

**SKRIPSI**  
**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA**  
**BERSKALA *PROTOTYPE***

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat*  
*Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro*



Oleh

**RAHMA WIDYA SARI**

**21170038**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

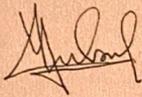
**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
BERSKALA *PROTOTYPE***

Oleh

**RAHMA WIDYA SARI**

21170038

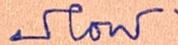
**Dosen Pembimbing I**



**Ir. Yulisman, M.T.**

**NIDN. 8808220016**

**Dosen Pembimbing II**



**Herris Yamashika, S.T., M.T.**

**NIDN.1024038202**

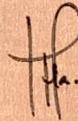
**Dekan Fakultas Teknik UM  
Sumatera Barat**



**Masril, S.T., M.T.**

**NIDN. 1005057407**

**Ketua Program Studi  
Teknik Elektro**



**Aggrivina Dwiharzandis, S.Pd., M.T.**

**NIDN. 1009019401**

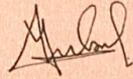
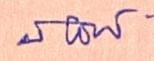
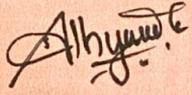
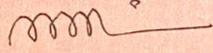
## LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi tim penguji pada ujian tertutup tanggal 12 Agustus 2023 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

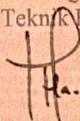
Bukittinggi, 16 Agustus 2023  
Mahasiswa

Rahma Widya Sari  
21170038

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 16 Agustus 2023:

1. Ir. Yulisman, M.T. 
2. Herris Yamashika, S.T., M.T. 
3. Mahyessie Kamil, S.T., M.T. 
4. Ir. Budi Santoso, M.T. 

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Elektro



Aggrivina Dwiharzandis, S.Pd., M.T.  
NIDN. 1009019401

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Rahma Widya Sari  
Tempat dan tanggal Lahir : 16 Agustus 2000  
NIM : 21170038  
Judul Skripsi : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya  
Berskala Prototype

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat Karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 16 Agustus 2023  
Yang membuat pernyataan,



Rahma Widya Sari  
21170038

## ABSTRAK

Energi dalam setiap aspek sangat diperlukan, dari keperluan individu untuk pertumbuhan dan pergerakan anggota badan sampai kepada sistem mesin bertenaga yang canggih seperti pengangkutan, industri, pertanian dan lain-lain. Mendesain atau merealisasikan pembangkit listrik tenaga surya sederhana untuk menyalakan lampu dengan arus DC dengan kapasitas 12 watt menggunakan baterai 5Ah. Memasang atau menghubungkan rangkaian panel surya diawali dengan pemasangan aki ke PWM lalu dilanjutkan dengan panel dan beban. Dalam membuka rangkaian pun sebaliknya, pertama buka beban dari PWM lalu panel dan terakhir aki. Sumber daya pada rancangan ini berasal dari panel surya. Sumber tersebut terhubung ke baterai dengan tujuan sebagai penyimpanan energi surya yang diperoleh oleh panel surya. Besarnya arus pengisian ke baterai diatur oleh PWM. Pada kondisi cahaya matahari tidak ada maka baterai bertugas memasok daya ke beban. Dari hasil pengujian peralatan PLTS yang dilaksanakan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa sinar surya yang diserap oleh panel surya selama 12 jam mulai dari pukul 06.00 sampai dengan 18.00 rata-rata memperoleh penyerapan sinar surya yang maksimal pukul 11.00 sampai dengan 14.00.

**Keywords:** energi terbarukan, PLTS, PWM, panel surya, arus DC



## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERSKALA PROTOTYPE”**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. ALLAH S.W.T yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga proyek akhir ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
3. Bapak Masril, S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
4. Bapak Hariyadi, S.KOM., M.KOM. selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
5. Bapak Ir.Yulisman, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro UM Sumatera Barat.
6. Bapak Herris Yamashika, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik
7. Bapak Ir.Yulisman, M.T. selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis
8. Bapak Herris Yamashika, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis

9. Bapak/ibu tenaga kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat
10. Kepada sahabat seperjuangan Nabila Aprilia
11. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa di dalam proyek akhir ini masih banyak terdapat kelemahan dan kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan proyek akhir ini. Semoga proyek akhir ini Bermanfaat bagi kita semua Amin.

Bukittinggi, 16 Agustus 2023

Penulis



**Rahma Widya Sari**

**21170038**

## DAFTAR ISI

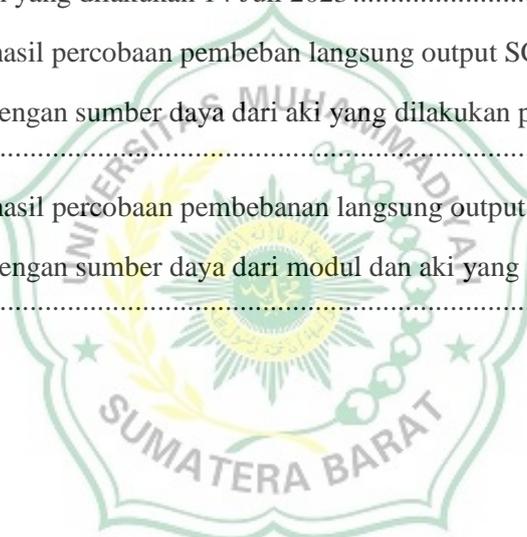
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>v</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Energi Terbarukan.....	4
2.2. Macam-Macam Energi Terbarukan .....	5
2.2.1. Energi Panas Bumi.....	5
2.2.2. Energi Surya .....	6
2.2.3. Energi Air .....	8
2.2.4. Energi Angin.....	10
2.2.5. Biomassa.....	11
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	12
2.3.1. Matahari.....	12
2.3.2. Prinsip kerja PLTS .....	14
2.4. Komponen Utama PLTS .....	16
2.4.1. Sel Surya dan Panel Surya .....	16
2.4.2. Charger .....	19
2.4.3. Baterai.....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>25</b>
3.1. Lokasi Penelitian .....	25
3.2. Data Penelitian .....	26
3.2.1. Jenis Penelitian .....	26

3.2.2. Sumber Data .....	26
3.3. Metode Perancangan .....	26
3.3.1. Pengujian Alat .....	27
3.3.2. Pengambilan Data .....	27
3.4. Langkah-Langkah Perancangan.....	28
3.5. Bagan Alir Penelitian .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Pembahasan.....	30
4.1.1. Panel Modul Surya.....	30
4.1.2. Lampu DC .....	31
4.1.3. Solar Charge Controller .....	31
4.1.4. Baterai/Aki.....	32
4.2. Hasil .....	33
4.2.1. Rangkaian Penelitian .....	34
4.2.2. Hasil Pengukuran.....	34
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>37</b>
5.1. Kesimpulan .....	37
5.2. Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>39</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.4.1. Perbedaan monokristal dan polikristal.....	22
Tabel 3.1. Jadwal penelitian .....	29
Tabel 4.1.1. Spesifikasi panel surya .....	34
Tabel 4.1.1. Spesifikasi panel surya .....	35
Tabel 4.1.3. Spesifikasi SCC PWM .....	35
Tabel 4.1.4. Spesifikasi baterai .....	36
Tabel 4.2. Alat dan bahan.....	37
Tabel 4.2.2. Data hasil percobaan pengisian daya baterai 12 V menggunakan panel 20 wp tanpa beban yang dilakukan 14 Juli 2023 .....	38
Tabel 4.2.2. Data hasil percobaan pembebanan langsung output SCC PWM dengan beban DC 12 W dengan sumber daya dari aki yang dilakukan pada 14-15 Juli 2023 .....	39
Tabel 4.2.2. Data hasil percobaan pembebanan langsung output SCC PWM dengan beban DC 12 W dengan sumber daya dari modul dan aki yang dilakukan pada hari 15 Juli 2023.....	35



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.2. Panel Surya.....	13
Gambar 2.2.3. PLTA.....	14
Gambar 2.2.4. PLTB.....	15
Gambar 2.2.5. PLTBm.....	16
Gambar 2.3.2. Prinsip kerja panel surya.....	19
Gambar 2.4.1. Panel Surya.....	21
Gambar 2.4.2. SCC MPPT.....	25
Gambar 2.4.3. Aki basah dan aki kering.....	28
Gambar 3.3. Perancangan alat.....	30
Gambar 3.5. Bagan Alir Penelitian.....	33
Gambar 4.1.1. panel surya 20 wp.....	34
Gambar 4.1.2. Lampu DC.....	35
Gambar 4.1.3. SCC PWM.....	36
Gambar 4.1.4. Aki kering 12 V 5 Ah.....	37
Gambar 4.2.1. Rangkaian pengukuran.....	38



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengukuran tegangan panel .....	39
Lampiran 2. Pengukuran arus aki.....	40
Lampiran 3. Rangkaian panel dengan beban .....	40
Lampiran 4. Rangkaian tanpa beban .....	41
Lampiran 5. Tegangan aki saat terisi penuh .....	41
Lampiran 6. Rangkaian saat beban hidup.....	42



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1.Latar Belakang

Energi pada saat ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia [1]. Energi dalam setiap aspek sangat diperlukan, dari keperluan individu untuk pertumbuhan dan pergerakan anggota badan sampai kepada sistem mesin bertenaga yang canggih seperti pengangkutan, industri, pertanian dan lain-lain. Semakin banyak aktifitas yang dilakukan akan semakin banyak pula energi diperlukan. Energi dalam kehidupan juga digunakan untuk berbagai keperluan, seperti penerangan, memasak, transportasi, industri dan berbagai keperluan lainnya. Energi yang diperlukan selama ini masih dicukupkan dari sumber energi utama atau bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, batu bara dan gas.

