

SKRIPSI

ANALISA KARAKTERISTIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA BERDASARKAN INTENSITAS TENAGA SURYA BERSKALA
PROTOTYPE

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro



Oleh

NABILA APRILIA

21170039

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2023

HALAMAN PENGESAHAN

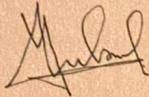
**ANALISA KARAKTERISTIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
BERDASARKAN INTENSTAS TENAGA SURYA SERSKALA PROTOTYPE**

Oleh

NABILA APRILIA

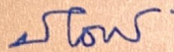
21170039

Dosen Pembimbing I,



Ir. Yulisman, M.T
NIDN. 8808220016

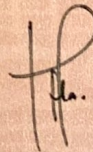
Dosen Pembimbing II,



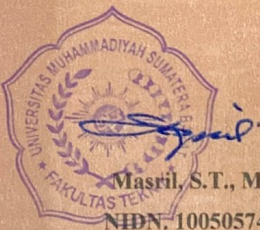
Herris Yamashika, S.T., M.T
NIDN.1024038202

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,

Ketua Program Studi
Teknik Elektro



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



LEMBARAN 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,


Nabila Aprilia
21170039

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 16 Agustus 2023:

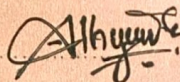
1. Ir. Yulisman, M.T.

1. 

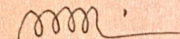
2. Herris Yamashika, S.T., M.T.

2. 

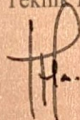
3. Mahyessie Kamil, S.T., M.T.

3. 

4. Ir. Budi Santoso, M.T.

4. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Elektro



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:


Nama : Nabila Aprilia
Tempat dan Tanggal Lahir : Bukittinggi, 27 April 2000
NIM : 21170039
Judul Skripsi : Analisa Karakteristik Pembangkit Listrik
Tenaga Surya Berdasarkan Intensitas
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 pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 16 Agustus 2023
Yang membuat pernyataan,


Nabila Aprilia
21170039



ABSTRAK

Penggunaan energy terbarukan sampai saat ini masih jarang digunakan. Menimbang energy habis pakai sudah semakin menipis oelh karena itu perlu adanya teknologi baru dalam penggunaan energy sehari-hari. Penelitian ini bertujuan agar kita bisa mengetahui di keadaan intensitas cahaya matahari berapa panel surya efektif saat pengecasan dan seberapa lama panel surya digunakan dalam keadaan tidak dicas. Sel surya adalahh suatu peralatan yang dapat mengubah energy matahari menjadi energy listrik yang saat ini sudah populer dan sudah mulai banyak digunakan untuk penerangan. Peggunaan energy surya ini lebih efektif karena mengandalkan matahari sebagai sumbernya.energi matahari tidak akan habis digunakan secara terus menerus oelh karena itu penggunaan panel surya akan lebih efektif digunakan saat ini mengingat juga populasi penduduk yang semakin meningkat. Semakin meningkat populasi penduduk maka penggunaan energy juga akan semaki meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa percobaan yang dilakukan secara mandiri ini, dengan menggunakan modul surya 20Wp dapat melukan pengecasan yang baik pada jam 11.00 sampai dengan jam 14.00. Pada jam ini modul akan menghasilkan daya yang baik.Modul yang sudah dicas dapat digunakan lebih kurang 8 jam dengan beban lampu DC 12 Watt. Dapat disimpulkan intensitas cahaya yang bagus bagi panel surya monocrystalline 20 Wp yang peneliti gunakan di daerah Kubang Putih ini adalah jam 11.00 sampai jam 14.00.

Keywords: *energy terbaukan, intensitas cahaya matahari, panel surya, monocrystalline*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM 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. Orang tua, kakak, abang serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, S.T., selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Ir. Yulisman, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro;
4. Bapak Herris Yamashika, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Bapak Ir. Yulisman, M.T., selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Herris Yamashika, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
8. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik elektro.

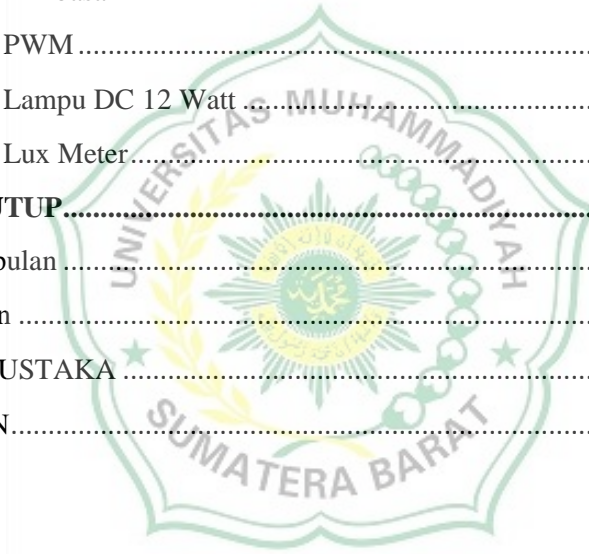
Bukittinggi, 27 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Energi Terbarukan.....	5
2.2. Sumber Utama Energi Terbarukan	5
2.2.1 Energi Panas Bumi	5
2.2.2 Energi Surya.....	6
2.2.3 Tenaga Angin.....	7
2.2.4 Tenaga Air.....	8
2.2.5 Biomassa	9
2.3. Definisi Sel Surya.....	9
2.4. Faktor Pengoperasian Sel Surya	10
2.5. Teknologi Penggunaan Sel Surya.....	11
2.5.1 Teknologi energy surya fotovoltaik	11
2.5.2 Teknologi energy surya termal	13
2.6. Karakteristik Panel Surya	14
2.7. Jenis Panel Surya.....	15
2.7.1 <i>Monocrystalline</i>	15
2.7.2 <i>Polycrystalline</i>	16
2.8. Komponen yang digunakan.....	17
2.8.1 SCC	17

