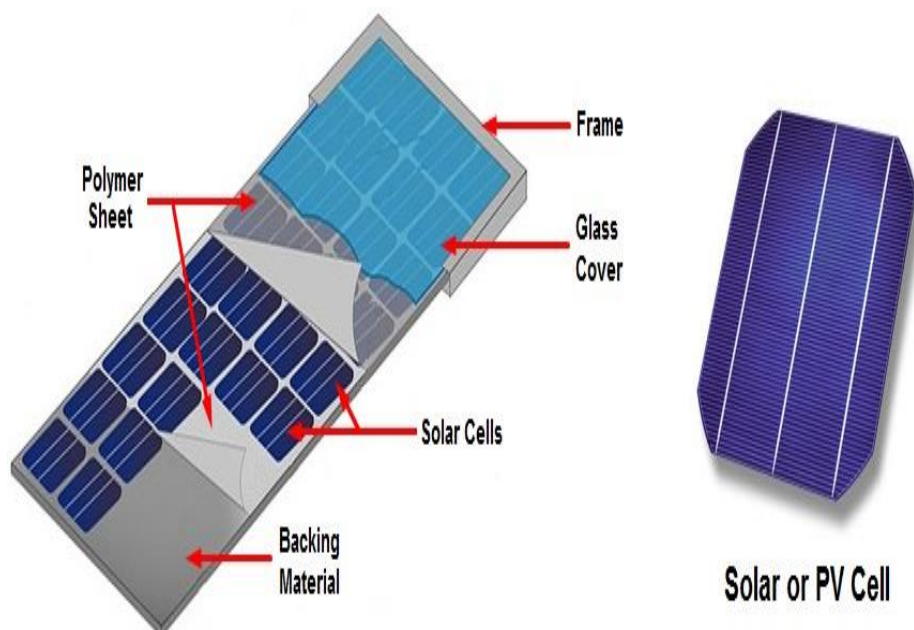


Gambar 2. 1 Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.3.1 Defenisi Sel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya dapat berupa alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat secara langsung mengubah energi surya menjadi bentuk tenaga listrik secara efisien. Efek fotovoltaiik ini ditemukan oleh Becquerel pada tahun 1839. dimana Becquerel mendeteksi adanya tegangan foto ketika sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit. Alat ini digunakan secara individual sebagai alat pendeteksi cahaya pada kamera maupun digabung seri maupun paralel untuk memperoleh atau mendapatkan suatu harga tegangan listrik yang dikehendaki sebagai pusat penghasil tenaga listrik. Hampir semua sel surya dibuat dari bahan *silicon* berkrystal tunggal. Bahan ini sampai saat ini masih menduduki tempat paling atas dari urutan biaya pembuatan bila disbanding energi listrik yang diproduksi oleh pembangkit konvensional. Hal ini disebabkan oleh harga *silicon* murni yang masih sangat mahal. Meskipun berbahan dasar pasir silikat (SiO_2), tetapi untuk membuatnya diperlukan biaya produksi yang tinggi [12].



Gambar 2. 2 Konstruksi Sel Surya (*Solar Cell*)

2.3.2 Sejarah Sel Surya (*Solar Cell*)

Aliran listrik matahari (surya) pertama kali ditemukan oleh *Aleander Edmond Beequerel* yang merupakan seorang ahli fisika yang berasal dari Jerman pada abad ke-19. Ia menangkap peristiwa dimana secara kebetulan berkas sinar matahari mengenai larutan elektron kimia yang mengakibatkan peningkatan muatan elektron. Setelah satu abad berlalu yakni pada awal abad ke-20, *Albert Einstein* mulai mengembangkan penemuan tersebut. *Einstein* menamai penemuan *Alexander Admond Beequerel* dengan nama “*Photoelectric effect*” yang menjadi dasar pengertian “*Photovoltaic effect*” [13].

Einstein melakukan pengamatan pada sebuah lempeng metal yang melepaskan foton partikel energi cahaya ketika energi matahari mengenainya. Foton-foton tersebut secara terus-menerus mendesak atom metal, sehingga terjadi partikel energi dari hasil pengamatan *Einstein* tersebut. Maka sekitar tahun 1930, ditemukan konsep baru *Quantum mechanics* yang digunakan untuk menciptakan teknologi *solid state*. Teknologi tersebut dimanfaatkan oleh *Bell Telephone Research Laboratories* untuk membuat sel surya padat pertama. Berkembang zaman pemanfaatan dan desain sel surya semakin berkembang. Hal ini terjadi pada tahun 1950-1960 dimana sel surya siap diaplikasikan ke pesawat ruang angkasa. Perkembangan sel surya semakin pesat pada tahun 1970-an sel surya diperkenalkan secara besar-besaran diseluruh dunia sebagai energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan [7][8].

2.3.3 Prinsip Kerja Sel Surya (*Solar Cell*)

Prinsip kerja pengonversian tenaga surya menjadi tenaga listrik melalui sel surya dapat dilihat pada gambar 2.9, yang melalui tahapan proses :

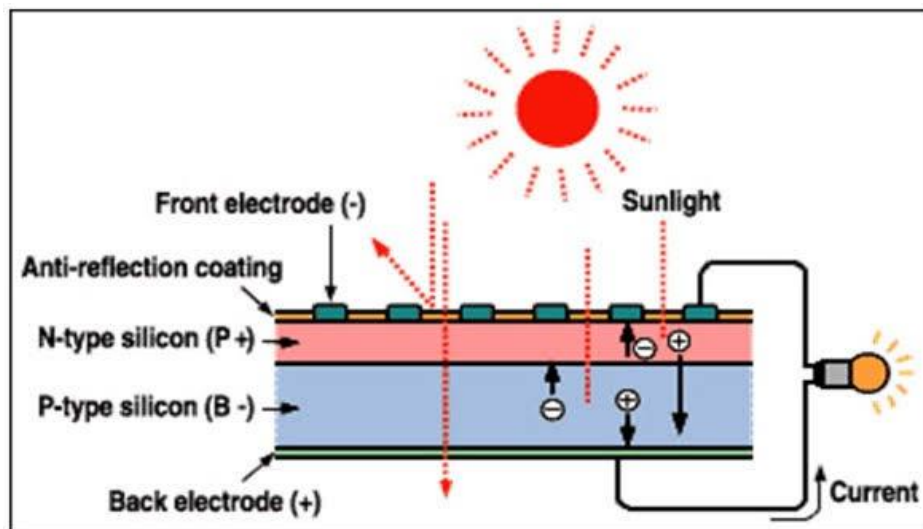
1. Absorpsi cahaya dalam semikonduktor
2. Membangkitkan serta memisahkan muatan positif dan negatif bebas ke daerah-daerah lain dari sel surya, untuk membangkitkan tegangan dalam sel surya
3. Memindahkan muatan-muatan yang terpisah tersebut ke terminal-terminal listrik dalam bentuk aliran tenaga listrik.

Prinsip kerja sel surya silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor p-n junction. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor doping-n dan doping-p yang

membentuk p-n junction. lapisan anti refleksi. 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 (Eko et al. n.d.)



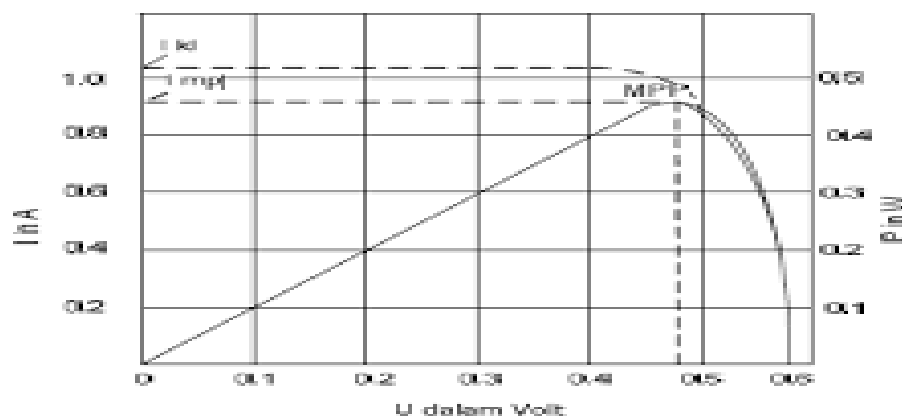
Gambar 2. 3 Proses Pengubahan Energi Matahari menjadi Energi Listrik Pada Sel Surya

Dengan menambahkan kontak logam pada area p dan n maka telah terbentuk dioda. 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 maupun hold ini dapat bergerak dalam material sehingga akan menghasilkan pasangan elektron-hole. Apabila diberikan hambatan pada terminal sel surya. maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga nantinya akan menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir.

2.3.4 Karakteristik Sel Surya (*Solar Cell*)

Solar cell atau panel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan *solar cell*. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan solar cell sama dengan nol atau digambarkan sebagai “solar cell hubung pendek”. “arus rangkaian pendek” atau I_{sc} (*short circuit current*), yang sebanding dengan irradiansi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai I_{sc} naik dengan meningkatnya temperatur, meskipun temperatur standar yang tercatat untuk arus rangkaian pendek adalah 25° C. Jika arus solar cell sama dengan nol, solar cell tersebut digambarkan sebagai “rangkaiannya terbuka”. Tegangan sel surya kemudian menjadi “tegangan rangkaian terbuka”. V_{oc} (*open circuit voltage*). Ketergantungan V_{oc} terhadap irradiansi bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertai peningkatan temperatur melebihi kecepatan kenaikan I_{sc} . Oleh karena itu, daya maksimum solar cell dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperatur. Pada kebanyakan solar cell, peningkatan temperatur dari 25° C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%. [4].

Sel surya menghasilkan daya maksimumnya pada tegangan tertentu. Gambar 2.4 dibawah ini menunjukkan tegangan, arus dan karakteristik tegangan dayanya. Gambar ini juga menunjukkan dengan jelas bahwa kurva daya memiliki titik daya maksimum yang disebut MPP (*Maximum Power Point*). Tegangan titik daya maksimum atau V_{MPP} biasanya kurang dari tegangan rangkaian terbuka dan arusnya, I_{MPP} lebih rendah dibandingkan dengan arus rangkaian pendek. Pada titik daya maksimum (MPP), arus dan tegangan memiliki hubungan yang sama dengan irradiansi dan temperatur sebagaimana arus rangkaian pendek dan tegangan rangkaian terbuka [10].



Gambar 2. 4 Grafik Arus Terhadap Tegangan Sebagai Karakteristik Panel Surya

Efisiensi solar cell (η) adalah perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya dengan daya pancaran (*radiant*) pada bidang solar cell.

$$\eta = \frac{IMPP \cdot VMPP}{(\text{Intensitas Cahaya})(\text{Luas Panel})} \times 100\% \quad (2.1)$$

2.3.5 Klasifikasi Panel Surya (*Solar Cell*)

Cristal silikon dapat dibuat dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Semakin tinggi kadar kemurnian silikon yang dipakai untuk pembuatan sel surya maka semakin baik pula efisiensinya dalam mengubah energi matahari menjadi listrik. Adapun jenis sel surya dengan bahan silikon yaitu:

a) *Silikon Amorph*

Sel-sel *silikon amorph* tersusun dari atom-atom silikon dalam sebuah lapisan homogen yang tipis dan bukan berupa kristal namun dapat menyerap sinar matahari dengan baik. Di samping itu, silikon amorph juga dikenal dengan sebutan teknologi PV lapisan tipis atau "*thin film*". Silikon amorph memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada sel-sel kristalin lainnya dan umumnya sekitar 6%.

b) *Sel Silikon Monokristalin*

Sel monokristalin yang berada dipasaran memiliki efisiensi sebesar 15%. *Silikon monokristalin* memiliki kemurnian yang sangat tinggi dan struktur kristal yang sangat tinggi dan struktur kristal yang hampir sempurna.

c) *Sel Silikon Polikristalin*

Sel *polikristalin* ini kadang disebut juga sel *multikristalin*. Sel polikristalin memiliki efisiensi yang lebih rendah dengan rata-rata sekitar 12%.

d) *Teknologi Lapisan Tipis Thin Film*

Pengembangan teknologi bahan sel surya *thin film* adalah Cadmium Tellurida (CdTe), Cadmium sulfida, Copper Indium Diselenida (CIS) dan Gallium Arsenida. Sel-sel *thin film* sangat fleksibel, bisa dipasang pada berbagai bentuk permukaan baik yang rata maupun melengkung. Oleh karena itu *thin film* sangat fleksibel untuk berbagai macam aplikasi.