Pertumbuhan penduduk setiap tahunnya sangatlah pesat, kita lihat saja di Indonesia, saat ini jumlah penduduknya sudah lebih dari 250 juta jiwa. Setiap penduduk pasti melakukan aktifitas yang memanfaatkan berbagai sumber energi, memang terlihat dari hukum kekekalan energi yang mengatakan bahwa energi tidak bisa di musnahkan. Sikap konsumtif dalam penggunaan energi di bumi harus dikurangi dan seharusnya kita memulai melakukan penghematan energi [2]. Semakin bertambahnya populasi penduduk setiap tahunnya membuat permintaan pasokan listrik juga bertambah. Hal ini membuat banyak negara termasuk Indonesia sudah mulai beralih dari sumber energi tak terbarukan menjadi energi terbarukan atau *renewable energy* sehingga krisis energi juga tidak akan terjadi[3]. Potensi energi terbarukan, seperti biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin, dan *hydro power* sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan, padahal potensi energi terbarukan ini sangatlah besar khususnya di Indonesia. Banyaknya sumber energi terbahurui yang tersedia, tetapi penggunaan energi melalui *solar cell* / sel surya merupakan alternatif yang paling potensial untuk diterapkan di wilayah Indonesia [4].

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *potovoltaic* (*photo*=cahaya, *voltaic*=tegangan), oleh karenanya dinamakan juga sel *photovoltaic* (*Photovoltaic cell*—disingkat PV) [4]. Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat diandalkan, bersih, ramah lingkungan, serta tidak pernah habis. Daya keluaran dari panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang berubah-ubah sehingga dapat menyebabkan fluktuasi daya disisi beban. Selain itu, kondisi suhu, dan radiasi matahari juga bisa menyebabkan fluktuasi daya[3].

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendesain atau merealisasikan pembangkit listrik tenaga surya berskala *prototype* dengan *output DC*
2. Bagaimana hasil pengujian pembangkit listrik tenaga surya terhadap lampu 12 *watt*

## 1.3. Batasan Masalah

Pada pembahasan kali ini penulis akan merancang alat pembangkit listrik tenaga surya berskala *prototype* untuk menyalakan lampu dengan arus DC dengan kapasitas 12 *watt* menggunakan baterai 5Ah

## 1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai oleh penulis berdasarkan dari rumusan masalah adalah mendesain atau merealisasikan pembangkit listrik tenaga surya sederhana untuk menyalakan lampu dan untuk mengetahui hasil dari pengujian pembangkit listrik tenaga surya.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian tersebut maka manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Menambah ilmu pengetahuan yang terkait dengan pembangkit Listrik Tenaga Surya
2. Berguna bagi masyarakat yang masih belum terjangkau oleh PT PLN untuk penerangan dan sebagai alternatif untuk mengurangi biaya beban PT PLN.

## 1.6. Sistematika Penulisan

- Bab I : Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, serta maksud dan tujuan dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penelitian.
- Bab II : Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.
- Bab III : Bab ini menjelaskan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram balok dan gambar rangkaian penelitian, serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian.
- Bab IV : Bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian, alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.
- Bab V : Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran terkait judul penelitian.
- Daftar Pustaka : Berisi tentang daftar sumber referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Energi Terbarukan

Energi memiliki peran penting dan tidak dapat dilepaskan dari kehidupan manusia. Saat ini hampir semua aktifitas manusia sangat tergantung pada energi. Berbagai alat pendukung, seperti alat penerangan, motor penggerak, peralatan rumah tangga dan mesin-mesin industri dapat difungsikan jika ada energi. Berdasarkan ketersediaannya energi dapat dibagi dua kelompok yaitu sumber energi terbarukan dan sumber energi tidak terbarukan. Energi tidak terbarukan disebut juga energi terbatas oleh alam atau energi yang membutuhkan waktu lebih dari satu tahun untuk memperbarui pasokannya. Seperti batu bara, minyak bumi, fosil, gas bumi, dan lain sebagainya. Saat ini dan beberapa tahun kedepan, manusia masih bergantung pada sumber energi fosil karena sumber energi fosil inilah yang mampu memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar. Sumber energi alternatif atau terbarukan dapat diperbarui pasokannya dalam rentang waktu yang cukup singkat, maksimal beberapa bulan. Seperti air, cahaya matahari, angin, gelombang laut, dan lain sebagainya. Energi terbarukan belum dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar karena fluktuasi potensi dan tingkat perekonomian yang belum bisa bersaing dengan energi konvensional. Manusia dihadapkan pada situasi menipisnya cadangan sumber energi fosil dan meningkatnya kerusakan lingkungan akibat penggunaan energi fosil.

Kelangkaan energi tidak hanya terjadi di Indonesia, melainkan juga di negara lain. Populasi manusia yang terus bertambah setiap tahun mengakibatkan penggunaan energi meningkat, dengan meningkatnya penggunaan energi tersebut, terutama minyak bumi, maka di masa yang akan datang jumlahnya pun semakin terbatas, cadangan energi fosil akan berkurang dan tidak akan dapat di andalkan untuk mencukupi kebutuhan energi, karena sifatnya tidak terbarukan menuntut untuk segera mengeksplorasi sumber energi terbarukan [5].

Sumber energi terbarukan yang terdapat di Indonesia masih belum dimanfaatkan secara optimal. Penggunaan energi alternatif terutama untuk

memenuhi kebutuhan energi dipedesaan, dimana sebagian desa masih sulit dan secara ekonomis sulit terjangkau oleh listrik PLN, haruslah dikembangkan. Matahari merupakan sumber energi utama di bumi ini. Secara langsung dan tidak langsung sumber energi lain berasal dari energi matahari. Secara langsung, energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan teknologi fotovoltaik. Energi angin misalnya, udara yang bergerak dikarenakan adanya perbedaan temperatur (akibat panas matahari) dan tekanan udara. Beberapa daerah mengalami perbedaan temperatur dan tekanan yang cukup ekstrim sehingga menimbulkan pergerakan udara yang berpotensi untuk dijadikan sumber energi angin. Selain energi matahari dan angin, dari siklus hidrologi air, kita dapat memanfaatkan energi air dari ombak atau gelombang, arus sungai atau pun energi potensial air akibat dari perbedaan ketinggian muka air [6].

## 2.2. Macam-Macam Energi Terbarukan

Energi baru terbarukan memiliki macam bentuk dan sumber energiya, berikut macam-macam energi Terbarukan:

### 2.2.1. Energi Panas Bumi

Energi panas bumi atau energi geothermal adalah energi yang dihasilkan oleh fluida, gas dan batuan yang terkandung di dalam perut bumi sehingga memerlukan proses pertambangan untuk memperolehnya. Energi panas bumi merupakan energi yang tersimpan di bawah tanah dan dianggap dapat dihasilkan secara berkelanjutan karena berasal dari sumber panas dari perut bumi yang tidak akan pernah habis[7]. Sumber energi panas bumi adalah salah satu energi terbarukan yang diharapkan dapat berkontribusi dalam mengamankan suplai tenaga listrik secara konsisten dengan dampak lingkungan seminimum mungkin.

Potensi energi panas bumi di Indonesia yang mencapai 27 GWe sangat erat kaitannya dengan posisi Indonesia dalam kerangka tektonik dunia. Banyaknya gunung vulkanik, Indonesia seharusnya menjadi raksasa dalam eksplorasi panas bumi sebagai sumber energi [7], . Ditinjau dari munculnya panas bumi di permukaan per satuan luas, Indonesia menempati urutan keempat dunia, bahkan dari segi temperatur yang tinggi, merupakan kedua

terbesar. Sebagian besar energi panas bumi yang telah dimanfaatkan di seluruh dunia merupakan energi yang diekstrak dari sistem hidrotermal, karena pemanfaatan dari hot-igneous system dan conduction-dominated system memerlukan teknologi ekstraksi yang tinggi. Sistem hidrotermal erat kaitannya dengan sistem vulkanisme dan pembentukan gunung api pada zona batas lempeng yang aktif di mana terdapat aliran panas (heat flow) yang tinggi.