2.8.2	Baterai/Aki	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1	Lokasi Penelitian	18
3.3.1.	Jenis dan Sumber Data	18
3.3.2.	Teknik Pengumpulan Data	19
3.2	Metode Analisis Data	20
3.3	Diagram Alir	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		22
4.1	Perhitungan	22
4.2	Pembahasan Hasil Penelitian	29
4.2.1	Panel surya	29
4.2.2	Aki basah.....	30
4.2.3	PWM	30
4.2.4	Lampu DC 12 Watt	31
4.2.5	Lux Meter.....	32
BAB V PENUTUP		39
5.1.	Simpulan	39
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN.....		41



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data pengukuran hari ke-1	23
Tabel 4. 2 Data pengukuran hari ke-2	24
Tabel 4. 3 Data pengukuran hari ke-3	25
Tabel 4. 4 Data pengukuran hari ke-4	26
Tabel 4. 5 Data pengukuran hari ke-5	27
Tabel 4. 6 Data pengukuran saat sesudah pengecasan	28
Tabel 4. 7 Spesifikasi modul	29
Tabel 4. 8 Spesifikasi Aki	30
Tabel 4. 9 Spesifikasi PWM	31
Tabel 4. 10 Spesifikasi Lampu	32
Tabel 4. 11 Spesifikasi Lux Meter	32



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 2 Panel Surya.....	6
Gambar 2. 3 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu	8
Gambar 2. 4 Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	8
Gambar 2. 5 Proses Fotovoltaic	13
Gambar 2. 6 Rangkaian Alat	14
Gambar 2. 7 Grafik Arus terhadap Tegangan.....	15
Gambar 2. 8 MPPT	18
Gambar 2. 9 PWM	19
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	18
Gambar 4. 1 Modul Surya.....	29
Gambar 4. 2 Aki Basah	30
Gambar 4. 3 PWM	31
Gambar 4. 4 Lampu DC 12 Watt	32
Gambar 4. 5 Lux Meter.....	32
Gambar 4. 6 Proses Pengukuran.....	34
Gambar 4. 7 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari pertama	34
Gambar 4. 8 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari pertama.....	35
Gambar 4. 9 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari ke-tiga.....	35
Gambar 4. 10 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari ke-empat	36
Gambar 4. 11 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari ke-empat	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan penduduk yang terus meningkat membuat ketersediaan energy semakin berkurang. Penggunaan energy sampai saat ini masih banyak menggunakan energy habis pakai atau tidak bias diperbaharui, seperti minyak bumi, batubara dan gas bumi. Semakin meningkatnya populasi manusia tentunya kebutuhan akan energy pun akan terus meningkat.

Terbatasnya persediaan sumber energy ini maka akan timbul usaha untuk mencari sumber energy lain seperti energy matahari, energy gelombang, energy angin dan lainnya.

Konversi energy adalah suatu proses perubahan bentuk energy menjadi bentuk energy lain yang dibutuhkan dengan maksud lain untuk dapat memperoleh suatu bentuk energy maka perlu adanya energy lain yang harus dikonversikan menjadi energy yang dibutuhkan.

Sel surya merupakan suatu peralatan yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik, saat ini sudah demikian populer dan banyak digunakan, misalnya untuk penerangan, radio pemancar, telekomunikasi, pada kendaraan, pompa, refrigerator, pesawat terbang ringan, satelit dan stasiun ruang angkasa. Tiap sel surya biasanya menghasilkan tegangan (voltage) sebesar 0,5 volt. Beberapa sel surya dapat dihubungkan secara seri maupun paralel untuk memperoleh arus dan voltase yang diharapkan, dan diproteksi dengan kaca sehingga menjadi panel atau modul. Hubungan antara arus dan tegangan listrik (I-V) suatu modul fotovoltaik tergantung dari intensitas radiasi dan temperatur.

Sejalan dengan peningkatan intensitas radiasi matahari maka arus juga bertambah secara proporsional. Sebaliknya apabila temperatur sel surya meningkatkan arus akan meningkat tetapi tegangan akan menurun sehingga mengakibatkan penurunan daya. Kemampuan sel surya biasanya distandarkan

pada kondisi temperatur kamar atau ruang (25°C). Pada penggunaannya, terutama di daerah tropis temperatur permukaan sel surya dapat mencapai 45°C dan hal ini akan dapat menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik sel surya tersebut.

Oleh karena itu, penulis mengangkat skripsi dengan judul “Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya Berskala Prototype” yang mana penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan terbaik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya tersebut?
2. Bagaimana pengaruh intensitas cahaya matahari saat pengecasan panel surya berskala prototype yang sudah dirancang?

1.3 Batasan Masalah

Penulis membatasi permasalahan yang diteliti yaitu meneliti kinerja karakteristik panel surya dengan sumber tenaga surya.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Penelitian ini bertujuan untuk bias memberikan informasi kepada masyarakat tentang sumber energy terbarukan yaitu pembangkit listrik tenaga surya.
2. Penelitian ini bertujuan untuk menjadi referensi serta menambah informasi terkait dengan ilmu teknik elektro khususnya pada bidang energy terbarukan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas dasar teori yang berhubungan dengan karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya.

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Bab ini membahas cara melakukan analisis dan perancangan yang dimulai dari bahan serta perlengkapan pendukung yang dibutuhkan untuk penelitian serta tahap yang harus dilakukan sampai akhir penelitian.