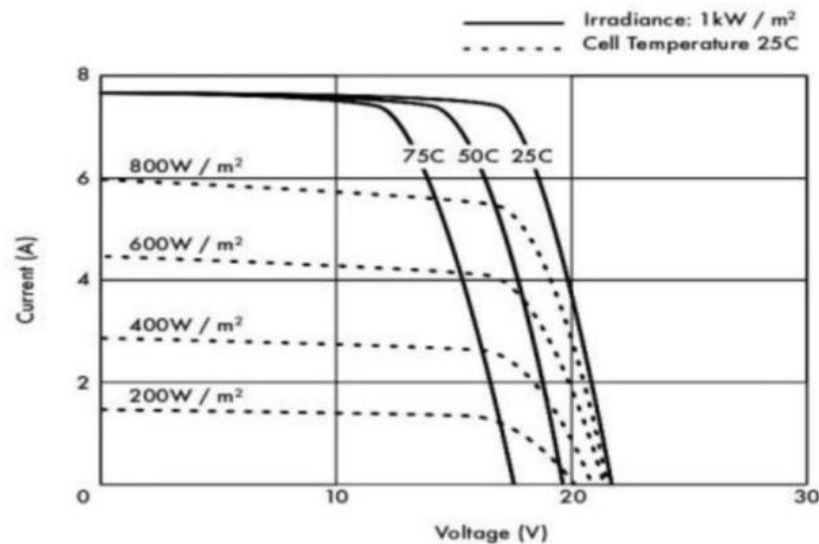
2.3.6 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Pada pengoperasian sel surya dibutuhkan beberapa variabel atau faktor agar sel surya dapat beroperasi secara maksimal. faktor tersebut adalah:

A. Ambien Air Temperatur

Sel surya dapat beroperasi secara maksimal jika temperatur sel tetap normal pada 25 derajat celsius. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan Voc.

Gambar 2.5 menunjukan setiap kenaikan teperatur sel surya 10 derajat celcius dari 25 derajat celcius akan berkurang sekitar 0.4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10 derajat celcius.



Gambar 2. 5 Karakteristik Penurunan Tegangan Terhadap Kenaikan Temperatur

Faktor menurunnya akibat perubahan temperatur dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_{Temp} = [1 + a_p (T_c - T_{cSTC})] \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana koefisien temperatur daya (%/°C). T_c adalah temperature sel surya pada kondisi uji baku (25°C). Koefisien temperatur menunjukkan seberapa kuat pengaruh temperatur sel surya terhadap daya listrik luaran panel surya berkurang jika temperatur sel surya meningkat. Besarnya nilai koefisien temperatur daya tergantung pada jenis sel surya. Nilai koefisien ini adalah nol apabila pengaruh

tergantung pada jenis sel surya. Nilai koefisien ini adalah nol apabila pengaruh temperatur terhadap daya listrik panel surya diabaikan [3].

Temperatur sel surya, T_c adalah temperatur yang diukur pada permukaan panel surya. Pada malam hari, nilai temperatur ini sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, namun pada siang hari saat terik matahari, nilai temperatur ini dapat mencapai 30°C atau lebih di atas temperatur lingkungan sekitarnya

Untuk menghitung temperatur sel surya ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_c = T_a + I_r \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left(1 - \frac{\eta_c}{\gamma_c} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana T_a adalah temperatur daerah sekitar ($^\circ\text{C}$). $T_{c,NOCT}$ adalah temperatur daerah sekitar di mana temperatur nominal sel surya di definisikan (20°C). $I_{T,NOCT}$ adalah radiasi matahari pada temperatur nominal sel surya didefinisikan (0.8 kW/m^2). η_c adalah efisiensi konversi listrik panel surya (%), serta tingkat penyerapan panel surya. Tingkat penyerapan panel surya merupakan rasio antara radiasi total yang terserap oleh panel surya terhadap radiasi total yang mengenai permukaan panel surya. Pada kondisi normal, panel surya harus mampu menyerap atau menerima paling sedikit 90% dari radiasi atau paparan cahaya matahari yang mengenainya [2]. Untuk mengukur nilai ambient temperatur dapat menggunakan *thermometer* yang dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut :



Gambar 2. 6 Thermometer

Prinsip kerja *thermometer* memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan dengan temperatur. tiap temperatur memiliki tegangan tertentu. Pada temperatur yang sama. logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B. terjadi beda tegangan yang dapat dideteksi dari input temperatur lingkungan setelah melakukan termokopel terdeteksi sebagai perbedaan tegangan [14].

B. Radiasi Matahari

Radiasi matahari di bumi pada lokasi yang berbeda akan bervariasi dan sangat tergantung dengan keadaan spektrum matahari ke bumi. Insolasi matahari akan banyak berpengaruh terhadap arus (I) dan sedikit terhadap tegangan. Untuk mengukur intensitas matahari dapat dilihat pada Gambar: 2.7 *Lux Meter* dibawah ini.



Gambar 2. 7 Lux Meter

Prinsip kerja *lux meter* untuk menangkap energi cahaya *photo celly* yang ada dan mengubahnya menjadi energi listrik. Selanjutnya. energi listrik dalam bentuk arus digunakan untuk menggerakkan jarum sekalah. Untuk alat digital energi listrik diubah menjadi angka yang dapat dibaca pada layar monitor [14].

C. Atmosfir Bumi

Keadaan atmosfer bumi yang berawan mendung. jenis partikel debu udara. asap. uap air udara. kabut dan polusi sangat berpengaruh untuk menentukan hasil maksimal arus listrik dari sel surya.

D. Tiupan Angin

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi sel surya sangat membantu terhadap permukaan sel surya sehingga temperatur dapat terjaga dikisaran 25°C.

E. Posisi Letak Sel Surya Terhadap Matahari

Mempertahankan sinar matahari jauh ke sebuah permukaan modul surya secara tegak lurus akan memperoleh energi maksimum $\pm 1000 \text{ w/m}^2$ atau 1 kw/m^2 untuk mempertahankan tegak lurusnya sinar matahari terhadap panel surya dibutuhkan pengukuran posisi modul surya. karena *sun altitude* akan berubah setiap jam dalam sehari.

F. Orientasi Panel

Orientasi dari rangkaian panel ke arah matahari secara optimal memiliki efek yang sangat besar untuk menghasilkan energi yang maksimum. Selain arah orientasi sudut. orientasi dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi yang maksimum. Untuk lokasi yang terletak dibelahan utara. maka panel sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu juga yang letaknya dibelahan selatan. maka panel sebaiknya diorientasikan ke utara. Ketika panel diorientasikan ke barat atau ke timur sebenarnya akan tetap menghasilkan energi. namun energi yang dihasilkan tidak akan maksimal.

2.3.7 Posisi Modul Surya Terhadap Gerakan Arah Matahari

Posisi kemiringan panel surya juga dapat menentukan daya yang di hasilkan panel surya. Kemiringan panel surya dapat ditentukan dari garis lintang lokasi pemasangan panel surya.

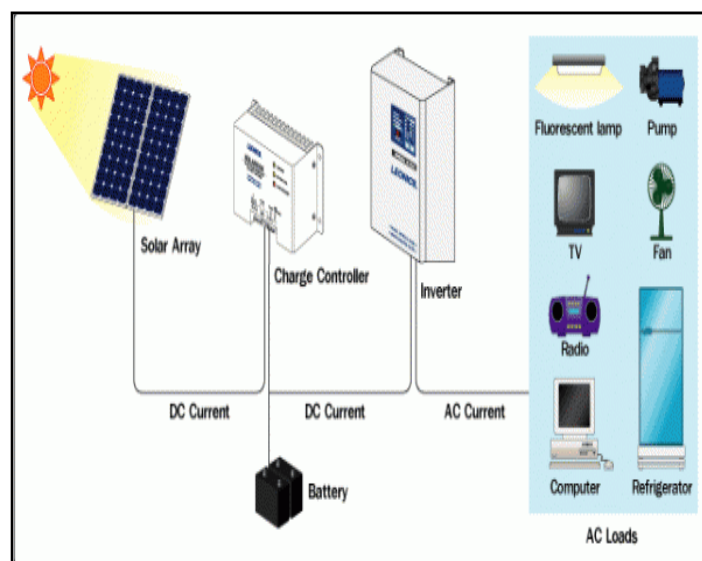
Tabel 2. 1 Tabel Kemiringan Panel Surya

Garis Lintang	Sudut Kemiringan
0 – 15°	15°
15 – 25°	25°
25 – 30°	30°
30 – 35°	40°
35 – 40°	45°
40 – 90°	65°

2.3.8 Aplikasi Panel surya (*Solar Cell*)

1. Solar Home System (SHS)

Solar Home System (SHS) adalah aplikasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang menawarkan solusi penyediaan sumber energi listrik yang praktis dan fleksibel untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik bagi daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN. *Solar Home System* (SHS) dapat dikombinasi dengan sumber *backup* cadangan seperti PLN ataupun Genset dengan sistem *switching* sederhana sampai dengan otomatis. *Solar Home System* (SHS) dengan skala kecil umumnya di desain secara *portable* dalam satu unit box, sehingga mudah dipindahkan dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Sedangkan *Solar Home System* (SHS) dengan skala besar dapat dibangun dalam satu area terpusat yang dikenal atau disebut dengan istilah *Solar Home System* (SHS) sentralisasi atau komunal [15].



Gambar 2. 8 Solar Home System (SHS)

2. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)

Penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) adalah penerangan jalan yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi listriknya. Penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) sangat cocok untuk digunakan pada daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN terutama pada daerah-daerah terpencil dan terisolir. Selain itu, penggunaan penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS)

juga tengah marak digunakan pada daerah perkotaan seperti di jalan utama, jalan perumahan, halte bis, tempat parkir, stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) dan lain sebagainya. Secara singkat, cara kerja dari penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) ialah, mulanya panel surya (*solar cell*) berfungsi menerima cahaya atau sinar matahari yang kemudian akan diubah menjadi energi listrik untuk mengisi baterai (*accu*). Kemudian, energi listrik yang tersimpan didalam baterai dapat digunakan untuk menghidupkan lampu penerangan mulai dari sore hari sampai dengan pagi hari [15].



Gambar 2.9 Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)

2.3.9 Kelebihan Dan Kekurangan Penggunaan Panel surya (Solar Cell)

A. Kelebihan Penggunaan Sel Surya (*Solar Cell*)

Beberapa kelebihan sel surya diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Tidak Pernah Habis

Penggunaan PLTS ini tidak akan pernah habis di karenakan bahan bakar utama untuk membangkitkan energi listrik ini ialah energi matahari yang mana energi ini tidak akan pernah habis dan jumlahnya sangat berlimpah di bumi.

2. Umur Panel Surya Yang Panjang

Hasil riset data dilapangan menunjukkan bahwa penggunaan sel surya (*solar cell*) dapat bertahan hingga 25 tahun dengan perawatan yang terjaga.

3. Biaya Perawatan Rendah

Ini dikarenakan sel surya sendiri hanya membutuhkan perawatan instalasi. dan tidak membutuhkan perawatan yang maksimal sebab PLTS memproduksi energi dalam keadaan diam dan tidak menimbulkan kerusakan apapun serta suara yang berisik.

4. Ramah Lingkungan

Ramah lingkungan dikarenakan pembangkit ini tidak menyumbangkan polusi udara akibat proses pembangkitan energinya yang tidak menggunakan bahan bakar fosil.

B. Kekurangan Penggunaan Sel Surya (*Solar Cell*)

Kekurangan dari penggunaan panel surya (*solar cell*) untuk digunakan sebagai pembangkit listrik diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Biaya Awal Pembangunan Besar

PLTS membutuhkan biaya awal untuk pembangkitan ini sangat besar karena harga dari tiap komponen yang relatif mahal.

2. Daya Yang Dihasilkan Tidak Pasti

Daya yang di hasilkan oleh pembangkit ini tidaklah pasti karena bergantung pada cahaya yang di terimanya . jika cuaca mendung maka daya yang dihasilkan tidaklah banyak dan ketika malam hari maka energi yang dihasilkan tidak ada.

2.4 Analisa Pada Panel surya (*Solar Cell*)

2.4.1 Energi Listrik

Sinar matahari dapat menghasilkan energi listrik. Sebuah sel surya tidak tergantung pada besaran luas bidang silikon. dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar antara ± 0.5 volt maksimum 600 mV pada 2 ampere. dengan kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W/m}^2 = \text{“1 Sun”}$ akan menghasilkan arus listrik sekitar 30 mA/cm^2 per sel surya [4][6].

2.4.2 Arus dan Tegangan

Atom ialah sebuah material yang disusun berdasarkan partikel-partikel yang sangat kecil. Atom terdiri dalam berbagai gabungan yang terdiri partikel-partikel sub-atom. susunan tersebut diantaranya adalah elektron yang disebut partikel subatom yang bermuatan negatif. proton salah satu jenis partikel bermuatan positif. dan neutron salah satu jenis partikel bermuatan netral dalam berbagai gabungan. Pada suatu rangkaian terdapat suatu resistansi atau hambatan (R) oleh karena itu rangkaian tersebut akan muncul hukum ohm. Hukum ohm mendefinisikan hubungan antara arus (I). tegangan (V). dan resistansi atau hambatan (R) [4][6].

Berikut merupakan rumusan persamaan dari ketiganya :

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Hambatan (Ohm)

2.4.3 Daya Output

Sedangkan untuk besarnya daya pada sel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (Voc). arus hubung singkat (Isc). dan *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel *Photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: [5][8].

$$P_{out} = Voc \times Isc \times FF \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh solar sel (watt)

Voc = Tegangan rangkaian terbuka pada solar sel (volt)

Isc = Arus hubung singkat pada solar sel (ampere)

FF = *Fill Factor*

Sedangkan untuk mencari nilai daya output rata-rata yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{rata-rata}} = \frac{P_1 + P_2 + P_n}{n} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- $P_{\text{rata-rata}}$ = Daya rata-rata (watt)
- P_1 = Daya pada titik pengujian ke satu
- P_2 = Daya pada titik pengujian ke dua
- P_n = Daya pada titik pengujian ke n

2.4.4 Daya Input

Sebelum mengetahui berapa nilai daya yang dihasilkan harus mengetahui daya yang diterima. dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area panel surya dengan persamaan [5][8].

$$P_{\text{in}} = I_r \times A \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

- P_{in} = Daya input akibat *irradiance*
- I_r = Intensitas radiasi matahari
- A = Luas area permukaan *photovoltaic module* (m^2)

2.4.5 Fill Factor

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama. Menurut Green MA. dkk (2006). karakteristik dari sel surya dapat diperoleh berdasarkan tiga parameter yaitu tegangan hubung singkat (I_{sc}) dan faktor isi. Besarnya faktor isi dapat diketahui dari persamaan berikut ini:

$$FF = \frac{V_{\text{mpp}} \times I_{\text{mpp}}}{V_{\text{oc}} \times I_{\text{sc}}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

F_f = Faktor isi .