Dalam aspek ekonomi, panas bumi adalah bentuk energi yang unik karena tidak dapat disimpan dan tidak dapat ditransportasikan dalam jarak jauh. Kondisi ini membuat panas bumi terlepas dari dinamika harga pasar. Selain itu panas bumi dapat menjadi alternatif yang sangat baik bagi bahan bakar fosil terutama untuk pemanfaatan pembangkit listrik sehingga dapat mengurangi subsidi energi. Dalam aspek lingkungan, limbah yang dihasilkan hanya berupa air yang tidak merusak atmosfer dan lingkungan. Limbah buangan air pembangkit panas bumi akan diinjeksikan jauh ke dalam lapisan tanah (reservoir) dan tidak akan mempengaruhi persediaan air tanah. Potensi yang dimiliki Indonesia seharusnya mampu menjadikan panas bumi sebagai sumber energi utama dan menjadi acuan bagi negara lainnya.

#### 2.2.2. Energi Surya

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan, bahkan untuk mendinginkan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh keinginan kita untuk menangkap kesempatan[9]. Energi surya sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dapat

dipercaya dan tidak membeli. Kejelekannya dari energi surya ini adalah sangat halus dan tidak konstan.

Teknik pemanfaatan energi surya mulai muncul pada tahun 1839, ditemukan oleh A.C. Becquerel. Ia menggunakan kristal silikon untuk mengkonversi radiasi matahari, namun sampai tahun 1955 metode itu belum banyak dikembangkan. Selama kurun waktu lebih dari satu abad itu, sumber energi yang banyak digunakan adalah minyak bumi dan batu bara. Upaya pengembangan kembali cara memanfaatkan energi surya baru muncul lagi pada tahun 1958. Sel silikon yang dipergunakan untuk mengubah energi surya menjadi sumber daya mulai diperhitungkan sebagai metode baru, karena dapat digunakan sebagai sumber daya bagi satelit angkasa luar.

Banyaknya sumber energi terbahurui yang ada, penggunaan energi melalui *solar cell* / sel surya merupakan alternatif yang paling potensial untuk diterapkan di wilayah Indonesia. Sel surya adalah suatu komponen elektronika yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC).

Panel surya adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Bagimanapun, istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan kita. Dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “*photovoltaic*” (*photo*=cahaya, *voltaiic*=tegangan). Photovoltaic tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari cahaya[9]. Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu:

1. Teknologi energi surya fotovoltaik

Energi surya fotovoltaik digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari pendingin dengan kapasitas total  $\pm 6$  MW.

2. Teknologi energi surya termal, energi surya termal pada umumnya digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan hasil pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, tanaman pangan) dan memanaskan air.



Gambar 2.2.2. Panel Surya

### 2.2.3. Energi Air

Energi air dapat dimanfaatkan dari ombak atau gelombang, arus sungai atau pun energi potensial air akibat dari perbedaan ketinggian muka air. Energi air ini merupakan sumber energi potensial yang belum termanfaatkan secara optimal. Secara umum, pemanfaatan sumber energi ini dilakukan pada skala yang besar yang mengakibatkan biaya yang dibutuhkan menjadi besar.

Indonesia mempunyai potensi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sebesar 70.000 mega watt (MW). Potensi ini baru dimanfaatkan sekitar 6 persen atau 3.529 MW atau 14,2 persen dari jumlah energi pembangkitan PT PLN[10]. Peluang pembangunan PLTA di Indonesia masih besar, apalagi Indonesia masih dilanda kesulitan bahan bakar minyak (BBM). Pemanfaatan sumber daya air sebagai salah satu sumber energi primer yang terbarukan bisa disinergikan dengan memanfaatkan air untuk meningkatkan ketahanan pangan. Selain itu, PLTA juga menjadi jawaban untuk pembangkit tenaga yang tidak menghasilkan CO<sub>2</sub> seperti dihasilkan bahan bakar fosil meski ada yang menuduh peningkatan CO<sub>2</sub> di atmosfer terjadi akibat pembangunan

bendungan dan beroperasinya waduk. Karena itu pada pencahanan energi 10.000 MW berikutnya diharapkan 7000 diantaranya dari tenaga air. Indonesia mempunyai jumlah air permukaan terbanyak ke lima di dunia.

Penggunaan energi mikrohidro sebagai salah satu alternatif energi untuk daerah pedesaan sangatlah tepat karena ramah lingkungan karena tidak menggunakan BBM, sehingga harga jual listriknya bisa lebih kompetitif dan murah. Daya yang dihasilkan PLTMH berkisar antara 10-500 KW, akan tetapi sangat membantu masyarakat yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Pertimbangan mengapa PLN belum dapat memberikan listrik pada daerah-daerah pedesaan mungkin dikarenakan faktor ekonomis, teknis dan lain-lain. Keuntungan lain dengan penggunaan PLTMH adalah pembangkit listrik ini tidak rumit dalam pembuatannya, harganya yang relatif murah dan yang tidak kalah penting kita sudah memiliki SDM kompeten dibidang tersebut.

Dari keuntungan-keuntungan tersebut sangatlah tidak logis apabila pemerintah daerah tidak mempertimbangkan alternatif energi PLTMH ini. Yang juga patut untuk diperhatikan adalah dampak lain yang akan timbul sangatlah besar yaitu tumbuhnya perekonomian di pedesaan dan masyarakat akan semakin peduli terhadap kelestarian sumber daya hutan sebagai sumber air dan masyarakat akan termotivasi untuk memelihara hutan dan vegetasi pohon disekitar mata air serta mencegah pembakaran hutan.



Gambar 2.2.3. PLTA

#### 2.2.4. Energi Angin

Angin adalah suatu bentukan energi surya yang terjadi ketika matahari memanaskan udara yang kemudian menyebabkan udaranya naik dan membentuk suatu vacuum, kemudian vacuum turun ke udara yang lebih dingin membentuk angin. Angin juga terjadi karena pemanasan bumi yang tidak sama oleh matahari.

Para ahli mengestimasi bahwa 2% dari energi sinar matahari yang diterima oleh bumi dikonversi menjadi energi kinetik angin (Leahy,1997).

Kecepatan angin yang rendah bukan berarti potensi energi yang terkandung di dalamnya tidak dapat dimanfaatkan atau dikonversikan menjadi energi listrik, tetap dapat dimanfaatkan tetapi diperlukan generator yang sesuai dengan karakteristik kecepatan angin tersebut. Pembangkit energi listrik tenaga angin dengan kecepatan rendah secara garis besar mempunyai fungsi dan cara kerja yang sama dengan pembangkit energi listrik tenaga angin lainnya.

Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering juga disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya. Prinsip kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area efektif turbin untuk memutar baling-baling/kincir angin, kemudian energi putar ini diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik.



Gambar 2.2.4. PLTB

### 2.2.5. Biomassa

Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan dari limbah pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar disebut Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm). Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan (Kong, 2013). Biomassa diproses menggunakan digester selama 28 hari untuk dijadikan gas metan. Keluaran gas dari digester disalurkan ke ruang pembakaran yang terdapat di motor bakar pada genset. Genset untuk menghasilkan daya listrik, disebut sebagai generator set adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat yaitu engine sebagai pemutar dan generator sebagai pembangkit listrik (Asmoro dan Dominggos, 2012).

Biomassa, juga merupakan salah satu jenis bioenergy. Bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi (Soerawidjaja, 2011).



Gambar 2.2.5. PLTBm

### 2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya bisa disingkat PLTS ini menggunakan cahaya matahari sebagai sumbernya menghasilkan energi.

#### 2.3.1. Matahari

Matahari adalah satu diantara bintang-bintang di langit. Matahari memberikan sinar surya terus menerus sepanjang masa. Sinar surya ini sampai ke bumi digunakan untuk sumber energi bagi semua makhluk hidup di bumi, tiada kehidupan sekiranya tiada energi ini. Matahari paling penting bagi kehidupan sehari-hari manusia sebagai sumber energi. Matahari adalah sumber energi primer, yang memberi pengertian bahwa semua energi yang dihasilkan secara alami ataupun secara proses teknologi semuanya bersumber dari matahari.

Energi matahari sangat membantu berbagai proses fisis dan biologis di Bumi. Radiasi adalah suatu proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara. Energi Matahari bisa sampai ke permukaan Bumi adalah dengan cara radiasi (pancaran), karena diantara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara), sedangkan gelombang elektromagnetik adalah suatu bentuk gelombang yang dirambatkan dalam bentuk komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat merambat

dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan zat atau medium perantara.