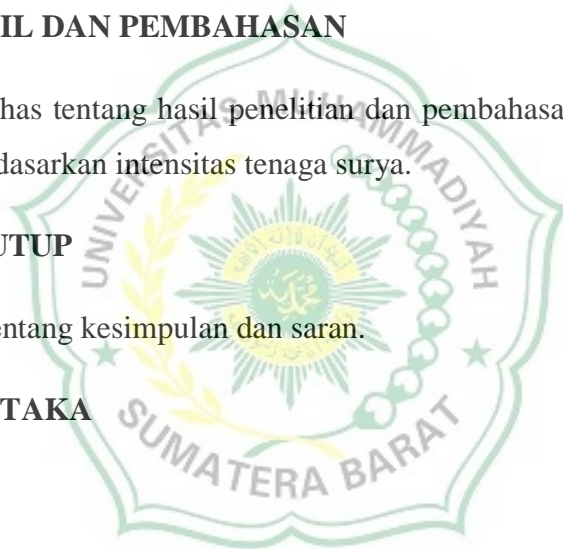
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pembahasan tentang karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari "proses alam yang berkelanjutan", seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air, proses biologi, dan panas bumi. Dari definisinya, semua energi terbarukan sudah pasti juga merupakan energi berkelanjutan, karena senantiasa tersedia di alam dalam waktu yang relatif sangat panjang sehingga tidak perlu khawatir atauantisipasi akan kehabisan sumbernya.

2.2. Sumber Utama Energi Terbarukan

2.2.1 Energi Panas Bumi

Panas bumi adalah suatu bentuk energi panas atau energi termal yang dihasilkan dan disimpan di dalam bumi. Energi panas adalah energi yang menentukan temperatur suatu benda. Energi panas bumi berasal dari energi hasil pembentukan planet (20%) dan peluruhan radioaktif dari mineral (80%). Gradien panas bumi, yang didefinisikan dengan perbedaan temperature antara inti bumi dan permukaannya, dapat mengedalikan konduksi yang terus menerus terjadi dalam bentuk energi panas dari inti ke permukaan bumi.

Energi panas bumi berasal dari peluruhan radioaktif di pusat Bumi, yang membuat Bumi panas dari dalam, serta dari panas matahari yang membuat panas permukaan bumi. Ada tiga cara pemanfaatan panas bumi:

1. Sebagai tenaga pembangkit listrik dan digunakan dalam bentuk listrik
2. Sebagai sumber panas yang dimanfaatkan secara langsung menggunakan pipa ke perut bumi
3. Sebagai pompa panas yang dipompa langsung dari perut bumi

Temperatur inti bumi mencapai lebih dari 5000 °C. Panas mengalir secara konduksi menuju bebatuan sekitar inti bumi. Panas ini menyebabkan

batuan tersebut meleleh, membentuk magma. Magma mengalirkan panas secara konveksi dan bergerak naik karena magma yang berupa batuan cair memiliki massa jenis yang lebih rendah dari batuan padat. Magma memanaskan kerak bumi dan air yang mengalir di dalam kerak bumi, memanaskannya hingga mencapai 300°C . Air yang panas ini menimbulkan tekanan tinggi sehingga air keluar dari kerak bumi.

Energi panas bumi dari inti bumi lebih dekat ke permukaan di beberapa daerah. Uap panas atau air bawah tanah dapat dimanfaatkan, dibawa ke permukaan, dan dapat digunakan untuk membangkitkan listrik. Sumber tenaga panas bumi berada di beberapa bagian yang tidak stabil secara geologis seperti Islandia, Selandia Baru, Amerika Serikat, Filipina, dan Italia. Dua wilayah yang paling menonjol selama ini di Amerika Serikat berada di kubah Yellowstone dan di utara California. Islandia menghasilkan tenaga panas bumi dan mengalirkan energi ke 66% dari semua rumah yang ada di Islandia pada tahun 2000, dalam bentuk energi panas secara langsung dan energi listrik melalui pembangkit listrik. 86% rumah yang ada di Islandia memanfaatkan panas bumi sebagai pemanas rumah.

2.2.2 Energi Surya

Pemanfaatan energi surya atau biasa disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya intinya memanfaatkan panas sinar matahari dan akan ditangkap oleh lapisan panel surya.



Gambar 2. 1 Panel Surya

Karena kebanyakan energi terbarukan berasal adalah "energi surya" istilah ini sedikit membingungkan. Namun yang dimaksud di sini adalah energi yang dikumpulkan secara langsung dari cahaya matahari.

1. Tenaga surya dapat digunakan untuk:
2. Menghasilkan listrik menggunakan sel surya
3. Menghasilkan listrik Menggunakan menara surya
4. Memanaskan gedung secara langsung
5. Memanaskan gedung melalui pompa panas
6. Memanaskan makanan Menggunakan oven surya.
7. Memanaskan air melalui alat pemanas air bertenaga surya

Tentu saja matahari tidak memberikan energi yang konstan untuk setiap titik di bumi, sehingga penggunaannya terbatas. Sel surya sering digunakan untuk mengisi daya baterai, di siang hari dan daya dari baterai tersebut digunakan di malam hari ketika cahaya matahari tidak tersedia.

2.2.3 Tenaga Angin

Perbedaan temperatur di dua tempat yang berbeda menghasilkan tekanan udara yang berbeda, sehingga menghasilkan angin. Angin adalah gerakan materi (udara) dan telah diketahui sejak lama mampu menggerakkan turbin. Turbin angin dimanfaatkan untuk menghasilkan energi kinetik maupun energi listrik. Energi yang tersedia dari angin adalah fungsi dari kecepatan angin ketika kecepatan angin meningkat, maka energi keluarannya juga meningkat hingga ke batas maksimum energi yang mampu dihasilkan turbin tersebut. Wilayah dengan angin yang lebih kuat dan konstan seperti lepas pantai dan dataran tinggi, biasanya diutamakan untuk dibangun "ladang angin".



Gambar 2. 2 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

2.2.4 Tenaga Air

Energi air digunakan karena memiliki massa dan mampu mengalir. Air memiliki massa jenis 800 kali dibandingkan udara.