I_{mp} = Arus maksimum (ampere)

V_{mp} = Tegangan maksimum (volt).

I_{sc} = Arus hubung singkat (ampere)

V_{oc} = Tegangan hubung terbuka (volt)

2.4.6 Effisiensi Sel Surya

Effisiensi sel surya yang didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan dari sel (P_{max}) dibagi dengan daya dari cahaya yang datang (P_{cahaya}) [4][7].

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

η = Effisiensi panel surya (*solar cell*)

P_{max} = Daya maksimum panel surya (*solar cell*) (watt)

P_{cahaya} = Irradiasi matahari ($W/m^2/hari$)

2.5 Komponen-Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.5.1 Solar Charger Controller

Solar Charger Controller (SCC) adalah alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya kedalam baterai (aki) dan juga pengosongan muatan listrik dari baterai pada beban seperti inverter, lampu, TV dan lain – lain. Pada umumnya terdapat 6 terminal pada sebuah solar charger controller. 2 terminal untuk arus dari panel surya. 2 terminal untuk menghubungkannya pada aki. dan 2 terminal untuk penggunaan.

Dengan adanya solar charger controller maka energi listrik yang telah dihasilkan oleh sel surya otomatis akan diisikan pada aki dan menjaga aki agar tetap dalam kondisi baik. kemudian solar charger controller juga energi dari sel surya yang dapat digunakan langsung.



Gambar 2. 10 *Solar Charger Controller*

Prinsip kerja solar charge controller terbagi menjadi dua yaitu pada saat mode charging dan mode operation.

1. Mode *Charging*: pengisi baterai dan menjaga pengisian jika baterai sudah mulai penuh.
2. Mode *Operation*: penggunaan baterai ke beban. baterai ke beban akan diputus di isi dengan metode *three stage charging*.

Adapun tipe-tipe *solar charge controller* yaitu sebagai berikut ini :

A. *Solar charger controller pulse width modulation (PWM)*

Solar charger ini akan melakukan pengisian muatan listrik kedalam baterai dengan arus yang besar ketika baterai kosong dan kemudian arus pengisian diturunkan secara bertahap ketika baterai semakin penuh. Misalnya panel surya dapat mempunyai tegangan output sekitar 18 volt. masuk ke solar controller yang mempunyai tegangan output antara 14.2 – 14.5 volt untuk pengisian baterai 12 volt. Dengan demikian akan terdapat kelebihan tegangan sekitar $18 - 14.5 = 3.5V$.

B. *Solar charger controller maximum power point tracking (MPPT)*

Solar charger ini lebih efisien konversi DC to DC. *MPPT charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban kedalam baterai dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan PV. maka daya dapat diambil dari baterai. Misalnya panel surya ukuran 120 watt memiliki karakteristik maksimum power 7.02 ampere. Dengan solar

charge controller selain MPPT dan tegangan baterai 12.4 volt. daya yang dihasilkan adalah $12.4 \text{ volt} \times 7.02 \text{ ampere} = 87.05 \text{ watt}$. Dengan MPPT maka ampere yang bisa diberikan adalah $120 \text{ watt} : 12.4 \text{ volt} = 9.68 \text{ ampere}$.

2.5.2 Baterai (Aki)

Baterai menyimpan energi dalam bentuk elektrokimia, dan merupakan perangkat yang paling banyak digunakan untuk penyimpanan energi dalam berbagai aplikasi. Energi elektrokimia adalah bentuk semi teratur energi, yang berada di antara bentuk listrik dan termal. Ini memiliki efisiensi konversi satu arah 85 hingga 90 persen. Penyimpanan energi elektrokimia pada potensial listrik rendah, biasanya beberapa volt. Kapasitas sel, dilambangkan dengan “C”. diukur dalam Ampere-hour (Ah), yang berarti dapat memberikan “C” ampere selama satu jam atau C/n ampere selama “:n” jam.



Gambar 2. 11 Baterai (Aki)

Baterai terbuat dari banyak sel elektrokimia yang dihubungkan dalam serangkaian kombinasi paralel untuk mendapatkan tegangan dan arus operasi yang diinginkan. Semakin tinggi tegangan baterai, semakin tinggi jumlah sel yang diperlukan dalam seri. Satuan daya baterai dinyatakan dalam bentuk tegangan rata-rata dalam satuan waktu dan kapasitas Ah dapat dikirimkan sebelum tegangan turun di bawah batas yang ditentukan. Hasil tegangan dan Ah membentuk rating energi Wh yang dapat dikirimkan ke beban dari kondisi terisi penuh. Pengisian baterai dan tingkat waktu dinyatakan dalam unit kapasitasnya di Ah. Misalnya, pengisian baterai 100 Ah pada tingkat C/10 berarti mengisi daya pada nilai 10 A.

Mengosongkan baterai itu pada tingkat C/2 berarti menghabiskan 50 A. di mana tingkat baterai akan sepenuhnya habis dalam 2 jam. Status Pengisian Baterai bisa didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{Status Pengisian} = \frac{\text{Kapasitas Yang Tersisa Pada Baterai}}{\text{Kapasitas Baterai}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Pada umumnya baterai memiliki dua jenis atau dua *type* utamanya. yang pertama ialah baterai primer dan yang kedua itu baterai isi ulang (*rechargeable battrey*). Baterai ABC adalah salah contoh alat penyimpan energi primer. Baterai primer ini biasanya tidak bisa dicas ulang dan hanya bersifat sekali pemakaian dan ketika energi listrik yang tersimpan habis maka batrai akan di buang. Baterai sekunder adalah baterai yang bisa diisi kembali. contohnya aki merek Yuasa yang terpasang pada kendaraan bermotor. Untuk sistem PLTS. hanya aki sekunderlah yang bisa kita gunakan dalam pengoprasiannya.

2.5.3 Pompa Air DC

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk menaikkan tekanan cairan dari cairan bertekanan rendah ke cairan yang bertekanan tinggi atau untuk memindahkan sebuah cairan dari satu tempat ke tempat lainnya. Perpindahan Pada umumnya pompa digerakkan oleh motor. mesin atau sejenisnya. Banyak faktor yang menyebabkan jenis dan ukuran pompa serta bahan pembuatnya berbeda. antara lain jenis dan jumlah bahan cairan tinggi dan jarak pengangkutan serta tekanan yang diperlukan dan sebagainya.



Gambar 2. 12 Pompa Air DC

Pompa air saat ini memiliki 2 tipe suplai daya . yang pertama suplai daya arus bolak-balik. dan yang ke dua adalah suplai daya arus searah ataum lebih dikenal DC. Kedua pompa air ini memiliki keunggulan masing-masing yang mana pada pompa AC memiliki keunggulan salah satunya sangat mudah di jumpai dipasaran dan menggunakannya sudah sangat mudah karena hanya di hubungkan pada daya yang bersumber pada PLN maka pompa sudah bisa dipergunakan. sedangkan pada pompa DC ia memiliki keunggulan di bidang harga yang terjangkau dan pompa ini hanya memerlukan sebuah baterai/aki kendaraan sepeda motor atau aki mobil maka pompa ini bisa langsung digunakan.

2.6 Metode Analisis Ekonomi Teknik

2.6.1 Capital Recovery Cost (CR)

Capital Recovery Cost (CR) dari suatu investasi adalah deret seragam dari modal yang tertanam dalam suatu investasi selama umur dari investasi tersebut. Nilai CR bisa digunakan untuk melihat apakah suatu investasi akan memberikan pendapatan yang cukup untuk menutupi modal yang dikeluarkan termasuk bunga yang mestinya dihasilkan pada tingkat MARR selama umur dari investasi tersebut. Nilai sisa dalam suatu perhitungan CR dianggap sebagai pendapatan sehingga formulasi pemulihan modal (CR) dapat dinyatakan sebagai berikut [16] :

$$\begin{aligned} \text{Biaya Investasi Awal} &= P_w (A_w/P_w. i\%. N) \\ &= P_w \times \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \dots\dots\dots (2.11) \end{aligned}$$

$$\text{Biaya Pemeliharaan} = 2.5\% \times \text{Biaya Investasi Awal} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Sisa} &= F_w (A_w/F_w. i\%. N) \\ &= F_w \times \frac{i}{(1+i)^N - 1} \dots\dots\dots (2.13) \end{aligned}$$

$$\text{CR} = (\text{Biaya investasi awal}) + (\text{Biaya Pemeliharaan}) - (\text{Nilai Sisa})$$

Atau

$$\text{CR}(i) = P_w(A_w/P_w.i\%.N) + A_w - F_w(A_w/P_w.i\%N) \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

$CR(i)$ = Ongkos pemulihan pada MARR sebesar i %

P_w = Modal yang di tanamkan sebagai investasi awal

F_w = Estimasi nilai sisa pada tahun ke N

N = Estimasi umur investasi di tetapkan

2.6.2 Metode Periode Pengembalian (*Payback Period*)

Pada dasarnya periode pengembalian (*Payback Period*) adalah jumlah periode (tahun) yang diperlukan untuk mengembalikan (menutup) ongkos investasi awal dengan tingkat pengembalian tertentu. Perhitungannya dilakukan berdasarkan aliran kas baik tahunan maupun yang merupakan nilai sisa. Untuk mendapatkan periode pengembalian pada suatu tingkat pengembalian (*rate of return*) tertentu digunakan model formula berikut: Apabila A_w sama dari satu periode keperiode yanglain (deretseragam) maka persamaan dapat dinyatakan berdasarkan factor PW/AW adalah :

$$\begin{aligned} \text{Nilai sisa} &= F_w (A_w/F_w \cdot i\% \cdot N) \\ &= F_w \times \frac{i}{(1+i)^N - 1} \dots\dots\dots (2.15) \end{aligned}$$

Keterangan :

F_w = Estimasi nilai sisa pada tahun ke N

AW = Nilai deret seragam

N = Estimasi umur investasi di tetapkan

Apabila suatu alternatif memiliki masa pakai ekonomis lebih besar dari periode pengembalian N maka alternatif tersebut layak diterima. Sebaliknya, bila N lebih besar dari estimasi masa pakai suatu alat atau umur suatu investasi maka investasi atau alat tersebut tidak layak diterima karena tidak akan cukup waktu untuk mengembalikan modal yang dipakai sebagai biaya awal dari investasi tersebut.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Perancangan dan pembuatan prototipe pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) serta riset data terhadap penelitian ini telah dilaksanakan selama 1 tahun di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini :

3.2.1 Alat Yang Digunakan

Dalam melakukan penelitian ini terdapat beberapa alat yang dipergunakan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3. 1 Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	Trafo Las 900 Watt	Untuk mengelas nipple hidrolik pada plat besi yang akan dijadikan alas/kaki tiang penyangga panel surya.
		Untuk mengelas plat besi yang akan dijadikan tiang penyangga komponen-komponen PLTS pada klem pipa hidrolik.
2	Gerinda Tangan	Untuk memotong pipa hidrolik dan plat besi.
		Untuk merapikan bekas-bekas pengelasan.
3	Gergaji Listrik	Untuk memotong triplek kayu.
4	Pensil	Sebagai penanda ukuran.
5	Meteran	Untuk mengukur panjang pipa. plat besi dan triplek kayu yang akan digunakan.

No	Nama Alat	Fungsi
6	Multitester	Untuk mengukur dan mengetahui tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya.
7	Thermometer	Untuk mengukur suhu permukaan panel surya.
8	Solder Listrik	Untuk menyolder kabel pada terminal pompa air DC.
9	Obeng Plus (+)	Untuk mengunci skrup dan baut.
10	Tang Potong	Untuk memotong kabel.
11	Tang Lancip	Untuk menjepit skrup kabel dan mur.