Energi surya adalah energi yang dihasilkan oleh cahaya matahari yang dapat diubah menjadi energi panas atau energi listrik. Proses pengubahan energi ini bukan saja bebas dari pencemaran, bahkan dapat diperoleh secara gratis dan terus menerus. Hal ini dapat dipahami, karna jumlah energi surya pada planet bumi adalah sebesar 170 triliun kW. Jumlah sebanyak 30% dipantulkan keruangan angkasa, 47% diubah menjadi panas pada suhu rendah dan dipancarkan lagi ke ruang angkasa dan 23% adalah untuk energi peresapan atau penguapan pada kisaran alam tumbuh-tumbuhan. Kurang dari 5% ditampilkan dalam bentuk energi kinetik dari angin dan gelombang dan juga pada penguapan fotosintesis dari tanaman. Energi yang dihasilkan oleh matahari dan sampai ke bumi dalam bentuk cahaya, kemudian cahaya diubah menjadi energi untuk banyak keperluan. Sinar surya dinyatakan sebagai sumber energi utama di bumi. Tanaman menggunakan energi dari matahari untuk proses fotosintesis. Air dan gas karbon dioksida diubah menjadi senyawa karbon khlorofil karna adanya sinar matahari selanjutnya senyawa yang dihasilkan dapat digunakan untuk sumber makanan manusia, hewan ataupun untuk dibakar menghasilkan panas.

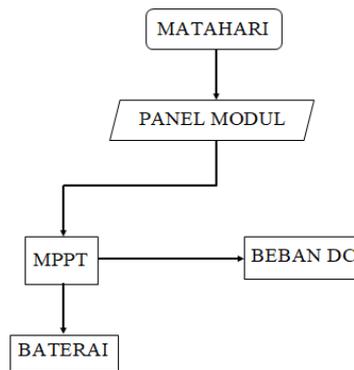
Sekian banyak energi yang dikeluarkan matahari yang sampai ke Bumi melalui proses perambatan tadi kemudian diserap oleh Bumi. Energi yang diserap ini akan menyebabkan suhu dari Bumi akan naik. Pada gilirannya, suhu Bumi yang hangat atau panas ini akan memancarkan juga sebagian energinya, sehingga energi yang diterima bumi = energi yang diserap bumi + energi yang dipancarkan Bumi.

Indonesia terletak di kawasan iklim khatulistiwa, sinar surya rata-rata harian adalah 4000-5000 Wj/m , sedangkan rata-rata jumlah jam sinar antara 4 hingga 8 jam. Indonesia mengalami jumlah hari hujan 170 hari/tahun, rata-rata suhu udara antara 26 hingga 32°C dan kelembapan relatif rata-rata 80 hingga 90% dan tidak pernah turun dibawah 60%. Sinar

surya mempunyai dua komponen (a) sinar surya langsung dan (b) sinar tak langsung (terpedar). Komponen sinar surya langsung adalah yang dihantar tanpa diserap dalam awan dan langsung menimpa bumi, sedangkan sinar surya tak langsung adalah setelah mengenai awan dan menimpa bumi. Jumlah kedua-duanya dikenal sebagai sinar surya global atau sinaran surya sejagat. Keadaan langit dikawasan tropika ini berawan, karena komponen sinar surya langsung kurang dari 40%. Perincian ini penting untuk pengkajian energi surya, terutama sistem surya termal, terutama dalam membuat dan pemilihan pengumpul surya.

### 2.3.2. Prinsip kerja PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada dasarnya adalah pecatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan hybrid (dikombinasikan dengan sumber energi lain) baik dengan metode Desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metode Sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel). Siang hari modul surya/panel solarcell menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses photovoltaic. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya dapat langsung disalurkan ke beban atau disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban. Arus searah DC (direct current) yang dihasilkan atau output dari modul surya yang telah tersimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban terlebih dahulu.



Gambar 2.3.2. Prinsip kerja panel surya

Sel surya mendapatkan energi dari matahari lalu energi akan masuk ke SCC sebagai pengatur pengisian untuk battery charger, dimana biasanya SCC akan dikombinasikan dengan battery charger sebagai sistem charger controller. Beban DC dapat menerima langsung energi dari SCC. baterai disini berguna agar disaat cahaya matahari sudah redup energi disimpan di baterai agar pada saat malam hari beban DC tetap bisa hidup. Perubahan intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan oleh panel surya, saat hari yang terik (tingkat radiasi tinggi) akan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi yang dapat merusak baterai, untuk itulah tegangan tersebut diatur di charge controller agar sesuai dengan tegangan yang diinginkan untuk pengecasan baterai. Output dari charge controller sudah dapat dimanfaatkan untuk beban DC.

Jika intensitas cahaya matahari menurun atau tidak ada (malam hari) maka PLTS tetap dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi yang tersimpan di baterai yang sudah diisi sebelumnya. Sistem PLTS yang menggunakan baterai, saat intensitas matahari berkurang karena hujan atau awan mendung, maka secara otomatis baterai menopang beban. Kondisi ini dapat terjadi sesuai dengan pola operasi dari PLTS yang difungsikan siang hari hanya untuk mengisi baterai dan mensuplai beban hanya pada malam hari, maka kondisi memikul beban saat intensitas cahaya matahari menurun tidak terjadi.

Energi surya secara langsung tidak digunakan sebagai sumber energi utama karena kecepatan menghasilkan energinya rendah, sehingga belum ekonomis. Listrik yang dihasilkan oleh sel surya masih terlalu kecil, karenanya beberapa sel surya digabung sejajar/seri menjadi suatu panel surya dengan kapasitas tertentu. Menggabungkan beberapa panel surya berarti menambah alat konversi tenaga surya pembangkit listrik energi surya yang efisien dapat menghasilkan energi yang dapat memenuhi kebutuhan energi untuk setempat dan juga diekspor ke negara-negara tetangga. Disamping itu, sistem pembangkit listrik energi surya mempunyai banyak kelebihan jika dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik dengan energi lain seperti hidroelektrik, nuklir dan batubara. Pembangkit listrik tenaga surya dapat dibangun di kawasan-kawasan yang berdekatan dengan pengguna, tidak seperti pembangkit listrik energi hidroelektrik yang harus dibangun di sungai-sungai yang mempunyai aliran yang deras dan mencukupi.

#### 2.4. Komponen Utama PLTS

PLTS memiliki beberapa komponen utama untuk bisa berfungsi menghasilkan energi, diantaranya adalah:

##### 2.4.1. Sel Surya dan Panel Surya

Sel surya atau sel fotovoltaik adalah elemen yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Sel surya umumnya terbuat dari bahan semikonduktor. Karena keluaran dari sel surya sangat kecil maka beberapa sel surya digabung secara sejajar atau seri menjadi suatu kumpulan yang disebut modul atau panel surya sesuai kapasitas yang diinginkan.



Gambar 2.4.1. Panel Surya

Definisi panel surya atau modul fotovoltaik adalah suatu unit rangkaian yang lengkap, terdiri dari sejumlah sel fotovoltaik, yang dirancang seri dan atau paralel. Yang dimaksud dengan unit rakitan yang lengkap adalah terdiri dari sel fotovoltaik, penghubung, pelindung dan terminal. Sedangkan susunan modul fotovoltaik merupakan suatu gabungan mekanis yang terdiri dari sejumlah modul fotovoltaik yang dihubungkan seri atau paralel dan dipasang pada suatu kerangka penunjang (mounting structure). Panel surya memiliki beberapa jenis:

#### 1. *Monocrystalline silicon*

*Monocrystalline silicon* adalah jenis panel surya yang memiliki keunggulan seperti terbuat silikon tipis, irisan silikon tipis tersebut membuat karakteristik *monocrystalline silicon* lebih tampak. Penampang *monocrystalline silicon* bisa menyerap cahaya matahari lebih baik dan optimal dibandingkan dengan jenis sel surya yang lain. Meski memiliki banyak keunggulan, *monocrystalline silicon* juga memiliki kekurangan. Agar bisa berfungsi secara efisien, cahaya harus memiliki kadar terang dan tinggi. Jika cuaca sedang mendung dan berawan, *monocrystalline silicon* tidak bisa menyerap energi matahari secara maksimal dan efisiensi panel berpotensi menurun.

#### 2. *Polycrystalline silicon*

*Polycrystalline silicon* adalah jenis panel surya yang banyak di berbagai jenis bangunan. Kebanyakan panel surya yang ditemukan di Indonesia menggunakan *polycrystalline silicon*. Teknologi panel surya tersebut terbuat dari batang silikon yang bisa dicairkan. Susunan yang lebih rapat dan rapi merupakan kelebihan panel ini.

Karakteristik *polycrystalline silicon* adalah mempunyai tampilan yang cukup unik, jika dilihat lebih detail, panel surya akan terlihat lebih unik karena terkesan seperti ada retakan-retakan pada bagian dalam sel surya. *Polycrystalline silicon* juga memiliki kekurangan yaitu tidak cocok dengan wilayah atau area yang memiliki curah hujan tinggi. Nah, pada saat seperti itu efisiensi dari panel *polycrystalline silicon* akan menurun atau tidak berfungsi sama sekali.