Gambar 2. 3 Pembangkit Listrik Tenaga Air

Bahkan gerakan air yang lambat mampu diubah ke dalam bentuk energi lain. Turbin air didesain untuk mendapatkan energi dari berbagai jenis reservoir, yang diperhitungkan dari jumlah massa air, ketinggian, hingga kecepatan air. Energi air dimanfaatkan dalam bentuk:

1. Bendungan pembangkit listrik. Yang terbesar adalah Three Gorges dam di China.
2. Mikrohidro yang dibangun untuk membangkitkan listrik hingga skala 100 kilowatt. Umumnya dipakai di daerah terpencil yang memiliki banyak sumber air.
3. *Run-of-the-river* yang dibangun dengan memanfaatkan energi kinetik dari aliran air tanpa membutuhkan reservoir air yang besar.

2.2.5 Biomassa

Tumbuhan biasanya menggunakan fotosintesis untuk menyimpan tenaga surya, udara, dan CO₂. Bahan bakar bio (biofuel) adalah bahan bakar yang diperoleh dari biomassa - organisme atau produk dari metabolisme hewan, seperti kotoran dari sapi dan sebagainya. Ini juga merupakan salah satu sumber energi terbarukan. Biasanya biomassa dibakar untuk melepaskan energi kimia yang tersimpan di dalamnya, pengecualian ketika biofuel digunakan untuk bahan bakar fuel cell (misal direct methanol fuel cell dan direct ethanol fuel cell).

Biomassa dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar atau untuk memproduksi bahan bakar jenis lain seperti biodiesel, bioetanol, atau biogas tergantung sumbernya. Biomassa berbentuk biodiesel, bioetanol, dan biogas dapat dibakar dalam mesin pembakaran dalam atau pendidih secara langsung dengan kondisi tertentu.

Biomassa menjadi sumber energi terbarukan jika laju pengambilan tidak melebihi laju produksinya, karena pada dasarnya biomassa merupakan bahan yang diproduksi oleh alam dalam waktu relatif singkat melalui berbagai proses biologis. Berbagai kasus penggunaan biomassa yang tidak terbarukan sudah terjadi, seperti kasus deforestasi zaman romawi, dan yang sekarang terjadi, deforestasi hutan amazon. Gambut juga sebenarnya biomassa yang pendefinisianannya sebagai energi terbarukan cukup bias karena laju ekstraksi oleh manusia tidak sebanding dengan laju pertumbuhan lapisan gambut.

Ada tiga bentuk penggunaan biomassa, yaitu secara padat, cair, dan gas. Dan secara umum ada dua metode dalam memproduksi biomassa, yaitu dengan menumbuhkan organisme penghasil biomassa dan menggunakan bahan sisa hasil industri pengolahan makhluk hidup.

2.3. Definisi Sel Surya

Sel surya atau sel fotovoltaik, adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar dioda sambungan p-n, di mana dengan adanya cahaya

matahari dapat menciptakan energi listrik yang berguna. Perubahan bentuk energi ini disebut efek fotovoltaik. Bidang riset berhubungan dengan sel surya dikenal sebagai fotovoltaik.

Sel surya memiliki banyak aplikasi. Mereka terutama cocok untuk digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia, seperti di wilayah terpencil, satelit pengorbit bumi, kalkulator genggam, pompa air, dll. Sel surya (dalam bentuk modul atau panel surya) dapat dipasang di atap gedung di mana mereka berhubungan dengan inverter ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering.

Banyak bahan semikonduktor yang dapat dipakai untuk membuat sel surya diantaranya silikon, titanium oksida, germanium, dll.

2.4. Faktor Pengoperasian Sel Surya

Ada beberapa factor yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian sle surya yaitu :

1. Ambient air temperature Sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel akan menurunkan nilai tegangan (Voc). Setiap kenaikan temperatur Sel surya 10°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan temperatur Sel per 100°C .
2. Radiasi matahari Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada current (I) sedikit pada tegangan.
3. Kecepatan angin bertiup. Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi larik sel surya dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca larik sel surya.
4. Keadaan atmosfer bumi. Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan sel surya.

5. Orientasi panel atau larik sel surya Orientasi dari rangkaian sel surya (larik) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan sel surya dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (tilt angle) dari panel/deretan sel surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum.
6. Posisi letak sel surya (larik) terhadap matahari (tilt angle) Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel sel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum ± 1000 W/m² atau 1 kW/m² . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang sel surya, maka ekstra luasan bidang panel sel surya dibutuhkan (bidang panel sel surya).

2.5. Teknologi Penggunaan Sel Surya

Untuk memanfaatkan potensi energy panel surya ada dua teknologi yang bisa kita terapkan yaitu :

2.5.1 Teknologi energy surya fotovoltaik

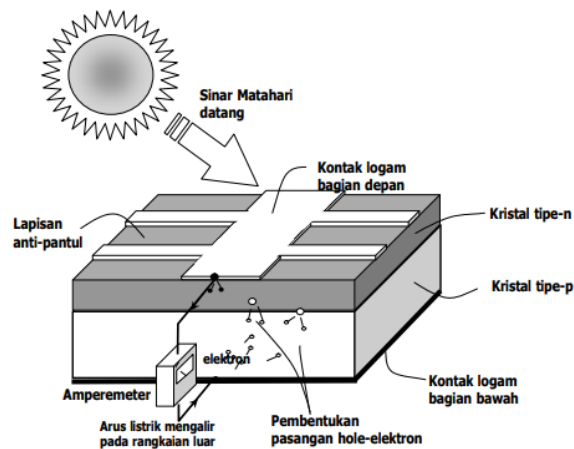
Salah satu cara penyediaan energi listrik alternatif yang siap untuk diterapkan secara masal pada saat ini adalah menggunakan suatu sistem teknologi yang diperkenalkan sebagai *Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF)* atau secara umum dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik (PLTS Fotovoltaik). Sebutan SESF merupakan istilah yang telah dibakukan oleh pemerintah yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu sistem pembangkit energi yang memanfaatkan energi matahari dan menggunakan teknologi fotovoltaik. Dibandingkan energi listrik konvensional pada umumnya, SESF terkesan rumit, mahal dan sulit dioperasikan. Namun dari pengalaman lebih dari 15 tahun operasional di beberapa kawasan di Indonesia, SESF merupakan suatu sistem yang mudah didalam pengoperasiannya, handal, serta memerlukan biaya pemeliharaan dan operasi yang rendah menjadikan SESF mampu bersaing dengan teknologi konvensional pada sebagian besar kondisi wilayah Indonesia yang terdiri atas pulau- pulau kecil yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN dan tergolong sebagai kawasan terpencil.