3.2.2 Bahan – Bahan Yang Digunakan

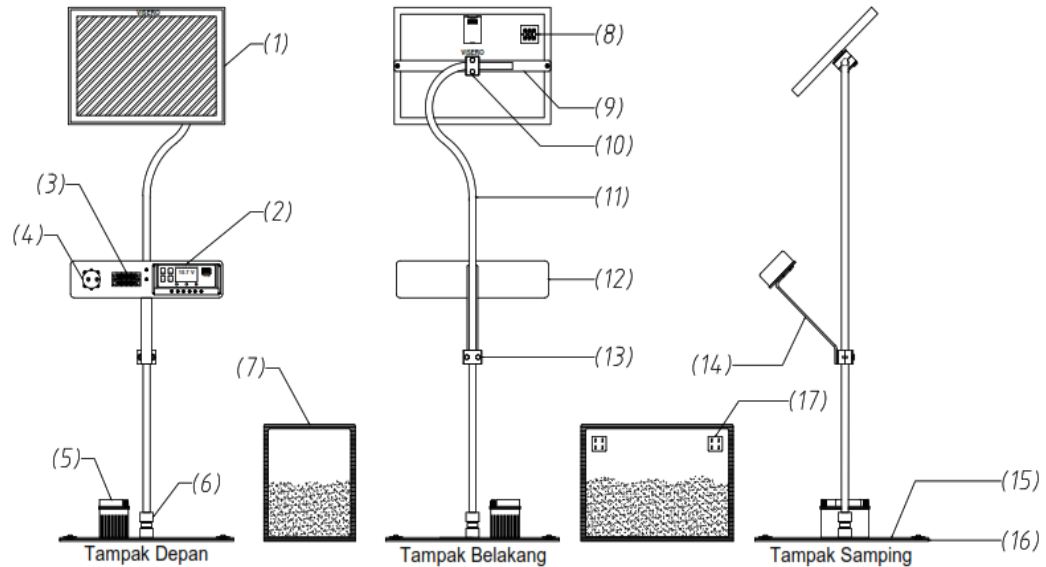
Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini :

Tabel 3. 2 Bahan-Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Nama Bahan	Jumlah	Unit
1	Panel Surya 10 Wp	1	Pc
2	Solar Charger Controller 10A	1	Pc
3	Pompa Air DC 12V	1	Pc
4	Lampu Led	4	Pcs
5	Baterai (Aki) 12 V	1	Pc
6	Mini Akuarium	1	Set
7	Pipa Hidrolik Ø16 mm x 1300 mm	1	Batang
8	Plat Besi 700 mm x 24 mm x 4 mm	1	Batang
9	Plat Besi Ø400 mm x 3 mm	1	Pc
10	Klem Pipa Hidrolik	2	Pcs
11	Fibre 350 mm x 82 mm x 4 mm	1	Pc
12	Stretch Coupling 30 mm	1	Pc
13	Triplek Kayu 800 mm x 600 mm x 5 mm	1	Pc
14	Terminal Blok	2	Pcs
15	Kabel 2.5 mm	4	Meter
16	Tie Mount	3	Pcs
17	Kabel Tie	15	Pcs
18	Kawat Las RB	2	Pcs
19	Baut + Mur 4 mm	8	Pcs
20	Baut + Mur 6 mm	2	Pcs
21	Baut Skrup 6 mm	4	Pcs
22	Cat Pilok Hitam	1	Kaleng

3.3 Perancangan Penelitian

3.3.1 Desain Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)



Gambar 3. 1 Desain Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Adapun komponen-komponen yang terpasang pada prototipe pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) serta fungsi setiap komponen terpasang pada gambar diatas dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

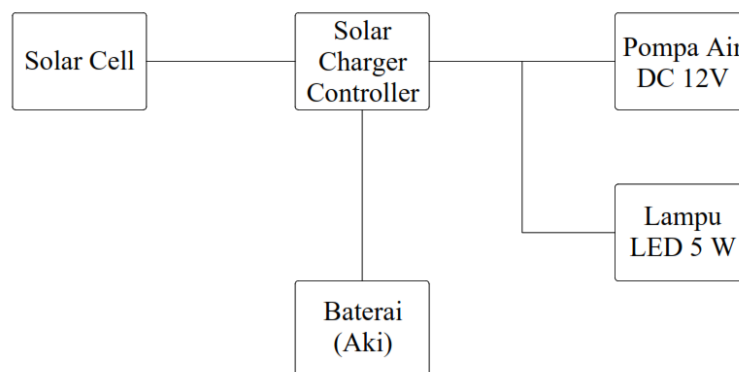
Tabel 3. 3 Fungsi Komponen Terpasang

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Panel Surya 10 Wp	Sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik.
2	Solar Charger Controller 10A	Pengatur tegangan dan arus listrik keluaran dari sel surya menuju baterai.
3	Terminal Blok	Sebagai penghubung komponen
4	Pompa Air DC 12V	Sebagai beban percobaan.
5	Baterai (Aki) 12 V	Media penyimpanan arus listrik.
6	Stretch Coupling 30 mm	Sebagai penghubung alas/kaki dengan tiang panel surya. (no. 11)
7	Mini Aquarium	Sebagai prototipe kolam ikan.
8	Terminal Blok	Sebagai penghubung komponen

No	Nama Bahan	Fungsi
9	Plat Besi 360 mm x 24 mm x 4 mm	Sebagai penyangga penyangga panel surya.
10	Klem Pipa Hidrolik	Menyatukan panel surya (no.1) pada tiang panel (no.11)
11	Pipa Hidrolik Ø16 mm x 1300 mm	Sebagai tiang panel surya
12	Fibre 350 mm x 82 mm x 4 mm	Sebagai tempat dudukan pompa air DC. terminal blok. & solar charger controller
13	Klem Pipa Hidrolik	Menyatukan tiang fibre (no.2) pada tiang panel (no. 11).
14	Plat besi 340 mm x 24 mm x 4 mm	Sebagai tiang dudukan fibre (no.2).
15	Plat Besi Ø400 mm x 3 mm	Sebagai alas atau kaki dudukan tiang panel (no.11)
16	Triplek Kayu 800 mm x 600 mm x 5 mm	Sebagai alas plat besi (no. 15)
17	Lampu LED 5W	Sebagai beban percobaan.

3.3.2 Rangkaian Penelitian

Adapun rangkaian penelitian ini dijabarkan menggunakan diagram blok dari sistem yang dirancang yang diperlihatkan pada gambar 3.2 berikut:



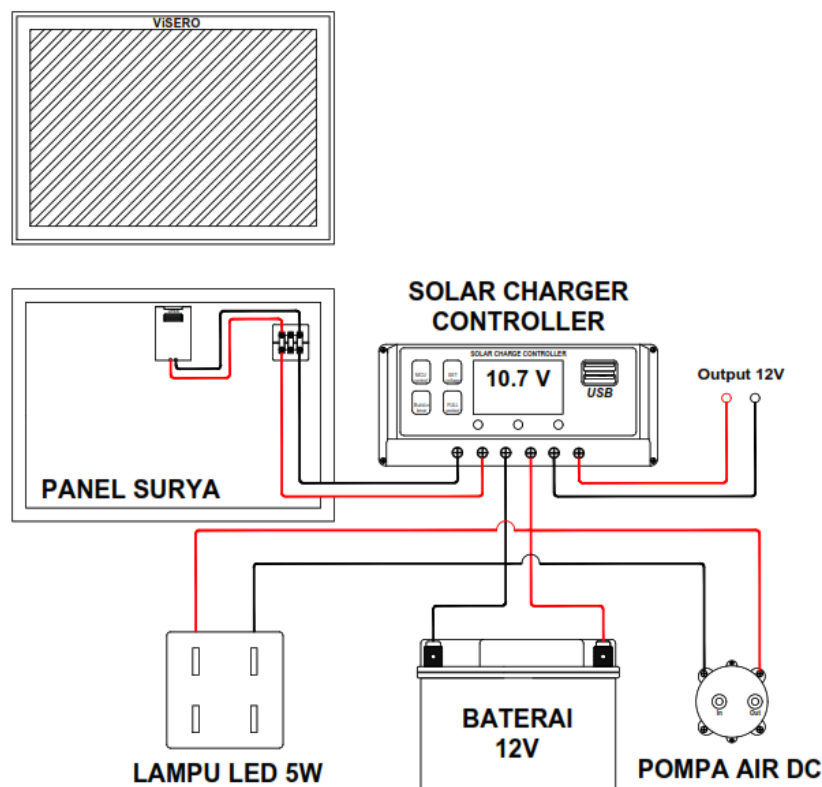
Gambar 3. 2 Diagram Blok Penelitian

Penjelasan dan fungsi dari masing – masing blok adalah sebagai berikut :

1. *Sollar cell* atau panel surya berfungsi untuk menyerap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik.
2. Selanjutnya, besaran energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan diteruskan menuju *solar charge controller*.
3. Kemudian *solar charge controller* akan mengambil peranan untuk mengatur atau mengontrol arus searah yang diisi ke baterai dan arus yang diambil dari baterai ke beban. Lebih jauh lagi, *solar charge controller* juga akan mengatur batasan *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan tegangan dari panel surya.
4. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya kemudian akan disimpan kedalam baterai (aki), yang nantinya akan digunakan untuk mensuplai energi untuk mengoperasikan pompa air DC dan lampu LED.

3.3.3 Skematik Rangkaian Penelitian

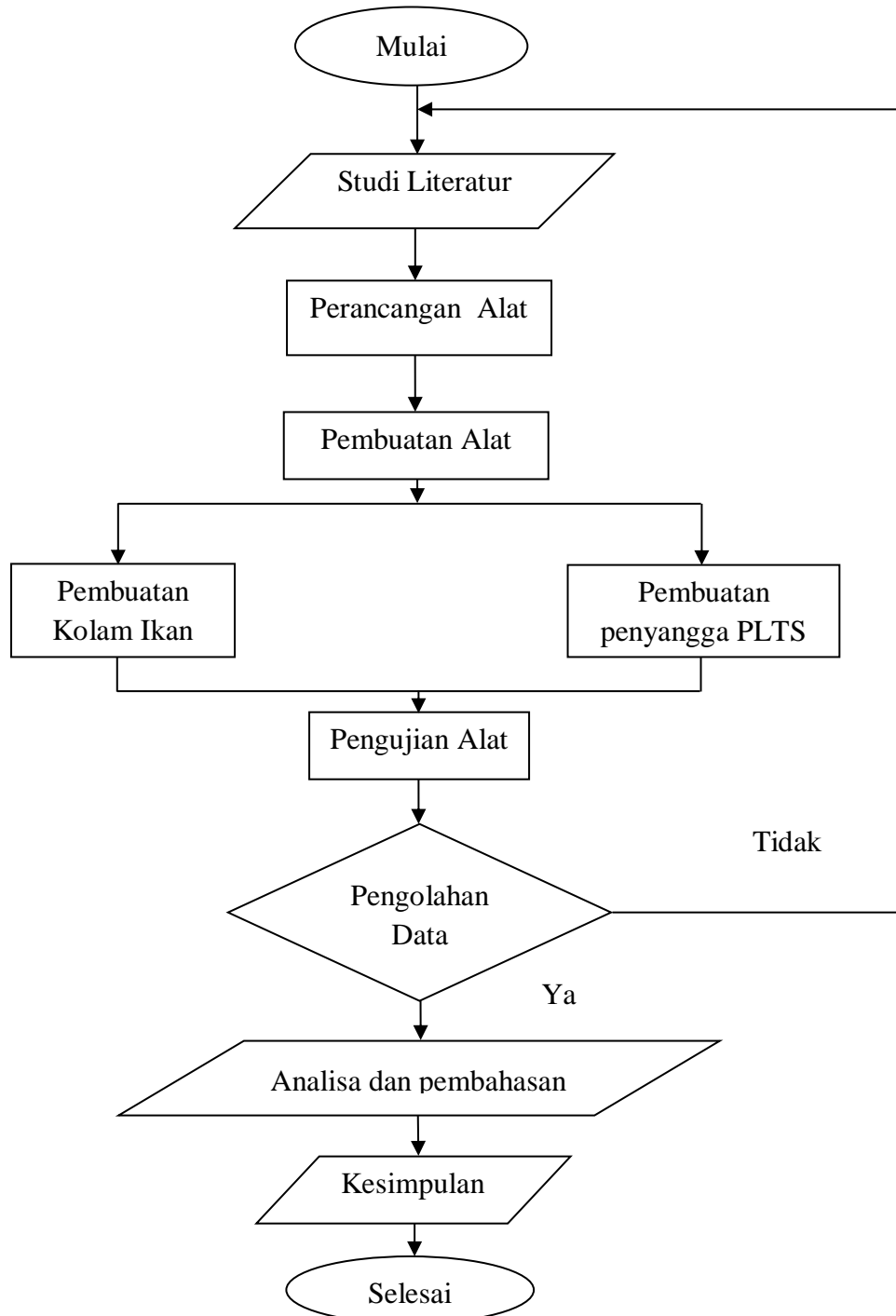
Adapun skematik rangkaian penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini :



Gambar 3. 3 Skematik Rangkaian Penelitian

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah prosedur penyusunan tugas ini akhir yang dituangkan dalam suatu bentuk diagram alir penelitian.