Tabel 2.4.1. Perbedaan monokristal dan polikristal

Perbedaan	Panel Surya	
	<i>Monocrystalline</i>	<i>Polycrystalline</i>
<b>Jenis Silikon</b>	Silikon tunggal	Silikon multi-kristal
<b>Estitika</b>	Hitam	Biru
<b>Ketahanan Suhu</b>	Lebih baik dalam suhu tinggi dan kondisinya teduh.	Kurang efisien dalam suhu yang lebih tinggi
<b>Harga</b>	Lebih mahal	Lebih murah
<b>Kebutuhan area</b>	Membutuhkan wilayah rentang 6-9m <sup>2</sup>	Membutuhkan wilayah rentang 8-9m <sup>2</sup>
<b>Efisiensi panel</b>	Tingkat efesiensi 15-20%	Tingkat efesiensi 13-18%

Panel surya memiliki satuan daya yang dinamakan watt peak / wp. Istilah wp biasa digunakan dalam sektor energi surya, wp sendiri menggambarkan besarnya nominal watt yang dihasilkan panel surya. Semakin tinggi ukuran solar cell yang digunakan maka semakin besar jumlah daya listrik yang dihasilkan. Jumlah solar cell yang digunakan tergantung pada ukuran wp yang dimiliki solar cell tersebut, serta jumlah kebutuhan yang diinginkan.

10 wp → 10 watt (daya puncak yang dihasilkan)

4400 wp → 4400 watt (daya puncak yang dihasilkan)

Panel 20 wp memiliki arti yaitu solar cell tersebut mempunyai 20 watt peak (pada saat matahari terik). Peak satu hari di asumsikan 4,5 jam (masa matahari terik), sehingga:

$$20 \times 4,5 = 9 \text{ watt hour/day}$$

Itu kapasitas maximal untuk pemakaian 1 hari.

Sel surya dalam keadaan tanpa penyinaran mempunyai karakteristik yang mirip dengan dioda. Ketika sel surya mendapat sinar, akan mengalir arus konstan yang arahnya berlawanan dengan arus dioda. Untuk memperoleh karakteristik tegangan arus sel surya maka sel surya yang akan ditest harus dihubungkan dengan beban listrik yang dapat divariasi.

#### 2.4.2. Charger

Charger atau solar charge controller atau kontrol pengisian baterai adalah alat elektronik yang berfungsi untuk menelusuri kekuatan maksimal yang dapat dihasilkan panel surya dan mengontrol pengisian baterai. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka controller akan memutus arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah pengisian yang berlebihan. Dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Sebaliknya jika baterai sudah menurun pada posisi yang ditentukan controller akan otomatis menghubungkan kembali arus listrik ke baterai. Tanpa alat ini pengisian baterai tidak optimal, dalam artian kurang pengisian atau kelebihan pengisian. SCC menerima daya dari panel surya dan mengalirkannya ke baterai.

Sebelum dialirkan ke baterai SCC melakukan sejumlah konfigurasi seperti dengan mengontrol pengisian hingga menjejak energi yang lebih besar. Ampere yang dihasilkan panel surya selalu berubah dalam hitungan jam maupun menit. Naik turun ampere sangat mempengaruhi kinerja pengisian baterai dan cepat tidaknya pengecasan baterai. Saat tegangan di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka controller berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban/peralatan listrik. Dalam kondisi tegangan tertentu (umumnya sekitar 10% sisa tegangan di baterai), maka pemutusan arus beban dilakukan oleh controller.

SCC dalam sistem PLTS sangat penting, khususnya off grid yaitu sistem PLTS yang menggunakan baterai sebagai backup tunggal atau satu-satunya saat cahaya redup. SCC memiliki dua jenis, yaitu:

1. MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

MPPT sebuah sistem elektronik yang bekerja untuk melacak keberadaan titik daya maksimum yang diproduksi panel surya dan mengontrol pengisian baterai. SCC jenis MPPT terdiri atas perangkat elektronik yang tidak hanya berfungsi sebagai pengatur pengisian baterai namun juga bisa mengoptimalkan kinerja antara panel surya dengan bank baterai. Untuk mendapatkan tingkat keluaran daya yang maksimal dari panel surya/modul fotovoltaik maka diperlukan adanya suatu sistem yang berfungsi agar modul fotovoltaik dapat mencapai titik kerja optimalnya. Sistem ini dikenal dengan *Maximum Power Point Tracker (MPPT)*.

MPPT biasanya dilengkapi dengan *DC-DC Converter* yang digunakan sebagai penstabil tegangan dengan nilai keluarannya mempunyai nilai yang lebih rendah daripada masukannya. Dalam penggunaan umum, MPPT biasanya digunakan sebagai pengatur pengisian untuk *battery charger*, dimana biasanya MPPT akan dikombinasikan dengan *battery charger* sebagai sistem *charger controller*. Keluaran dari penggabungan kedua sistem ini akan menghasilkan tegangan dc teregulasi yang digunakan untuk proses pengisian baterai.

Penggunaan modul surya yang langsung ke beban (DC) mengakibatkan tegangan PV akan langsung mengalami *drop voltage*, akan tetapi arus modul surya akan tetap bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterimanya, sehingga modul surya tidak akan pernah mencapai titik kerja maksimumnya. Jadi selain untuk pengaturan charging baterai, penggunaan MPPT berfungsi agar modul surya dapat mencapai titik kerja maksimumnya dengan kondisi pembebanan apapun.



Gambar 2.4.2. SCC MPPT

**Kelebihan SCC MPPT:**

- a. Panel surya dan baterai tidak harus punya tegangan yang sama, bahkan bisa menggunakan panel surya dengan tegangan lebih tinggi daripada tegangan baterai
- b. Lebih cepat mengisi baterai meski kapasitas baterai masih rendah atau cuaca sedang mendung dengan mengubah kelebihan tegangan menjadi arus
- c. Menghasilkan tegangan yang dapat menyesuaikan kebutuhan baterai dan beban
- d. Controller MPPT bisa bekerja maksimal meski suhu sel surya di bawah  $45^{\circ}\text{C}$  atau di atas  $75^{\circ}\text{C}$ .
- e. Lebih efisien untuk mengisi ulang baterai dengan adanya fitur pembatasan output, sehingga menghindari terjadinya baterai overcharging
- f. MPPT dapat memantau dan menyesuaikan input untuk mengatur arus/current, misalnya dengan menurunkan tegangan dan menaikkan arus
- g. Efisiensi lebih dari 90% untuk mengecbas baterai

**Kekurangan SCC MPPT:**

- a. Harga Controller MPPT lebih mahal daripada PWM
- b. Bekerja lebih baik pada kapasitas sistem diatas 200W
- c. Dapat dipakai untuk sistem on grid walaupun kapasitasnya kecil
- d. MPPT memakai pengkabelan lebih kecil sebab banyak menggunakan sistem seri

## 2. SCC PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM adalah alat yang berfungsi mengendalikan keberlangsungan pengisian baterai. Saat baterai akan penuh SCC PWM akan perlahan menurunkan jumlah daya yang dikirim ke baterai agar baterai tidak mengalami kejenuhan.

### Kelebihan SCC PWM

- a. Controller PWM memiliki harga lebih murah dibanding jenis MPPT
- b. PWM cocok untuk PLTS rumahan yang dibangun dalam skala kecil dengan suhu panel surya sedang hingga tinggi ( $45^{\circ}\text{C}$  dan  $75^{\circ}\text{C}$ )
- c. Controller PWM dibuat berdasarkan basis teknologi yang lebih dulu sehingga sudah matang dan teruji
- d. Tegangan yang dihasilkan panel surya dengan PWM tidak berbeda jauh dari tegangan baterai.
- e. Bekerja lebih baik pada sistem off-grid dengan kisaran tegangan panel surya 17 – 19 Volt untuk setiap nominal tegangan baterai 12 V

### Kekurangan SCC PWM

- a. Untuk menggunakan PWM, panel surya dan baterai harus berada pada tegangan yang sama
- b. Cocok dipakai saat kapasitas baterai 80%
- c. Panel surya dihitung pada Ampere saat panel surya bekerja sesuai dengan tegangan baterai
- d. Efisiensi hanya sekitar 75%, ketika cuaca mendung tegangan keluaran Controller PWM akan mengikuti panel

surya. Jika panel surya 24V menggunakan baterai 12V maka kelebihan tegangan pengisian akan terbuang

- e. PWM membutuhkan kabel diameter lebih besar sebab cenderung memakai sistem paralel kerja maksimumnya dengan kondisi pembebanan apapun

MPPT memakai algoritma untuk mencari titik daya maksimum dan mempertahankan kinerja titik tersebut. Algoritma yang dapat dipilih misalnya *Incremental Conductance*, *Dynamic Approach*, *Temperature Methods*, dan *Perturb and Observe*. Berbagai algoritma tersebut dapat mengubah tegangan dari panel surya menjadi tegangan untuk pengisian baterai. SCC MPPT tidak membuang tegangan yang tidak terpakai melainkan mengubahnya menjadi arus pengisian. Makin naik tegangan pengisian maka arus pengisian juga akan ikut naik. Kelebihan inilah yang menjadi pembeda utama dengan SCC PWM.