Selain itu SESF merupakan suatu teknologi yang bersih dan tidak mencemari lingkungan. Beberapa kondisi yang sesuai untuk penggunaan SESF antara lain pada pemukiman desa terpencil, lokasi transmigrasi, perkebunan, nelayan dan lain sebagainya, baik untuk penerangan rumah maupun untuk fasilitas umum.

Akan tetapi sesuai dengan perkembangan jaman, pada saat ini di negara-negara maju penerapan SESF telah banyak digunakan untuk suplai energi listrik di gedung-gedung dan perumahan di kota-kota besar. Pada umumnya modul fotovoltaik dipasarkan dengan kapasitas 50 Wattpeak (Wp) atau kelipatannya. Unit satuan Watt-peak adalah satuan daya (Watt) yang dapat dibangkitkan oleh modul fotovoltaik dalam keadaan standar uji (Standard Test Condition - STC). Efisiensi pembangkitan energi listrik yang dihasilkan modul fotovoltaik pada skala komersial saat ini adalah sekitar 14 - 15 %. Komponen utama suatu SESF adalah sel fotovoltaik yang mengubah penyinaran/radiasi matahari menjadi listrik secara langsung (direct conversion). Teknologi sel fotovoltaik yang banyak dikembangkan dewasa ini pada umumnya merupakan jenis teknologi kristal yang dibuat dengan bahan baku berbasis silikon. Produk akhir dari modul fotovoltaik menyerupai bentuk lembaran kaca dengan ketebalan sekitar 6 - 8 milimeter. Kemudian ada Balance of System (BOS) yang meliputi controller, inverter, kerangka modul, peralatan listrik, seperti kabel, stop kontak, dan lain-lain. Ada juga unit penyimpanan energi (baterai) dan peralatan penunjang lain seperti inverter, sistem terpusat, sistem hibrid, dan lain-lain.

Prinsip kerja dari efek fotovoltaic ini yaitu sel surya atau solar cell adalah sebuah elemen aktif yang memanfaatkan efek fotovoltaik tersebut untuk merubah energi surya menjadi energi listrik. Elemen aktif yang dimaksud di sini adalah bahan semikonduktor. Ketika cahaya surya mengenai permukaan aktif sel surya, foton yang terbentuk dalam cahaya menyalurkan energinya pada elektron valensi yang terdapat bahan semikonduktor, sebagai reaksi terhadap intensitas dan distribusi spektral cahaya. Pada saat energi semakin

besar sampai pada level tertentu dapat terjadi beda potensial yang memungkinkan terjadinya arus listrik.



Gambar 2. 4 Proses Fotovoltaic

2.5.2 Teknologi energy surya termal

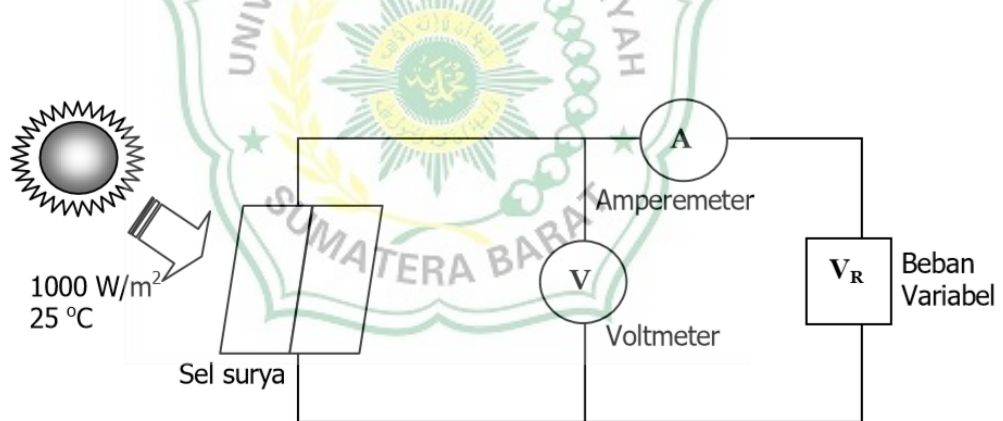
Umumnya digunakan untuk memasak seperti kompor surya, mengeringkan hasil pertanian dan memanaskan air. Selama ini, pemanfaatan energi surya termal di Indonesia masih dilakukan secara tradisional. Para petani dan nelayan di Indonesia memanfaatkan energi surya untuk mengeringkan hasil pertanian dan perikanan secara langsung. Berbagai teknologi pemanfaatan energi surya termal untuk aplikasi skala rendah (temperature kerja lebih kecil atau hingga 60°C) dan skala menengah (temperature kerja antara 60 hingga 120°C) telah dikuasai dari rancangan, konstruksi hingga manufakturnya secara nasional. Secara umum, teknologi surya termal yang kini dapat dimanfaatkan termasuk dalam teknologi sederhana hingga madya. Beberapa teknologi untuk aplikasi skala rendah dapat dibuat oleh bengkel pertukangan kayu/besi biasa. Untuk aplikasi skala menengah dapat dilakukan oleh industry manufaktur nasional. Beberapa peralatan yang telah yang menggunakan energy surya termal seperti sistem atau unit berikut:

1. Pengering pasca panen
2. Pemanas air domestic
3. Pemasak/oven.

4. Pompa air (dengan Siklus Rankine dan fluida kerja Isopentane).
5. Penyuling air (Solar Distillation/Still).
6. Pendingin (radiatif, absorpsi, evaporasi, termoelektrik, kompresip, tipe jet).
7. Sterilisator surya.
8. Pembangkit listrik dengan menggunakan konsentrator dan fluida kerja dengan titik didih rendah