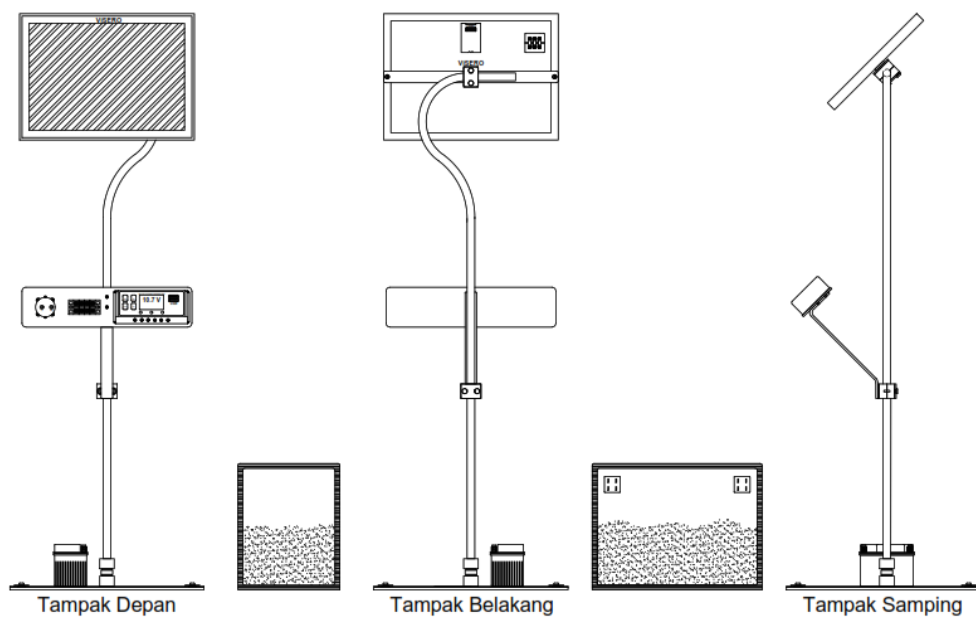
Gambar 3.4 *Flowchart Penelitian*

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Penelitian

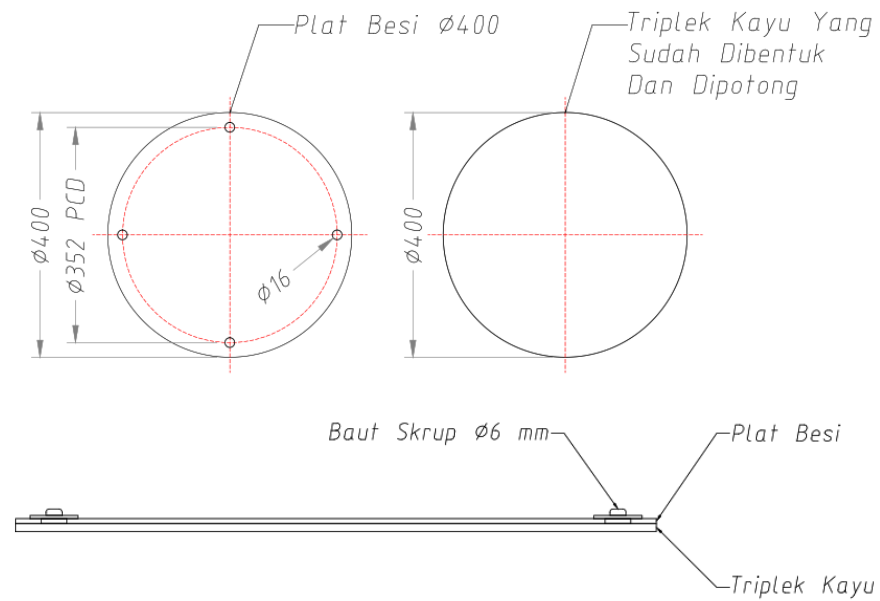
Adapun langkah-langkah dalam pembuatan prototipe pembangkit listrik tenaga surya (plts) sebagai sumber energi lampu *led superbright* dan pompa air DC pada kolam ikan mas adalah sebagai berikut :

1. Membuat design atau model alat penelitian seperti yang ditunjukkan gambar 4.1 berikut :



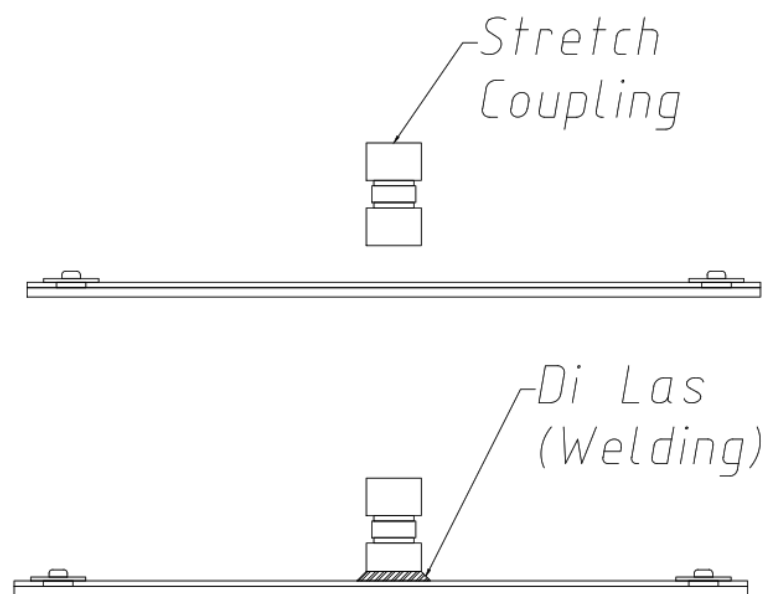
Gambar 4. 1 Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2. Kemudian menyiapkan alat dan bahan-bahan yang diperlukan. seperti yang terlihat pada Tabel 3.1 dan 3.2
3. Pembuatan kaki sebagai tiang penyangga panel surya :
 - a. Siapkan Plat Besi $\text{Ø}400 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ yang akan dijadikan kaki penyangga.
 - b. Siapkan triplek kayu ukuran $800 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$. kemudian bentuk dan potong triplek dengan $\text{Ø}400 \text{ mm}$.
 - c. Selanjutnya pasang triplek kayu yang telah dipotong dan dibentuk pada plat besi dan kunci dengan baut skrup 6 mm. triplek kayu ini berfungsi sebagai alas plat besi. (lihat gambar 4.2 dibawah)



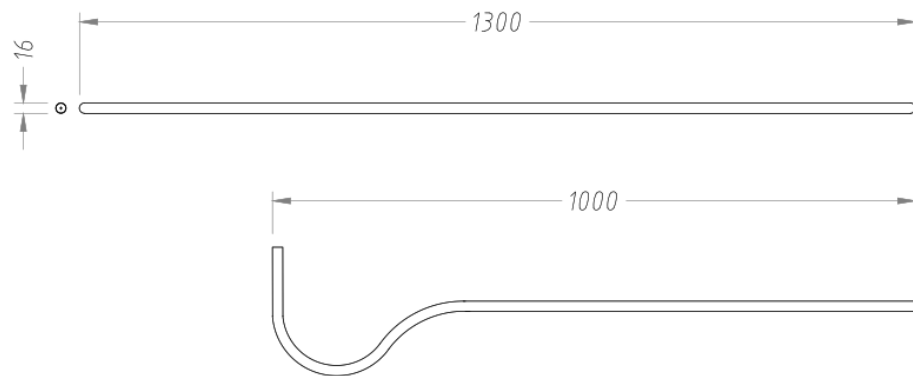
Gambar 4. 2 Pemasangan Triplek Kayu Pada Plat Besi

- d. Kemudian pasang *stretch coupling* pada kaki penyangga dengan cara dilas (lihat gambar 4.3 dibawah)



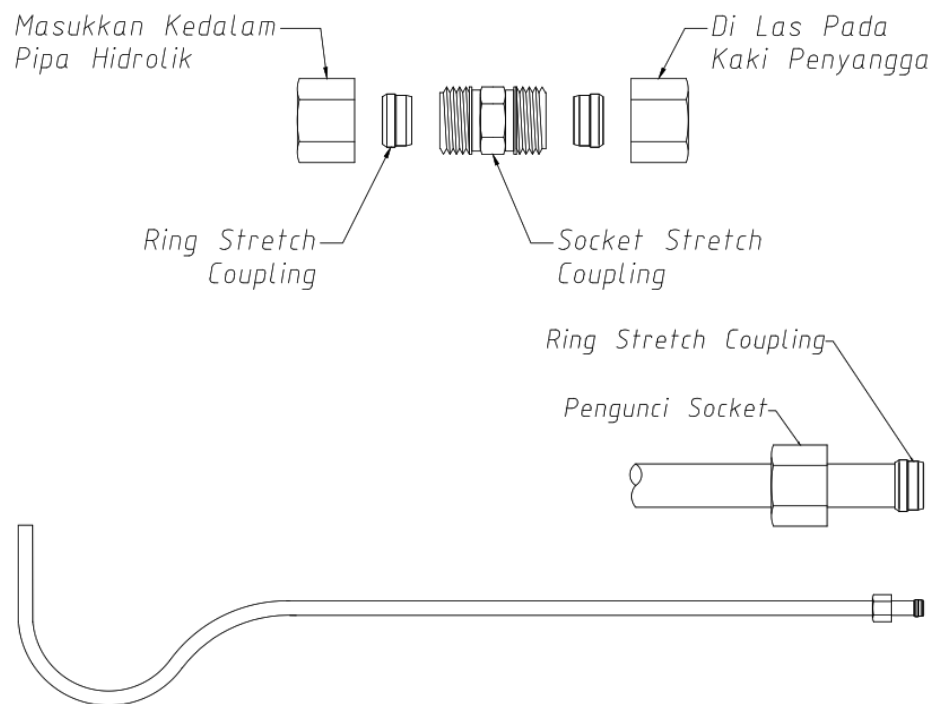
Gambar 4. 3 Pemasangan *Stretch Coupling* Pada Kaki Penyangga

4. Pembuatan tiang penyangga panel surya :
- a. Siapkan pipa hidrolis $\varnothing 16$ mm x 1300 mm. kemudian bengkokkan pipa hingga tinggi pipa menjadi 1000 mm (lihat gambar 4.4 dibawah)



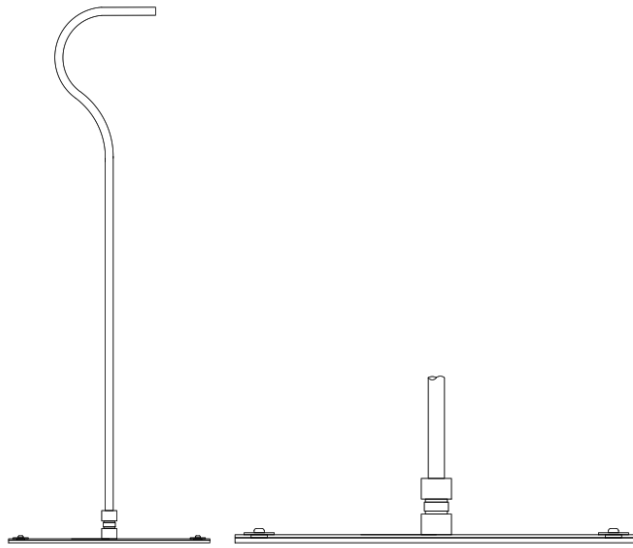
Gambar 4. 4 Proses Pembengkokkan Pipa

- b. Selanjutnya, pasang ring *stretch coupling* pada pipa agar nantinya pipa dapat dipasang atau disambungkan pada *stretch coupling* yang terpasang pada kaki penyangga (lihat gambar 4.5 dibawah)



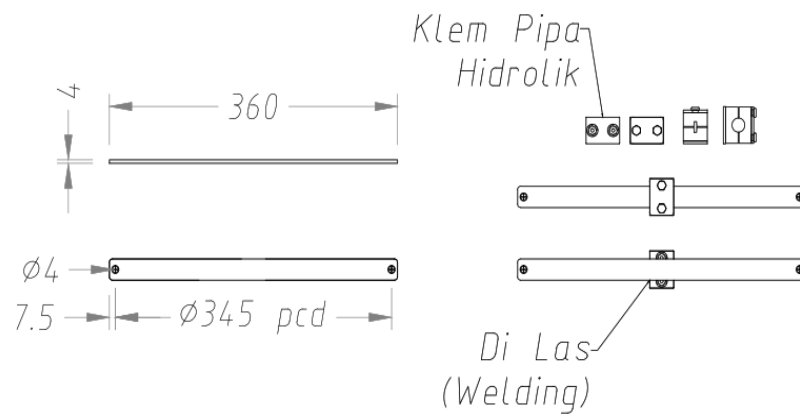
Gambar 4. 5 Memasang *Ring Stertch Coupling* Pada Tiang Panel Surya

- c. Selanjutnya, pasang tiang panel surya pada kaki penyangga. Kemudian kunci dan kencangkan *socket stretch coupling*. (lihat gambar 4.6 dibawah)



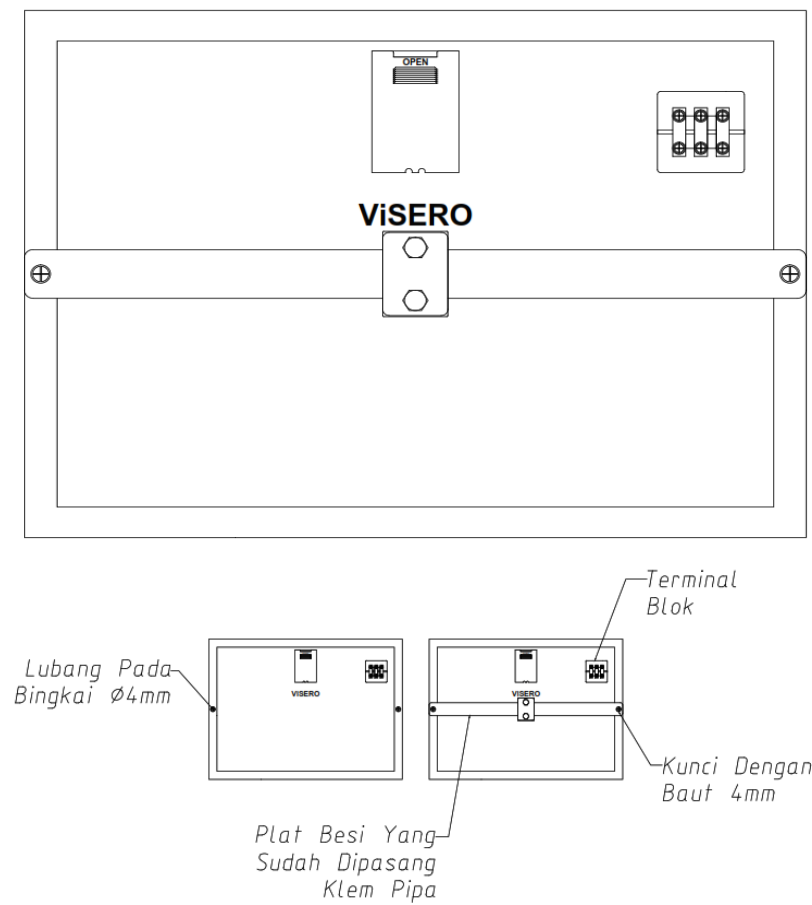
Gambar 4. 6 Memasang Tiang Panel surya Pada Kaki Penyangga

5. Pembuatanudukan untuk panel surya :
 - a. Siapkan plat besi 700 mm x 24 mm x 4 mm. potong menjadi ukuran 360 mm x 24 mm x 4 mm. Kemudian bor lubang disisi kiri dan kanan plat besi dengan diameter $\text{Ø}4$ mm. Setelah itu siapkan klem pipa hidrolik. dan las plat besi yang sudah disiapkan sebelumnya pada klem pipa hidrolik.