#### 2.4.3. Baterai

Baterai/Aki adalah suatu perangkat kimia yang digunakan untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya. Tanpa baterai, energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari. Proses yang terjadi pada baterai adalah *charge* (pengisian arus), *discharge* (pengeluaran arus) dan *overcharge* (pengisian arus berlebih). Satuan baterai dinyatakan dalam *Ampere hour* (Ah), *Ampere hour* adalah jumlah ampere maksimal yang mengalir atau di hasilkan aki dalam satu jam. Ampere adalah jumlah muatan elektron yang mengalir pada satu konduktor (*coulomb*) dalam satu detik. Voltase yang biasa dimiliki aki sekitar 12,6-14,4 volt saat kondisi alat/mesin mati maka voltase yang seharusnya 12,6 volt pada aki kondisi 100% (1 volt=25 watt).

##### 1. Baterai Basah

Baterai basah atau menggunakan wadah semi transparan. Tujuan dari wadah transparan agar lebih mudah untuk melihat

volume air aki. Air aki yg digunakan pada aki jenis ini adalah air accu dan air zuur.

## 2. Baterai Kering

Berbeda dengan baterai basah, baterai kering terbilang memiliki perawatan yang minim, sehingga aki kering juga sering disebut maintenance free (MF). Jenis baterai ini tidak perlu dilakukan pengisian air aki. Wadah aki kering memiliki perbedaan yang mencolok dibandingkan aki basah. Aki kering biasanya memiliki wadah dengan desain yang tertutup sepenuhnya menggunakan bahan yang solid. Jadi kita tidak bisa melihat isi di dalam aki.



Gambar 2.4.3. Aki basah dan aki kering

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan berlokasi di Jl. Perum Singgalang, Kubang Putih, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Penulis melakukan penelitian dalam jangka waktu yang diperkirakan seperti tabel berikut:

Tabel 3.1. Jadwal penelitian

NO	KEGIATAN	JUNI				JULI				AGUS	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1.	Studi Literatur	■	■								
2.	Membuat Desain Rangkaian Eksperimen			■							
3.	Membuat Daftar Alat Dan Bahan yang Akan Digunakan			■							
4.	Pengadaan Alat Dan Bahan Yang Akan Digunakan					■					
5.	Perakitan Rangkaian Eksperimen Sesuai Perencanaan						■				
6.	Uji Coba Rangkaian Eksperimen							■			
7.	Pengambilan Data							■			
8.	Pembuatan Laporan							■	■	■	■

### 3.2. Data Penelitian

#### 3.2.1. Jenis Penelitian

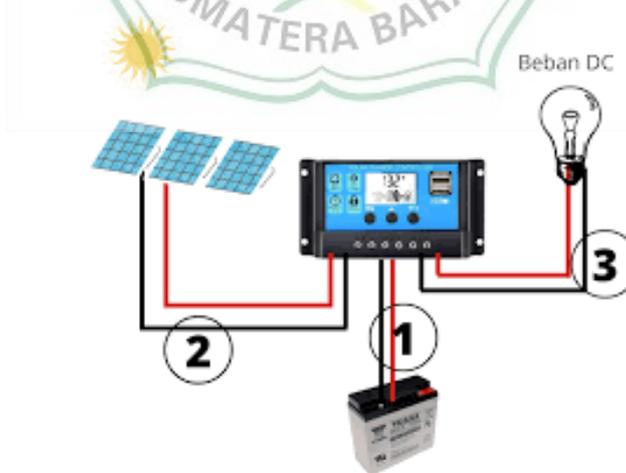
Metode yang dipakai adalah penelitian lapangan yang didasarkan pada data pengamatan dan pengukuran. Data Primer dimana data diperoleh langsung di lapangan. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi dengan membuat dan merancang alat secara mandiri

#### 3.2.2. Sumber Data

Penelitian ini diawali dengan studi literatur. Penelitian ini menggabungkan beberapa komponen dan peralatan agar mencapai tujuan yang dimaksud. Sumber data yang akan digunakan diperoleh dari studi literatur, dimana ini adalah tahapan awal dalam langkah penelitian. Dalam tahap ini peneliti mengumpulkan referensi atau sumber tertulis lainnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Informasi yang diperoleh dari studi literatur tersebut akan dikembangkan dalam penelitian ini.

### 3.3. Metode Perancangan

Penelitian diawali dengan perancangan komponen, konsep rancangan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.3. Perancangan alat

Memasang atau menghubungkan rangkaian panel surya di awali dengan pemasangan aki ke PWM lalu dilanjutkan dengan panel dan beban. Dalam

membuka rangkaian pun sebaliknya, pertama buka beban dari PWM lalu panel dan terakhir aki.

Sumber daya pada rancangan ini berasal dari panel surya. Sumber tersebut terhubung ke baterai dengan tujuan sebagai penyimpanan energi surya yang diperoleh oleh panel surya. Besarnya arus pengisian ke baterai diatur oleh PWM. Pada kondisi cahaya matahari tidak ada maka baterai bertugas memasok daya ke beban.

### 3.3.1. Pengujian Alat

Alat yang telah selesai dibuat akan dilakukan pengujian untuk memastikan alat tersebut berfungsi sesuai rancangan. Pengujian dilakukan dengan menyambungkan sumber/solar sel, baterai/aki, dan ke beban/lampu DC 12V.

- a. Melakukan pengujian berapa lama pengisian baterai 12V 5Ah agar terisi penuh
- b. Melakukan pengujian berapa lama tahan baterai 12V 5Ah kondisi terisi penuh diberi beban 12V 12W
- c. Pengujian dilakukan untuk mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan solar sel dengan beban 12V 12W

### 3.3.2. Pengambilan Data

Setelah alat dipastikan berfungsi sesuai tujuan dan dilakukan pengujian maka penelitian dilanjutkan dengan pengambilan data. Data diambil dengan jangka waktu  $1 \times 30$  menit dengan kondisi berbeda-beda. Pengambilan data pertama dilakukan dengan berapa lama pengisian baterai dan dilakukan pengukuran sumber tegangan dalam waktu pengisian. Setelah baterai penuh akan diberi beban lalu dilakukan pengujian tegangan jika diberi beban. Data terakhir didapat saat baterai dalam proses pengisian dan diberi beban untuk mendapatkan tegangan dan arus yang dihasilkan.

### 3.4. Langkah-Langkah Perancangan

Dalam merancang panel surya perhitungan awal dibutuhkan agar terhindar dari kesalahan, berikut langkah perhitungan perancangan panel surya:

1. Berapa kebutuhan jumlah total beban yang akan digunakan

=12 watt

2. Berapa lama beban akan dinyalakan

=9 jam

$$12 \text{ watt} \times 9 \text{ jam} = 108 \text{ watt hour}$$

3. Dari 108 watt tersebut jika dibagi 12 V (tegangan umum yang dimiliki baterai) maka kuat arus 9 Ampere. Maka jika kita gunakan baterai 12 volt 5 Ah

$$12 \times 5 \times 1 = 60 \text{ watt}$$

4. Jika menggunakan panel 20 wp (watt peak), maka dalam sehari panel ini kurang lebih menghasilkan supply sebesar

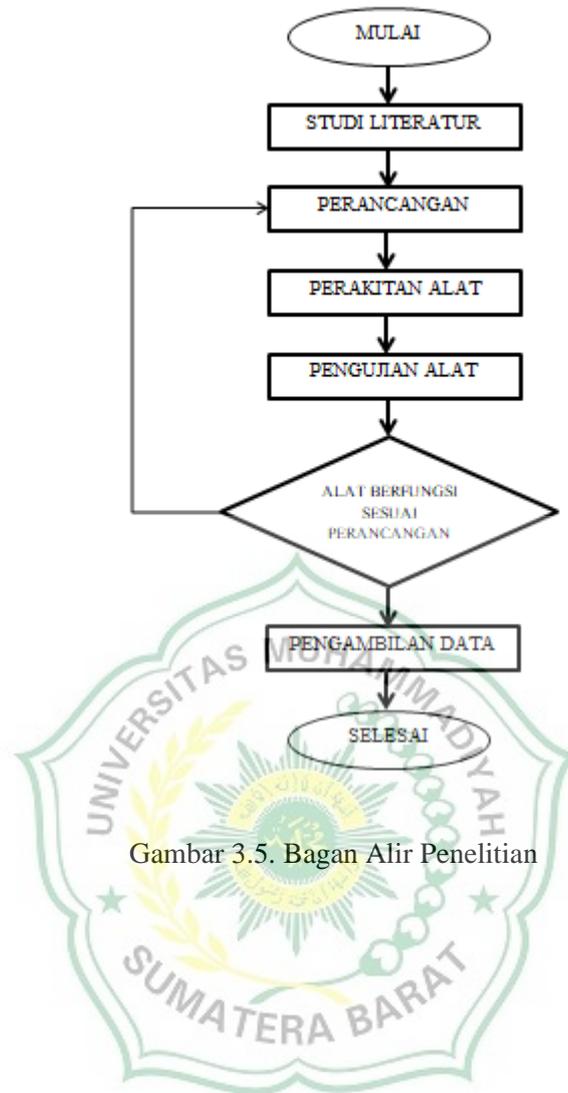
$$20 \text{ wp} \times 5 \text{ (jam)} = 100 \text{ watt}$$

Adapun 5 jam didapat dari efektivitas rata-rata sinar matahari bersinar di negara tropis seperti Indonesia, 5 jam sudah menjadi perhitungan rumus baku efektivitas sinar matahari yang diserap oleh panel surya. Total panel yang dibutuhkan

$$\frac{60}{100} = 0,6 \text{ (atau 1 panel)}$$

5. Setelah sudah berhasil mendapatkan kombinasi antara jumlah panel surya dan baterai untuk mensupply listrik sejumlah 60 watt yang dinyalakan selama 9 jam sehari, dimana beban digunakan pada malam hari antara pukul 19.00 sampai dengan 04.00, yakni 1 panel surya 20 wp dan 1 buah baterai 12 V 5 Ah.