2.6. Karakteristik Panel Surya

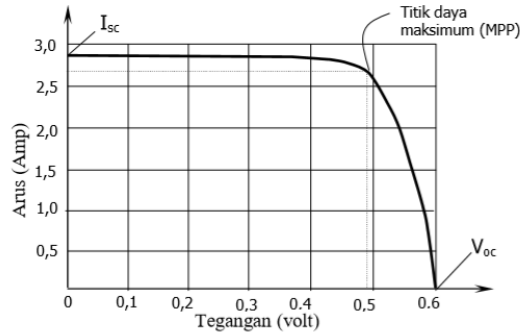
Sel surya dalam keadaan tanpa penyinaran mempunyai karakteristik yang mirip dengan dioda. Ketika sel surya mendapat sinar, akan mengalir arus konstan yang arahnya berlawanan dengan arus dioda. Untuk memperoleh karakteristik tegangan arus sel surya maka sel surya yang akan ditest harus dihubungkan dengan beban listrik yang dapat divariasi. Selain itu alat-alat ukur tegangan dan arus harus dipasang sebagaimana mestinya. Contoh gambar rangkain pengetesan dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 2. 5 Rangkaian Alat

Saat beban sama dengan nol atau dengan kata lain beban dilepas maka dalam keadaan ini akan diperoleh tegangan beban nol V_{oc} (Open Circuit Voltage) yang merupakan tegangan maksimum sel surya karena $I = 0$. Saat beban diperbesar terus sampai mencapai keadaan hubung singkat maka akan diperoleh tegangan sel surya sama dengan nol dan arus akan maksimum I_{sc} (Short Circuit Current). Kemudian apabila beban divariasi maka akan diperoleh arus dan tegangan yang bervariasi pula. Kombinasi arus dan tegangan tersebut

dapat digambar sebagai sebuah grafik seperti pada gambar berikut yang dikenal grafik karakteristik I-V.



Gambar 2. 6 Grafik Arus terhadap Tegangan

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa sel menghasilkan daya yang maksimum pada sebuah titik dari grafik tersebut. Dalam keadaan beban nol dan hubung singkat, daya yang dihasilkan sebuah sel surya sama dengan nol. Pada gambar tersebut terlihat titik daya maksimum (Maximum Point Power / MPP) dihasilkan dari tegangan V_{max} dan arus I_{max} yang bersesuaian sebesar Pers. 2.1

$$P_{max} = V_{max} \cdot I_{max} \quad (2.1)$$

2.7. Jenis Panel Surya

Panel surya memiliki beberapa jenis:

2.7.1 *Monocrystalline*

Monocrystalline silicon merupakan panel surya yang memiliki banyak keunggulan seperti terbuat silikon yang diiris tipis menggunakan bantuan mesin potong. Hasil irisan yang tipis tersebut membuat karakteristik *monocrystalline silicon* lebih menonjol. Selain itu, penampang *monocrystalline silicon* bisa menyerap cahaya matahari lebih optimal jika dibandingkan dengan jenis sel surya yang lainnya. 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.

2.7.2 Polycrystalline

Polycrystalline silicon merupakan jenis panel surya yang umum digunakan di banyak jenis bangunan. Kebanyakan panel surya yang ditemukan di Indonesia menggunakan jenis yang satu ini. Teknologi panel surya tersebut terbuat dari batang silikon yang bisa dicairkan. *Polycrystalline silicon* juga memiliki kelebihan dari segi susunan yang lebih rapat dan rapi. 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. Sama seperti panel surya yang lain, *polycrystalline silicon* juga memiliki kelemahan atau kekurangan. *Polycrystalline silicon* 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.

Dari beberapa macam jenis panel terdapat perbedaannya dari berbagai aspek:

1. Jenis sel surya, Panel *monocrystalline* memiliki jenis sel surya silikon tunggal atau mono, sedangkan *polycrystalline* terbuat dari jenis silikon multi-kristal. Lalu, untuk *compound thin film triple junction photovoltaic* dan *thin film solar cell* terbuat dari silikon dengan campuran beberapa bahan pembuatn sel surya lainnya.
2. Estetika dan Efisiensi, Dari segi warna, keempat jenis panel ini juga berbeda. *Monocrystalline* berwarna hitam dan *polycrystalline* berwarna biru. Sedangkan untuk *thin film* warnanya hitam, dan dari segi estetika *thin film* lebih tipis serta begitu fleksibel. Untuk *triple junction* juga memiliki estetika yang tidak kalah menariknya, karena memiliki dua varian warna, yaitu hitam dan biru. Dari segi efisiensi, *monocrystalline* memiliki kinerja yang lebih baik dalam suhu tinggi dan kondisinya teduh. Sementara untuk *polycrystalline* kurang efisien dalam suhu yang lebih tinggi. *Thin film* memiliki efisiensi yang lebih rendah yakni sekitar 11% saja. Khusus *triple junction* memiliki efisiensi yang paling tinggi

karena terdiri dari tiga lapisan bahkan efisiensinya mencapai 45%. Jika masih bingung.

3. Harga. Selanjutnya, adalah perbedaan harga. Bagi Anda yang ingin menggunakan panel surya penting untuk mempertimbangkan harganya. Harga panel surya *monocrystalline* jauh lebih mahal dibandingkan dengan *polycrystalline*.

2.8. Komponen yang digunakan

2.8.1 SCC

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:

A. MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

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 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 kiPWM 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 kinerja antara panel surya dengan bank baterai.



Gambar 2. 7 MPPT

B. PWM

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°C dan 75°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 PWM membutuhkan kabel diameter lebih besar sebab cenderung memakai system paralel kerja maksimumnya dengan kondisi pembebanan apapun.



Gambar 2. 8 PWM

2.8.2 Baterai/Aki

Baterai/Aki 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).