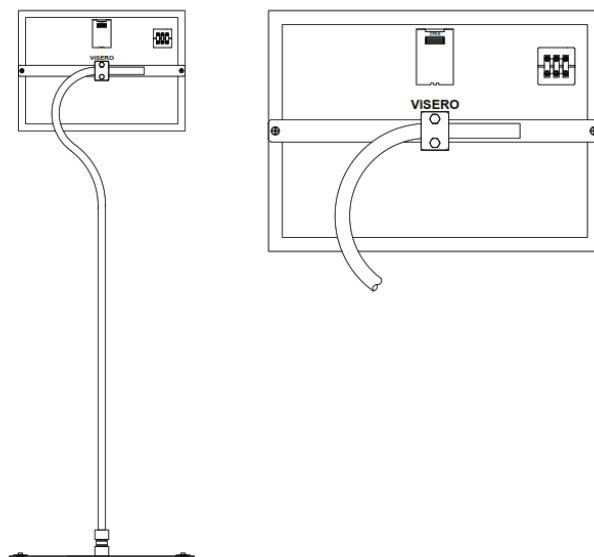
Gambar 4. 7 Memasang Klem Pipa Hidrolik Pada Plat Besi

- b. Selanjutnya siapkan panel surya. bor lubang disisi kiri dan kanan bingkai panel surya dengan diameter $\text{Ø}4$ mm. Kemudian pasang plat besi yang sudah di las dengan klem pipa hidrolik sebelumnya pada panel surya. kunci menggunakan baut 4 mm. Kemudian pasang termina blok pada bagian belakang panel surya (lihat gambar 4.8 dibawah)



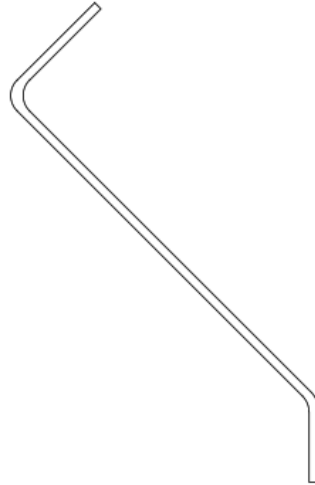
Gambar 4. 8 Memasang Plat Besi Dan Terminal Blok Pada Panel Surya

- c. Selanjutnya pasang panel surya pada bagian tiang. (lihat gambar 4.9 dibawah)



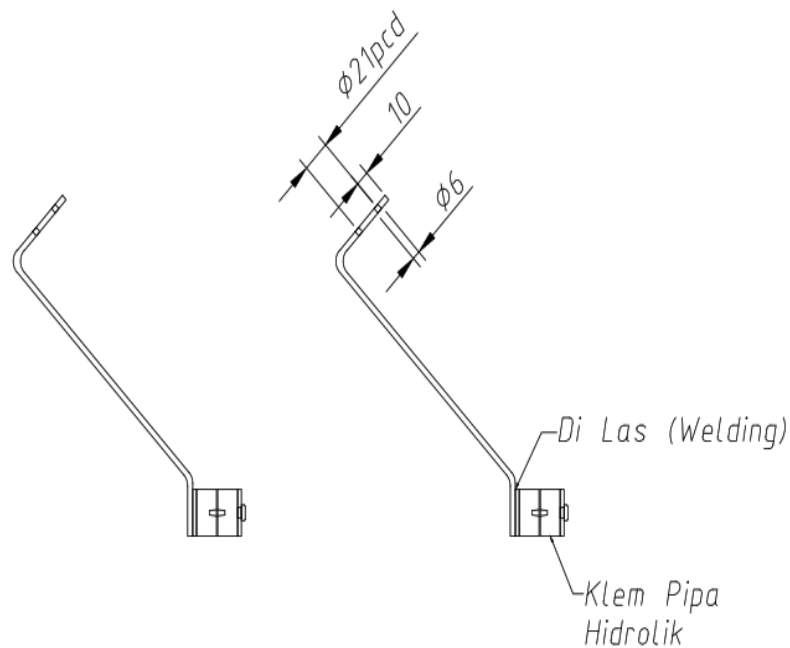
Gambar 4. 9 Memasang Panel Surya Pada Tiang Penyangga

6. Pembuatan tiang penyangga fibre :
- Siapkan plat besi sisa potongan sebelumnya dengan ukuran 340 mm x 24 mm x 4 mm. Kemudian bentuk berdasarkan model atau design pada gambar 4.1 (lihat gambar 4.10 dibawah)



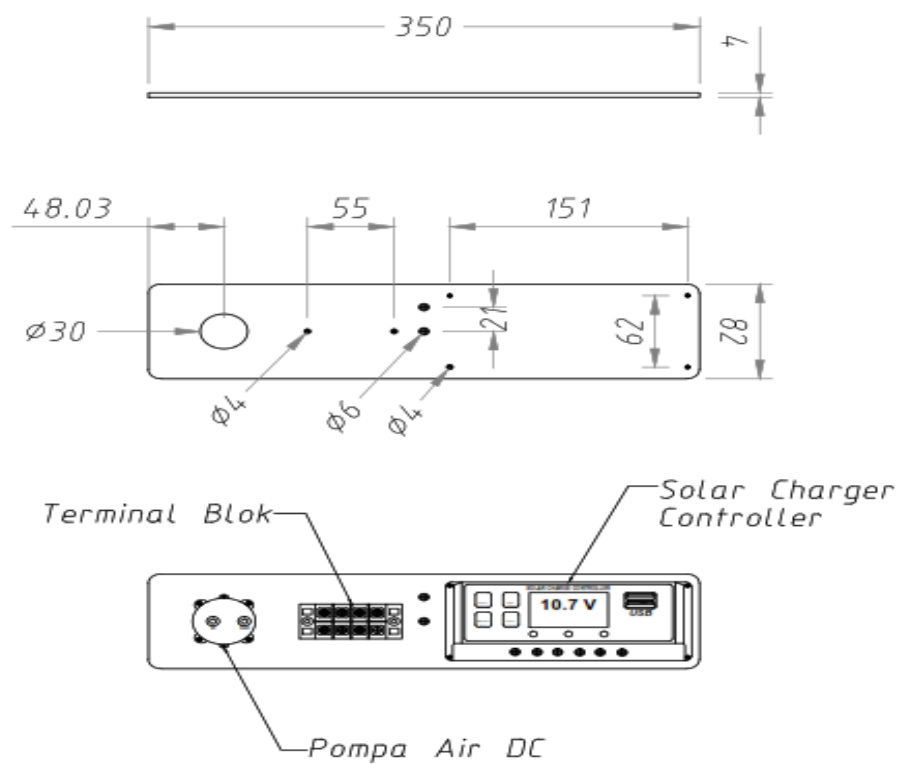
Gambar 4. 10 Tiang Penyangga Fibre

- Lalu siapkan klem pipa hidrolik dan di las pada tiang penyangga yang telah disiapkan sebelumnya. Kemudian bor lubang dengan diameter $\text{\O}6\text{mm}$ pada tiang penyangga untuk meletakkan atau mengunci fibre nantinya. (lihat gambar 4.11 dibawah)



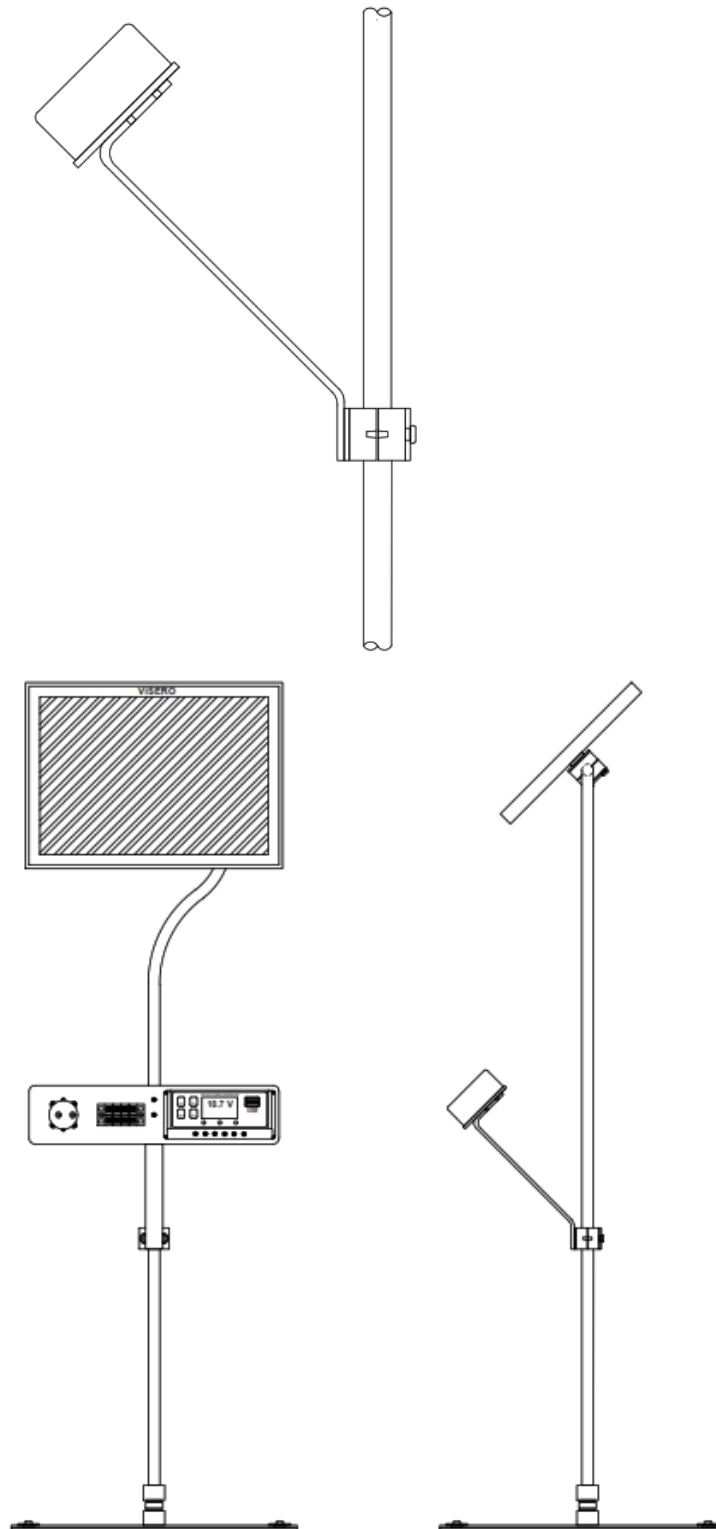
Gambar 4. 11 Tiang Penyangga Fibre Sebagai Tempat Dudukan Komponen

7. Pembuatan fibre sebagai tempat dudukan komponen penelitian :
- a. Siapkan fibre dengan ukuran 350 mm x 82 mm x 4 mm. Kemudian, bor lubang dengan diameter $\text{Ø}6\text{mm}$ agar nantinya fibre dapat dikunci pada tiang penyangga. Kemudian bor lubang dengan diameter $\text{Ø}30\text{mm}$ untuk dipasang pompa air DC. Dan dilanjutkan dengan mengebor 4 lubang dengan diameter $\text{Ø}4\text{mm}$ sebagai tempat dudukan *solar charger controller* lalu bor kembali lubang dengan diameter $\text{Ø}4\text{mm}$ sebagai dudukan terminal blok. (lihat gambar 4.12 dibawah)