### 3.5. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.5. Bagan Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

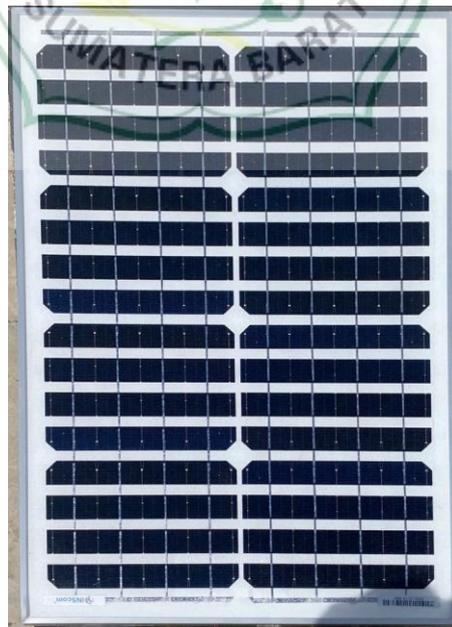
#### 4.1. Pembahasan

##### 4.1.1. Panel Modul Surya

Panel modul yang digunakan penulis dalam percobaan ini adalah panel modul jenis mono kristal 20 W dengan merk INScom, type KMM-27920, size 535×20×355mm. Alasan penulis menggunakan panel surya jenis Monokristal karena memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dan lebih baik dalam suhu tinggi dan kondisinya teduh.

Tabel 4.1.1. Spesifikasi panel surya

Maximum Power	$P_{max}$	20W
Maximum Power Voltage	$V_{mp}$	18.5V
Maximum Power Current	$I_{mp}$	1.89A
Short Circuit Voltage	$V_{oc}$	22.14V
Short Circuit Current	$I_{sc}$	1.16A



Gambar 4.1.1. Panel surya 20 wp

#### 4.1.2. Lampu DC

Sesuai dengan batasan masalah, penulis menggunakan lampu DC sebagai beban. Berikut spesifikasi lampu yang digunakan:

Tabel 4.1.2. Spesifikasi lampu DC

Tipe	SDC 12W CLEAR
Voltase	DC 12V
Watt	12 Watt
Fluks Cahaya	690Lm



Gambar 4.1.2. Lampu DC

#### 4.1.3. Solar Charge Controller

Pada percobaan ini penulis menggunakan solar charge controller atau SCC jenis PWM, Rated Voltage 12V/24V, Maximum Load Current 10A. selain murah dari segi harga PWM cocok untuk PLTS rumahan yang dibangun dalam skala kecil dengan suhu panel surya sedang hingga tinggi (45°C dan 75°C)

Tabel 4.1.3. Spesifikasi SCC PWM

Rated Voltage	12V/24V
Rated Current	20A
Max. PV Voltage	50V
Max. PV Input Power	260W(12V)520W(24V)



Gambar 4.1.3. SCC PWM

#### 4.1.4. Baterai/Aki

Pada percobaan ini penulis menggunakan satu buah baterai/aki merk GS SEALED MF 12 V 5 Ah.

Tabel 4.1.4. Spesifikasi baterai

Voltage	12V
Kapasitas	5Ah/10Hr
Jenis	Sealed Maintenance Free (Sealed MF)

Untuk mengetahui daya dari baterai maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Daya baterai} &= V \times I \\ &= 12 \text{ V} \times 5 \text{ Ah} \\ &= 60 \text{ Watt/jam} \end{aligned}$$

Daya baterai 60 Watt/jam yang berarti jika penulis menggunakan lampu 12 volt 5A maka waktu lampu hidup hanya 1 jam. Hasil perancangan yang diperoleh merupakan hasil pengetesan pembuatan pembangkit listrik tenaga surya yang mengubah energi panas dari matahari menjadi energi listrik.



Gambar 4.1.4. Aki kering 12 V 5 Ah

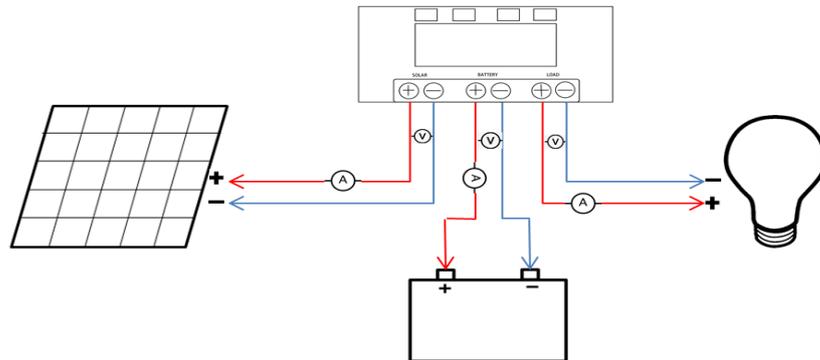
#### 4.2. Hasil

Hasil perancangan alat yang diperoleh merupakan hasil pengetesan pembuatan pembangkit listrik tenaga surya yang mengubah energi panas dari matahari menjadi listrik. Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan:

Tabel 4.2. Alat dan bahan

No.	Nama Bahan	Jumlah
1	Kabel Serabut NYHY	8 Meter
2	Lampu Dc 12 Volt	1 Buah
3	Aki 12 Volt	1 Buah
4	SCC PWM	1 Buah
5	Panel Modul Surya 20W	1 Buah
6	Tang Kombinasi	1 Buah
7	Obeng + -	1 Buah
8	Cutter	1 Buah

#### 4.2.1. Rangkaian Penelitian



Gambar 4.2.1. Rangkaian pengukuran

#### 4.2.2. Hasil Pengukuran

##### 1. Pengisian baterai tanpa beban

Tabel 4.2.2. Data hasil percobaan pengisian daya baterai 12 V menggunakan panel 20 wp tanpa beban yang dilakukan 14 Juli 2023

Jam	V Modul	V Aki
09.00	11	6,6
09.30	12	11,9
10.00	12,5	12,3
10.30	13	12,6
11.00	13	12,4
11.30	13	12,5
12.00	13,6	13,2
12.30	13,6	12,9
13.00	13,6	12,8
13.30	13,7	12,9
14.00	13,7	12,9
14.30	13,7	13,4
15.00	13,8	13,3
15.30	14	13,2
16.00	14	13,3

## 2. Pemberian beban

Tabel 4.2.2. Data hasil percobaan pembeban langsung output SCC PWM dengan beban DC 12 W dengan sumber daya dari aki yang dilakukan pada 14-15 Juli 2023

Jam	Panel		Baterai		Beban	
	V	A	V	A	V	A
19.00	1,1	0	12,63	0,32	12,62	0,32
20.00	1,2	0	12,55	0,32	12,54	0,32
21.00	1,3	0	12,46	0,32	12,45	0,31
22.00	1,02	0	12,26	0,31	12,25	0,3
23.00	0,93	0	12,10	0,30	12,09	0,30
00.00	0,91	0	12,0	0,30	12	0,29
01.00	0,94	0	11,75	0,29	11,74	0,29
02.00	0,92	0	11,57	0,28	11,56	0,28
03.00	0,91	0	11,21	0,27	11,20	0,27
04.00	0,99	0	11	0,27	11,20	0

## 3. Pengisian baterai menggunakan beban

Tabel 4.2.2. Data hasil percobaan pembebanan langsung output SCC PWM dengan beban DC 12 W dengan sumber daya dari modul dan aki yang dilakukan pada hari 15 Juli 2023

Jam	Panel		Baterai		Beban	
	V	A	V	A	V	A
06.00	11	0,27	10,82	0,27	10,98	0,036
07.00	11,27	0,29	11,54	0,28	11,34	0,071
08.00	11,69	0,29	11,59	0,29	11,41	0,089
09.00	12,49	0,31	12,46	0,31	12,31	0,138
10.00	13,04	0,33	13,02	0,32	12,92	0,323
11.00	13,39	0,35	13,87	0,33	13,23	0,33
12.00	17,93	0,35	14,02	0,35	13,83	0,35

13.00	18	0,37	14,03	0,37	13,97	0,37
14.00	17,74	0,33	13,41	0,33	13,45	0,32
15.00	16,56	0,33	13,99	0,33	13,43	0,33
16.00	13,21	0,33	14	0,33	13,38	0,32
17.00	13,36	0,33	13,31	0,32	13,27	0,32
18.00	13,20	0,32	13,19	0,32	13	0,32



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Mendesain serta merealisasikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam upaya untuk menyalakan lampu yakni dengan menghubungkan peralatan utama PLTS mulai dari panel sel surya/modul fotovoltaik dengan fungsi sebagai penyerap cahaya matahari. Kemudian dihubungkan dengan solar charge controller jenis PWM agar modul dapat mencapai titik kerja optimalnya. Selanjutnya dihubungkan ke baterai/aki untuk menyimpan daya yang diserap oleh sel surya dari sinar matahari kemudian dihubungkan ke beban DC dan siap digunakan untuk menyalakan lampu.