A. 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.

B. 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.



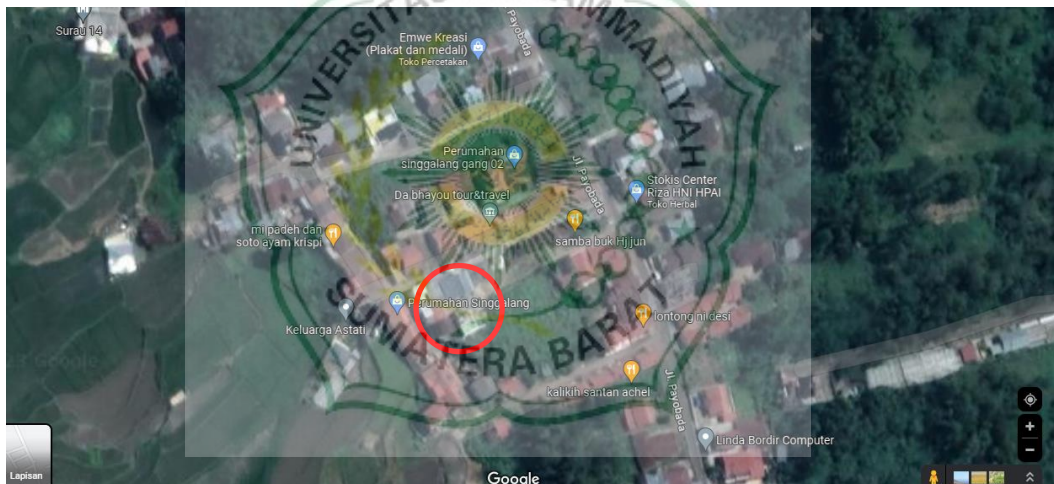
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Tempat penelitian untuk pengujian karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya ini akan dilakukan di rumah pribadi penulis tepatnya di daerah kubang putih, kabupaten agam, sumatera barat.

Penelitian dan pembuatan laporan pengujian karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya berskala prototype ini akan dilakukan dalam jangka satu bulan. Pada penelitian ini tentu akan terjadi kendala seperti pembelian alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pengujian alat, sehingga waktu penelitian akan menjadi lebih lama dari jadwal yang sudah dibuat sebelumnya.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

3.1.1. Jenis dan Sumber Data

Dalam pengumpulan sumber data, peneliti akan melakukan pengumpulan data dalam bentuk data primer dan data sekunder. Adapun data Primer akan diperoleh dari data olahan yang akan didapatkan saat pengujian alat yang akan dilaksanakan peneliti secara langsung. Sedangkan data Sekunder akan diperoleh melalui jurnal dari pihak terkait yang berhubungan dengan karakteristik panel surya.

3.1.2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data akan dilakukan dengan tiga tahap yaitu tahap yang pertama dengan melakukan pengukuran langsung, kemudian setelah itu mengumpulkan data dari sebagian bukti yang akan membantu dalam penyusunan laporan ini dan studi kepustakaan.

Hasil instalasi bahan dan komponen yang sudah dirakit menghasilkan modul pengujian untuk melakukan pengamatan dan pengambilan data secara langsung. Metode pengukuran akan dilakukan dengan meneliti hal-hal berikut :

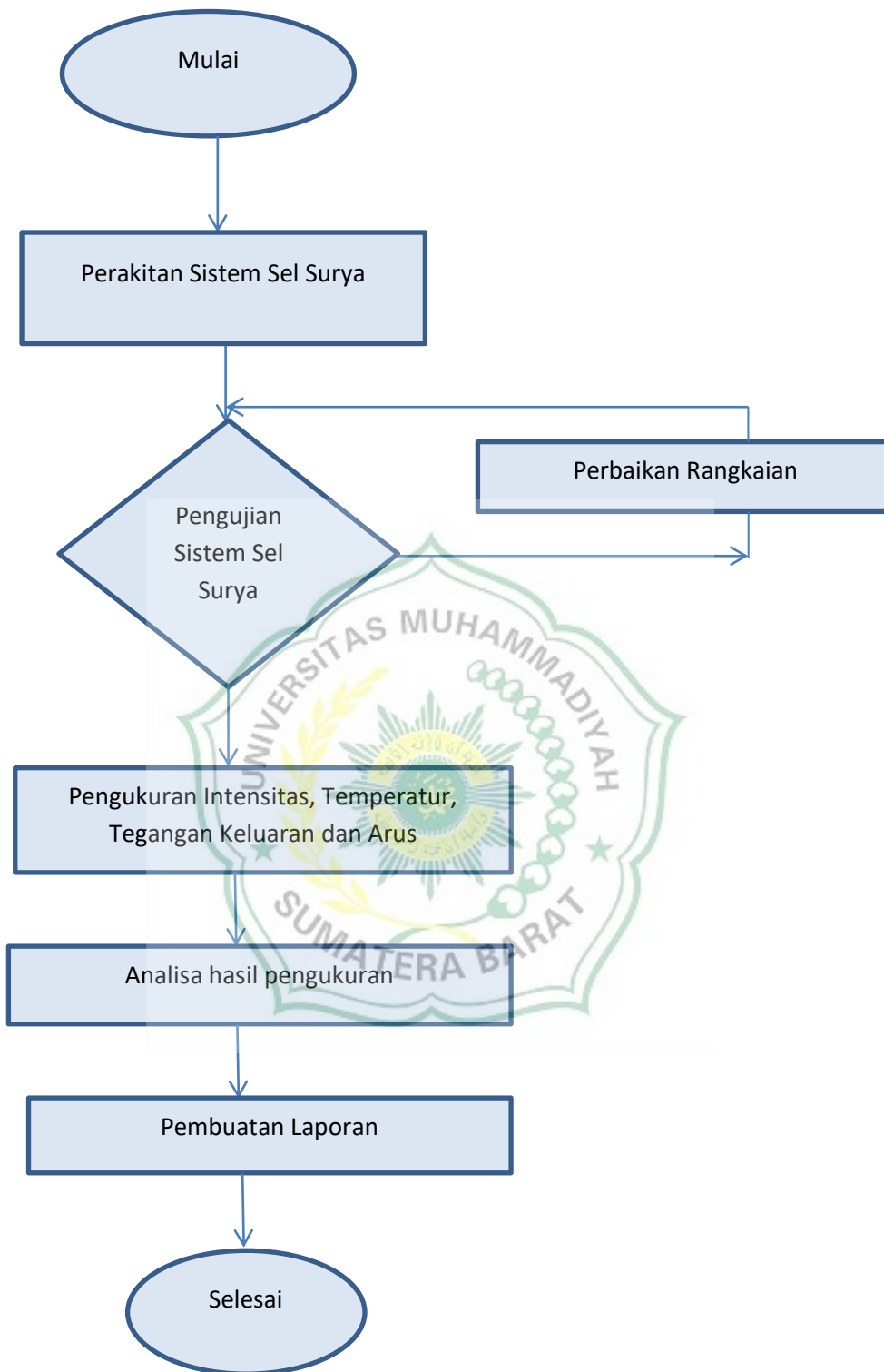
1. Jam Pengukuran
Interval waktu pengukuran yang akan diambil pada waktu penelitian ini yaitu mulai dari jam 07.00 WIB dilakukan pengecasan. Interval waktu yang akan diambil adalah per satu jam sampai jam 16.00 WIB.
Lalu pengambilan data dengan interval waktu dari jam 19.00 WIB yang mana pada jam ini akan diberikan beban sampai dengan jam 05.00 WIB yang mana akan dilakukan pengambilan data per 1 jam.
2. Arus
Pada alat ini akan diambil data arus pada saat pengecasan dan pemberian beban yang ada pada panel, arus pada baterai dan arus pada beban lampu 12 watt menggunakan amperemeter.
3. Iradian
Pada alat ini juga akan diambil data Iradian menggunakan alat Lux Meter.
4. Tegangan
Akan dilakukan pengambilan data tegangan pada panel, tegangan pada baterai dan tegangan pada beban berupa lampu 12 watt dengan menggunakan alat ukur voltmeter.