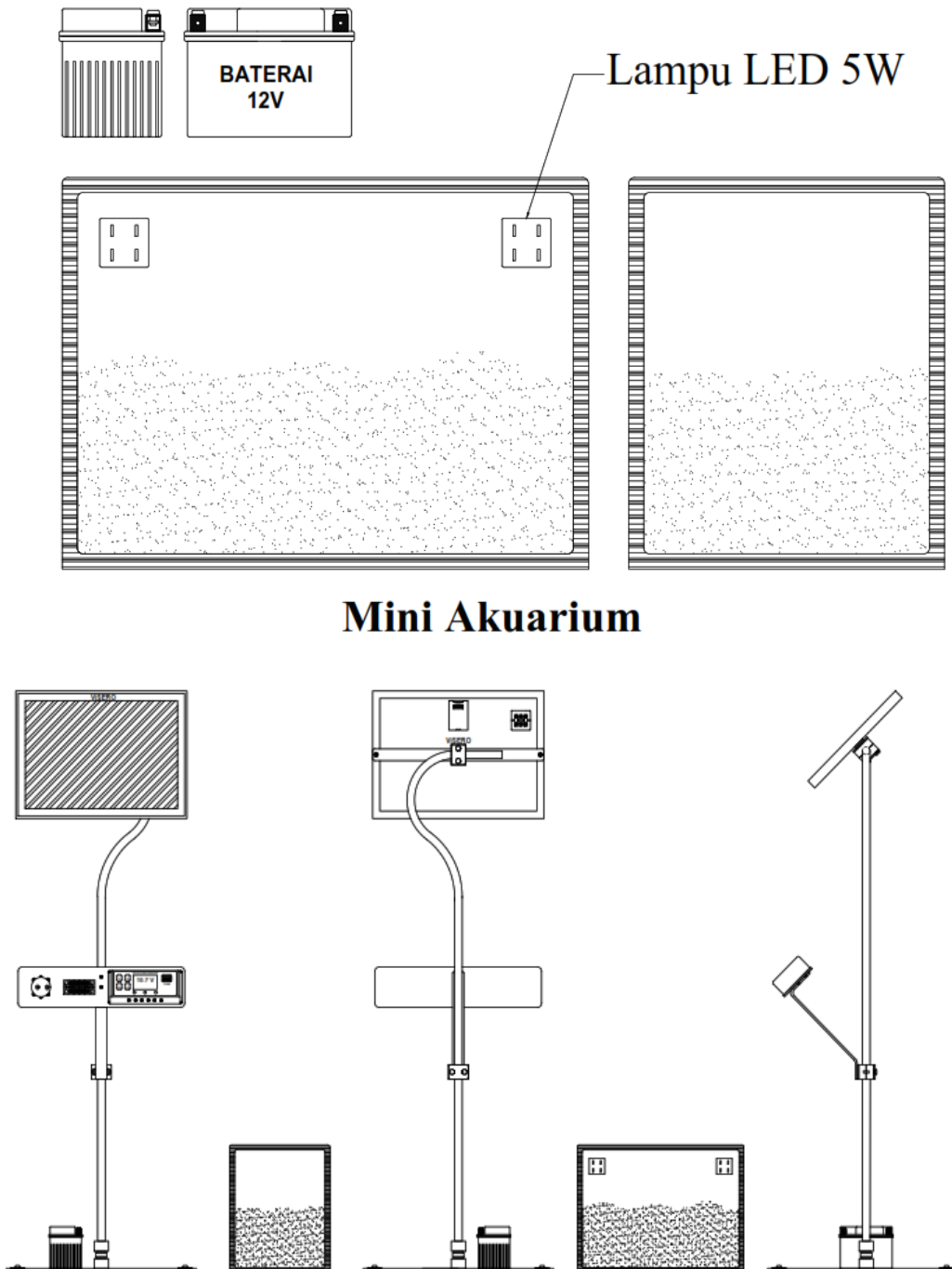
Gambar 4. 12 Fibre Sebagai Tempat Dudukan Komponen

- b. Kemudian pasang fibre pada tiang penyangga. lalu pasang tiang penyangga pada tiang panel surya (lihat gambar 4.13 dibawah)



Gambar 4. 13 Memasang Tiang Penyangga Fibre Pada Tiang Panel

8. Langkah terakhir siapkan baterai (aki) 12V dan mini akuarium yang telah dipasang lampu LED 5W. Dengan demikian proses pembuatan prototype pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) telah selesai. (lihat gambar 4.14 dibawah)



Gambar 4. 14 Prototype PLTS Yang Telah Selesai Dirancang

4.2 Hasil Penelitian

Adapun data hasil penelitian yang diperoleh selama 5 hari pengujian dalam berbagai waktu yaitu dapat dilihat pada tabel 4.1 - 4.5 berikut ini :

Tabel 4.1 Pengujian Hari Pertama

Pengujian Hari - 1				
Waktu Pengujian	Kondisi Cuaca	Tegangan Panel Surya V_{P.S} (Volt)	Arus Panel Surya I_{P.S} (Ampere)	Daya Panel Surya P_{P.S} (Watt)
08.00	Cerah	9.44	0.98	9.51
10.00	Cerah	19.99	1.71	34.18
12.00	Mendung	19.41	1.69	32.80
14.00	Mendung	17.88	1.12	20.03
16.00	Mendung	17.05	1.10	18.75
18.00	Mendung	18.51	1.01	18.69

Tabel 4.2 Pengujian Hari Kedua

Pengujian Hari - 2				
Waktu Pengujian	Kondisi Cuaca	Tegangan Panel Surya V_{P.S} (Volt)	Arus Panel Surya I_{P.S} (Ampere)	Daya Panel Surya P_{P.S} (Watt)
08.00	Mendung	18.03	1.36	24.52
10.00	Cerah	16.70	1.56	26.05
12.00	Mendung	18.91	1.64	31.01
14.00	Mendung	17.65	1.06	18.71
16.00	Cerah	16.75	1.36	22.78
18.00	Cerah	15.63	1.28	20.01

Tabel 4.3 Pengujian Hari ketiga

Pengujian Hari - 3				
Waktu Pengujian	Kondisi Cuaca	Tegangan Panel Surya V_{P.S} (Volt)	Arus Panel Surya I_{P.S} (Ampere)	Daya Panel Surya P_{P.S} (Watt)
08.00	Cerah	11.21	1.03	11.55
10.00	Cerah	20.99	1.58	33.16
12.00	Cerah	19.60	1.78	34.89
14.00	Cerah	20.22	1.16	23.45
16.00	Mendung	16.85	1.12	18.87
18.00	Mendung	13.12	1.00	13.12

Tabel 4.4 Pengujian Hari Keempat

Pengujian Hari - 4				
Waktu Pengujian	Kondisi Cuaca	Tegangan Panel Surya V_{P.S} (Volt)	Arus Panel Surya I_{P.S} (Ampere)	Daya Panel Surya P_{P.S} (Watt)
08.00	Cerah	19.87	1.67	33.18
10.00	Cerah	21.61	1.73	37.38
12.00	Cerah	19.31	1.56	30.12
14.00	Cerah	17.88	1.64	29.32
16.00	Cerah	16.85	1.21	20.39
18.00	Mendung	11.99	1.01	12.11

Tabel 4.5 Hari Kelima Pengujian

Pengujian Hari - 5				
Waktu Pengujian	Kondisi Cuaca	Tegangan Panel Surya V_{P.S} (Volt)	Arus Panel Surya I_{P.S} (Ampere)	Daya Panel Surya P_{P.S} (Watt)
08.00	Mendung	18.49	1.09	20.15
10.00	Cerah	17.59	1.61	28.32
12.00	Mendung	19.51	1.69	32.97
14.00	Mendung	17.47	1.09	19.04
16.00	Mendung	16.45	1.07	17.60
18.00	Mendung	12.45	1.01	12.57

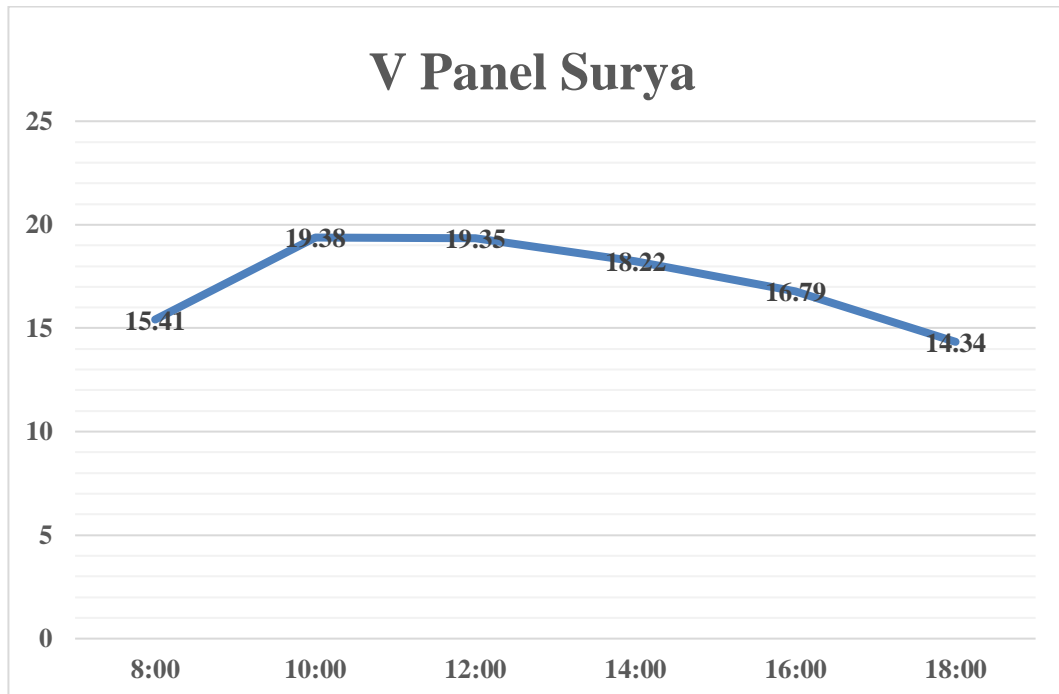
Setelah data hasil pengujian yang dilakukan selama 5 hari terkumpul, diperoleh nilai rata-rata hasil pengujian yang dapat dilihat pada table 4.6 berikut ini :

Tabel 4.6 Nilai rata-rata hasil pengujian

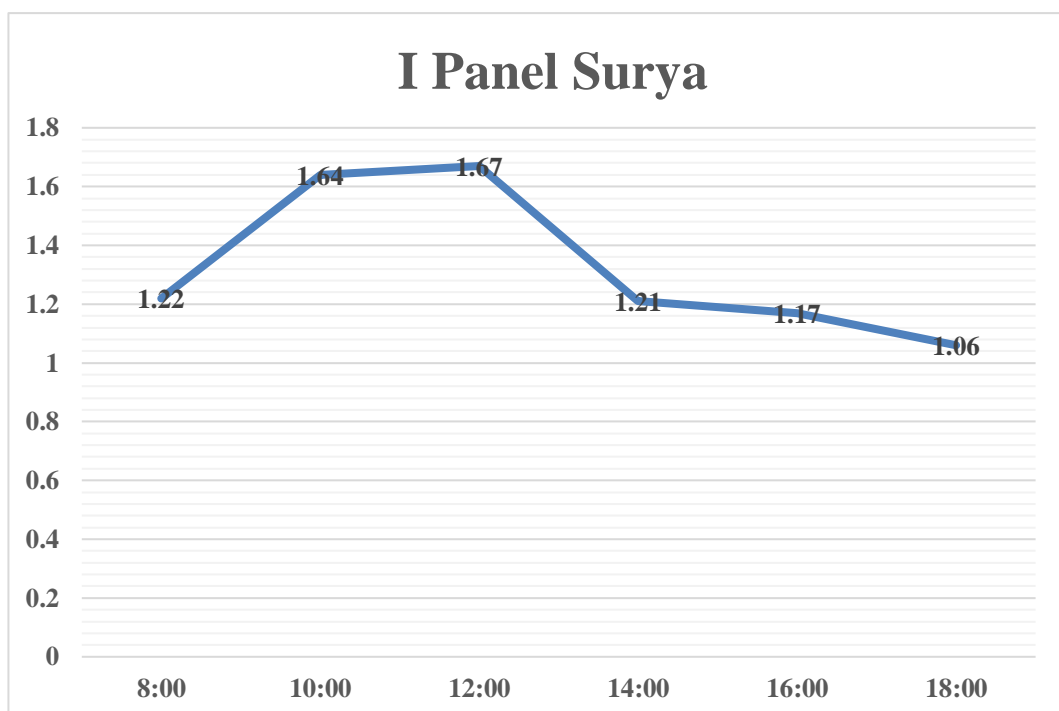
Nilai Rata-Rata Hasil Pengujian Selama 5 Hari			
Waktu Pengujian	Tegangan Panel Surya V_{P.S} (Volt)	Arus Panel Surya I_{P.S} (Ampere)	Daya Panel Surya P_{P.S} (Watt)
08.00	15.41	1.22	19.78
10.00	19.38	1.64	31.82
12.00	19.35	1.67	32.36
14.00	18.22	1.21	22.11
16.00	16.9	1.17	19.68
18.00	14.34	1.06	15.03