Dari hasil pengujian peralatan PLTS yang dilaksanakan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa sinar surya yang diserap oleh panel surya selama 12 jam mulai dari pukul 06.00 sampai dengan 18.00 rata-rata memperoleh penyerapan sinar surya yang maksimal pukul 11.00 sampai dengan 14.00.

#### 5.2. Saran

Perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya berskala prototype ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi kualitas bahan, penampilan, juga sistem kerja dan fungsi oleh karena itu diharapkan laporan ini bisa menjadi penunjang agar menghasilkan alat yang lebih sempurna lagi. Adapun beberapa saran untuk langkah pengembangan dan penyempurnaan alat ini:

1. Disarankan untuk penelitian selanjutnya beban yang digunakan menggunakan beban AC agar lebih murah dimanfaatkan
2. Disarankan untuk menambah komponen lain seperti inverter, saklar, ataupun sensor.

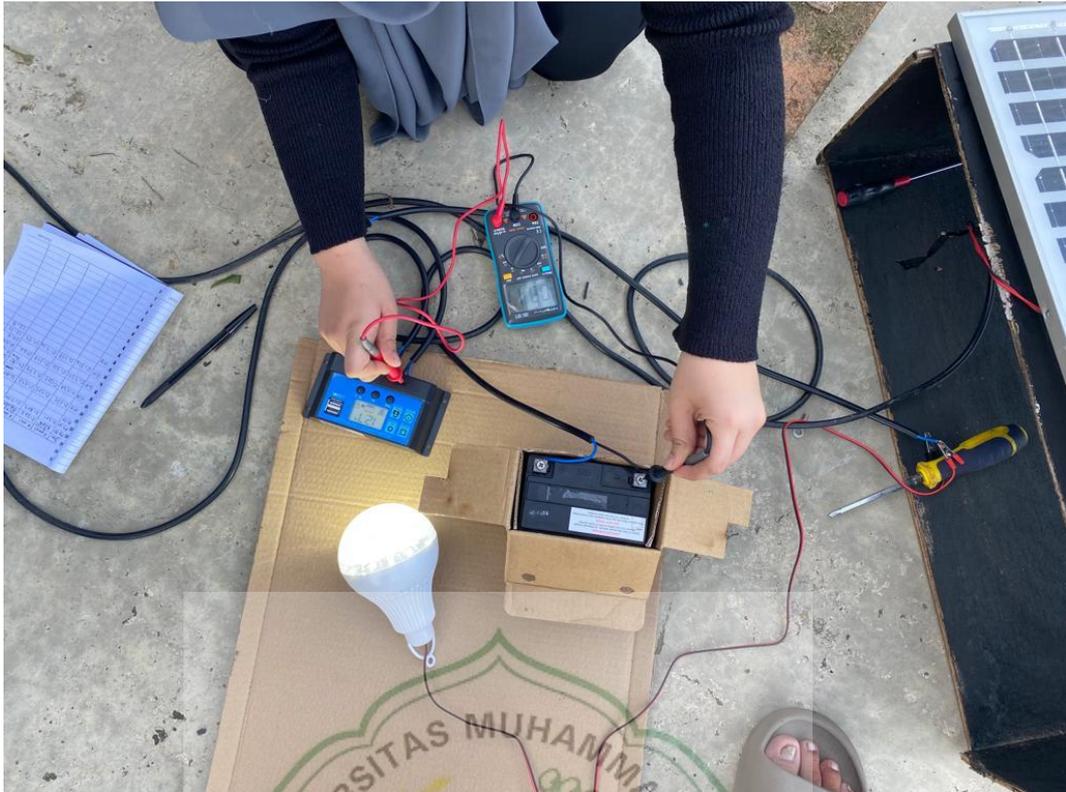
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widayana, G. (2012). PEMANFAATAN ENERGI SURYA. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*.  
<https://doi.org/10.23887/jptk.v9i1.2876>
- [2] Auliya, H., Widyowati, N., & Haqiqi, A. K. (2019). POTENSI KEPING DVD BEKAS SEBAGAI PANEL SURYA ALTERNATIF. *KONSTAN - JURNAL FISIKA DAN PENDIDIKAN FISIKA*.  
<https://doi.org/10.20414/konstan.v4i2.44>
- [3] Raharja, L. P. S., Eviningsih, R. P., Ferdiansyah, I., & Yanaratri, D. S. (2021). Penggunaan Daya Panel Surya Dengan MPPT Bisection Pada Proses Charging Baterai. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*.  
<https://doi.org/10.32487/jtt.v9i1.957>
- [4] Purwoto, B. H., Jatmiko., Alimul, M., & Huda, I. F. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Emitor*.
- [5] Masdin., Hasmal, K. 2016. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sederhana. Universitas Muhammadiyah Makasar
- [6] Umam, M. F., Muhammad, F., Adityatama, D. W., Purba, D. P. (2018). Tantangan Pengembangan Energi Panas Bumi Dalam Perannya terhadap Ketahanan Energi di Indonesia. *Forum Teknologi*
- [7] Wahyuningsih, R. (2005). Potensi Dan Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi Di Indonesia. *Kolokium Hasil Lapangan*

## LAMPIRAN



Lampiran 1. Pengukuran tegangan panel



Lampiran 2. Pengukuran arus aki



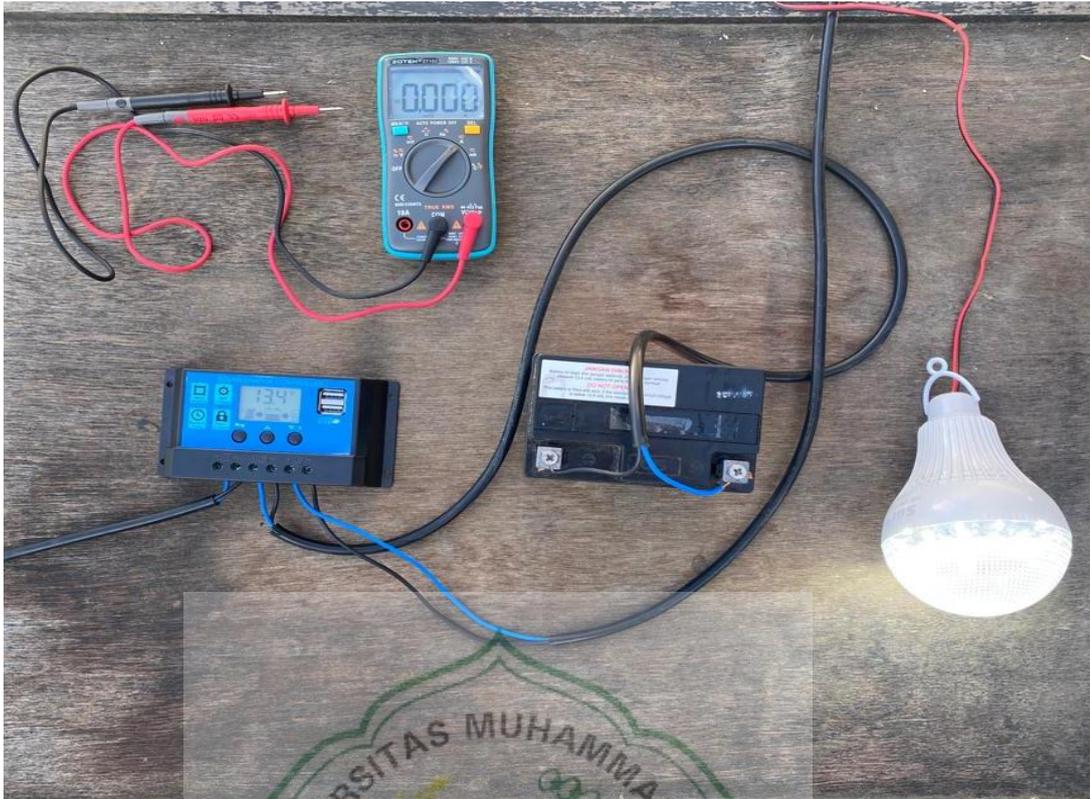
Lampiran 3. Rangkaian panel dengan beban



Lampiran 4. Rangkaian tanpa beban



Lampiran 5. Tegangan aki saat terisi penuh



Lampiran 6. Rangkaian saat beban hidup