4.3 Grafik Nilai Rata-Rata Hasil Pengujian

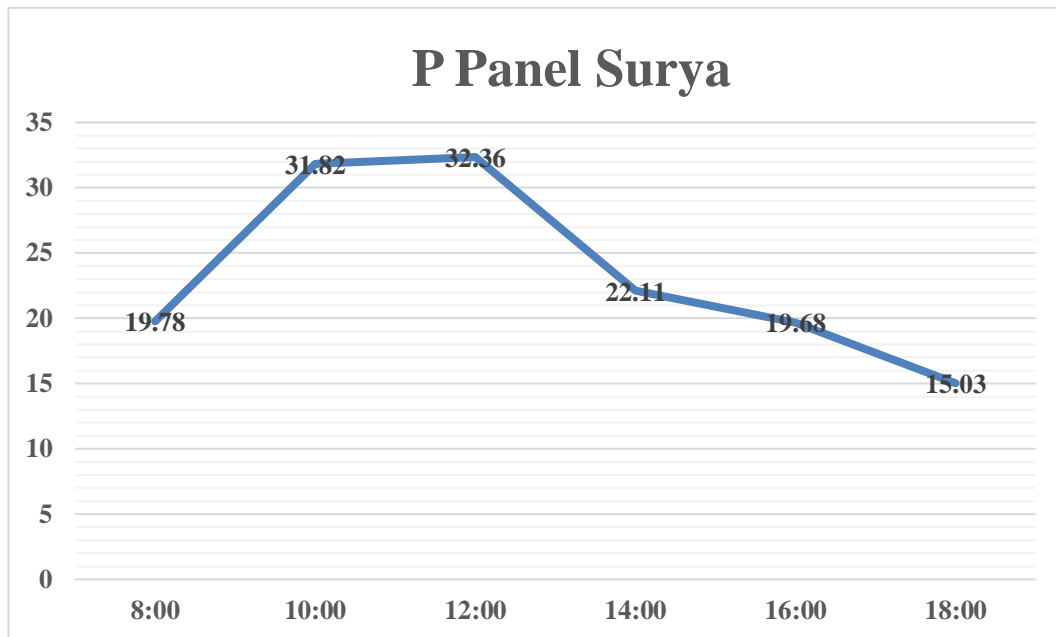
Setelah mengetahui rata-rata maka grafik dapat dilihat pada gambar 4.15 – 4.17 berikut ini :



Gambar 4. 15 Grafik Tegangan (V) Pada Baterai



Gambar 4. 16 Grafik Arus (I) Pada Baterai



Gambar 4. 17 Grafik Daya (P) Pada Baterai

4.4 Rincian Biaya Perencanaan Prototype Pembangkit listrik Tenaga Surya Di Sumatera Utara

Setelah mengetahui perancangan secara teknis pembangkit listrik tenaga Surya yang menghitung seberapa banyak biaya yang dibutuhkan untuk membangun sistem tersebut dengan metode analisis ekonomi teknik. Pada analisis ekonomi ini, pengambilan data analisis biaya dan waktu sebagai acuan, yang menghasilkan analisa biaya dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini :

Tabel 4.7 Rincian Biaya Pembuatan prototype

No	Nama Bahan	Qty	Unit	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Panel Surya 10 Wp	1	Pc	182.000	182.000
2	Solar Charger Controller 10A	1	Pc	75.000	75.000
3	Pompa Air DC 12V	1	Pc	83.000	83.000
4	Lampu Led	4	Pcs	20.000	80.000
5	Baterai (Aki) 12 V	1	Pc	380.000	380.000
6	Mini Akuarium	1	Set	75.000	75.000
7	Pipa Hidrolik Ø16 mm x 1300 mm	1	Batang	22.000	22.000
8	Plat Besi 700 mm x 24 mm x 4 mm	1	Batang	30.000	30.000
9	Plat Besi Ø400 mm x 3 mm	1	Pc	21.000	21.000
10	Klem Pipa Hidrolik	2	Pcs	22.000	44.000

No	Nama Bahan	Qty	Unit	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
11	Fibre 350 mm x 82 mm x 4 mm	1	Pc	85.000	85.000
12	Stretch Coupling 30 mm	1	Pc	55.000	55.000
13	Triplek Kayu 800 mm x 600 mm x 5 mm	1	Pc	63.000	63.000
14	Terminal Blok	2	Pcs	23.000	46.000
15	Kabel 2.5 mm	4	Meter	4.000	16.000
16	Tie Mount	3	Pcs	1.000	3.000
17	Kabel Tie	15	Pcs	1.000	15.000
18	Kawat Las RB	2	Pcs	7.000	14.000
19	Baut + Mur 4 mm	8	Pcs	2.000	16.000
20	Baut + Mur 6 mm	2	Pcs	3.000	6.000
21	Baut Skrup 6 mm	4	Pcs	6.000	24.000
22	Cat Piloc Hitam	1	Kaleng	20.000	20.000
TOTAL				1.355.000	

Pembuatan prototype pembangkit listrik tenaga matahari ini mengeluarkan biaya sebanyak Rp 1.355.000 biaya ini sudah sangat di perhitungkan dalam pemilihan bahan.

4.5 Hasil Perhitungan Nilai Sekarang (P_w). Nilai Deret Seragam (A_w) Dan Nilai Akan Datang (F_w) Dari Komponen Biaya PLTS.

Hasil Perhitungan Nilai Sekarang (P_w). Nilai Deret Seragam (A_w) Dan Nilai Akan Datang (F_w) Dari Komponen Biaya PLTS dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan P_w . A_w dan F_w .

No	Komponen Biaya	P_w (Rp)	A_w (Rp)	F_w (Rp)
	Fixed Cost	1.355.000	96.000	1.880.000
1	Panel Surya 10 Wp	182.000	182.000	182.000
2	Solar Charger Controller 10A	75.000		
3	Pompa Air DC 12V	83.000		
4	Lampu Led	80.000		
5	Baterai (Aki) 12 V	380.000		
6	Mini Aquarium	75.000		
7	Pipa Hidrolik Ø16 mm x 1300 mm	22.000		
8	Plat Besi 700 mm x 24 mm x 4 mm	30.000		
9	Plat Besi Ø400 mm x 3 mm	21.000		
10	Klem Pipa Hidrolik	44.000		
11	Fibre 350 mm x 82 mm x 4 mm	85.000		

No	Komponen Biaya	Pw (Rp)	Aw (Rp)	Fw (Rp)
	Fixed Cost	1.355.000	96.000	1.880.000
12	Stretch Coupling 30 mm	55.000		
13	Triplek Kayu 800 mm x 600 mm x 5 mm	63.000		
14	Terminal Blok	46.000		
15	Kabel 2.5 mm	16.000		
16	Tie Mount	3.000		
17	Kabel Tie	15.000		
18	Kawat Las RB	14.000		
19	Baut + Mur 4 mm	16.000		
20	Baut + Mur 6 mm	6.000		
21	Baut Skrup 6 mm	24.000		
22	Cat Piloc Hitam	20.000		
Variable Cost 2.5% dari Biaya Tetap		33.875	2.400	37.012
Nilai Sisa (<i>Salvage Value</i>) tahun ke-10		-	2.150	32.570

4.6 Hasil Perhitungan Pemulihan Modal Dan Periode Pengambilan Modal Pada Perencanaan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

4.6.1 Pemulihan Modal (*Capital Recovery*)

Capital Recovery Cost (CR) dari suatu investasi adalah deret seragam dari modal yang tertanam dalam suatu investasi selama umur dari investasi tersebut. Dalam kasus ini dimana perhitungan pemulihan modal (*capital recovery*) digunakan untuk melihat apakah investasi PLTS akan memberikan pendapatan yang cukup untuk menutupi modal yang dikeluarkan.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Investasi Awal} &= P_w (A_w/P_w \cdot i\% \cdot N) \\
 &= P_w \times \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \\
 &= \text{Rp } 1.355.000 \times \frac{0.06(1+0.06)^{10}}{(1+0.06)^{10} - 1} \\
 &= \text{Rp } 1.355.000 \times \frac{0.108}{0.8} \\
 &= \text{Rp } 1.355.000 \times 0.135 = \text{Rp } 182.925
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pemeliharaan} &= 2.5\% \times \text{Biaya Investasi Awal} \\ &= 2.5\% \times \text{Rp } 1.355.000 = \text{Rp } 33.875\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai Sisa} &= Fw (Aw/Fw \cdot i\% \cdot N) \\ &= Fw \times \frac{i}{(1+i)^N - 1} \\ &= \text{Rp } 32.570 \times \frac{0.06}{(1+0.06)^{10} - 1} \\ &= \text{Rp } 32.570 \times \frac{0.06}{0.8} \\ &= \text{Rp } 32.570 \times 0.075 = \text{Rp } 2.443\end{aligned}$$

Pemulihan modal (*capital recovery*) selama 10 tahun dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{CR}(i) &= Pw(Aw/Pw \cdot i\% \cdot N) + Aw - Fw(Aw/Fw \cdot i\% \cdot N) \\ &= \text{Rp } 1.355.000 + \text{Rp } 2.150 - \text{Rp } 32.570 \\ &= \text{Rp } 1.324.580\end{aligned}$$

Jadi pemulihan modal (*capital recovery*) pertahun adalah :

$$\begin{aligned}\text{CR}(i) &= \frac{\text{Pemulihan Modal Selama 10 Tahun}}{N} \\ &= \frac{1.324.580}{10} = \text{Rp } 132.458\end{aligned}$$

Hasil perhitungan pemulihan modal (*Capital Recovery*) dengan umur atau masa pakai investasi PLTS selama 10 tahun dengan tingkat suku bunga 6 %.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur. analisis. perancangan. implementasi. dan pengujian system ini. maka kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Dalam pembuatan alat ini masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut agar dapat hasil yang lebih maksimal dimasa depan .
2. Tegangan. arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang berkapasitas 10 WP ini sangatlah baik terutama ketika cuaca cerah. tegangan yang dihasilkan pada cuaca cerah mampu mengeluarkan tegangan hingga 20.22 Volt dan arus mencapai 1.78 A dan daya yang dihasilkan juga bisa mencapai 37.38 Watt. sedangkan pada baterai arus. tegangan dan baterai yang dihasil tergantung dari pengecasan yang dilakukan oleh panel surya.
3. Berdasarkan pemilihan bahan dan material yang digunakan rincian biaya yang di keluarkan sebesar Rp 1.355.000

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan penulis untuk pengembangan dan perbaikan system ini selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan lebih banyak pengujian lagi. agar hasil yang diperoleh lebih akurat.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya diberikan penambahan fitur dalam penanganan bila terjadinya kebakaran dan pencurian dalam rumah. Fitur penanganan yang lebih cepat dan efisien dalam proses penanganannya.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan lebih dari satu baterai sebagai sumber energi cadangan jika terjadi kerusakan atau human eror bada baterai lainnya .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Syafik and I. K. Bachtiar. “Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga Menggunakan Software HOMER untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam.” vol. 5. no. 2. 2016. Apri.S.&Rido.F.2014
- [2] E. Radwitya. “Kajian Ekonomis PLT-Angin dan PLTS untuk Penerangan Jalan Umum (PJU).” vol. 10. pp. 36–43. 2018.
- [3] A. Mostafaeipour. M. Jadidi. K. Mohammadi. and A. Sedaghat. “An analysis of wind energy potential and economic evaluation in Zahedan. Iran.” *Renew. Sustain. Energy Rev.* vol. 30. pp. 641–650. 2014.
- [4] S. Rahimi. M. Meratizaman. S. Monadzadeh. and M. Amidpour. “Techno-economic analysis of wind turbine-PEM (polymer electrolyte membrane) fuel cell hybrid system in standalone area.” *Energy*. vol. 67. pp. 381–396. 2014.
- [5] F. Miharja and P. Pembangkit. “Perencanaan Dan Manajemen Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Angin / Surya / Fuel Cell) Pulau sumba menggunakan Software Homer.” pp. 1–5. 2017.
- [6] B. Hartono *et al.*. “Perancangan Pompa Air Tenaga Surya Guna Memindahkan Air Bersih Ke Tangki Penampung.” vol. 9. no. 1. pp. 28–33. 2009. “PLTS SEBAGAI SALAH SATU ENERGI ALTERNATIF Soehardi.” no. 71.
- [7] M. B. Djaufani. N. Hariyanto. and S. Saodah. “Perancangan dan Realisasi Kebutuhan Kapasitas Baterai untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.” *Elka Elkonika*. vol. 3. no. 2. pp. 75–86. 2015.
- [8] M. Bachtiar. “Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System).” *SMARTek*. vol. 4. no. 3. pp. 176–182. 2006.

- [9] S. Yuliananda. G. Sarya. and R. R. Hastijanti. “Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya.” *J. Pengabd. LPPM Untag Surabaya*. vol. 1. no. 2. pp. 193–202. 2015.
- [10] Winardi. B.. Nugroho. A. & Dolphina. E. Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri. 16. 1–11 (2019).
- [11] Eko. S.. Saputro. D.. Kho. I. & Khwee. H. ANALISIS PERENCANAANPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA. 1–10.
- [12] Ariani. W. D.. & Winardi. B. (n.d.). ANALISIS KAPASITAS DAN BIAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) KOMUNAL DESA KALIWUNGU KABUPATEN BANJARNEGARA.
- [13] Sukmajati. S.. & Hafidz. M. (2015). PERANCANGAN DAN ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KAPASITAS 10 MW ON GRID DI YOGYAKARTA.
- [14] Sembodo. B. P.. Meter. A.. Menggunakan. D. C.. Interface. S.. Central. P.. & Unit. P. (2011). AMPERE METER DC MENGGUNAKAN ADC 0804 SEBAGAI INTERFACE PADA CENTRAL PROCESSING UNIT (CPU) KOMPUTER Oleh : Budi Prijo Sembodo *). 09. 8–14.
- [15] Timotius. E. et al. (2018) ‘Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya . Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung’. 5(2). pp. 67–73.
- [16] Eko. Saldi. Dwi Saputro. Ir Kho. and Hie Khwee. “ANALISIS PERENCANAANPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA.” : 1–10.