3.2 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan adalah metode teknik analisis data kuantitatif. Teknik analisis data kualitatif ini dengan menggunakan data yang sudah diuji dan didapatkan dilapangan agar dapat diolah dengan teknik statistic dan komputasi. Data yang dihasilkan diharapkan akan menghasilkan data yang objektif dan logis. Metode ini akan dilakukan denga mengamati tegangan (volt) dan nilai arus (ampere). Kemudian akan diketahui intensitas tenaga surya yang akan diukur dengan Lux meter. Data yang sudah didapatkan akan diolah dan dilanjutkan dengan pembuatan laporan penelitian.

3.3 Diagram Alir

Tahapan dalam penelitian ini dilakukan dengan berurutan agar dapat berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil yang maksimal. Adapun tahapan dalam penelitian ini antara lain ; Menentukan jenis panel surya yang akan digunakan beserta spesifikasinya, merancang alat yang dilanjutkan dengan perakitan panel surya beserta alat ukur yang akan digunakan, melakukan pengujian pada panel surya yang sudah dirakit terkait data jam pengukuran, arus (panel, baterai dan beban), Iradian, tegangan (panel,baterai,beban) dan daya, serta waktu dan lokasi pengambilan data, pengambilan data, pengolahan data (analisa hasilpengukuran), penyusunan laporan. Diagram flowchart dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian mengenai pengukuran dan analisa hasil pengukuran alat pembangkit listrik tenaga surya berskala prototype yang dilakukan di rumah penulis di Perumahan Singgalang daerah Kubang Putih, Kabupaten Agam, Sumatera Barat.

Hasil dari penelitian ini dilakukan dengan pengukuran langsung dilapangan menggunakan alat ukur multimeter yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan. Selanjutnya juga digunakan alat luxmeter yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya saat pengukuran berlangsung. Komponen tersebut diharapkan mampu untuk mengetahui bagaimana karakteristik dari panel surya berskala prototype ini khususnya mengetahui intensitas cahaya yang efektif saat penggunaan panel surya ini nantinya. Panel ini juga menggunakan beban lampu DC 12 watt yang mana panel suryanya akan langsung dipasang dibawah sinar matahari agar bisa terpapar sinar matahari langsung dan mendapatkan cahaya yang bagus.

Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya merupakan hasil perkalian tegangan keluaran dengan besar arus, yang mana hitungan dihitung berdasarkan nilai rata-rata yang dihasilkan selama pengujian berlangsung yang ditunjukkan dengan persamaan 2.1 dibawah ini:

$$P = VI \text{ (2.1)}$$

Dengan :

P =Daya Keluaran (Watt)

V =Tegangan Keluaran (Volt)

I =Arus (Ampere)

$$P_{\text{rerata}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (2.2)$$

Dengan :

P_{rerata} = 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

Hasil perhitungan pada pengukuran ini akan dibahas lebih lanjut dari pengukuran hari pertama sampai dengan hari kelima. Hasil pengukuran yang dilakukan akan ditunjukkan pada tabel dibawah ini. Pengujian dengan beberapa interval waktu saat pengecasan :

Tabel 4. 1 Data pengukuran hari ke-1

Hari 1								
Jam Pengukuran	Tegangan			Arus			Intensitas cahaya (Lux)	Daya (Watt)
	Tegangan Panel (Volt)	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Beban (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Arus Baterai (Ampere)	Arus Beban (Ampere)		
06.00	11,27	10,82	10,98	0,27	0,27	0,036	64,2	3,0429
07.00	11,55	11,54	11,34	0,29	0,28	0,071	100,4	3,3495
08.00	11,69	11,67	11,6	0,29	0,29	0,09	189,3	3,3901
09.00	11,99	11,96	11,8	0,29	0,29	0,134	216,3	3,4771
10.00	12,9	12,87	12,76	0,33	0,32	0,323	229,6	4,257
11.00	13,39	13,36	13,23	0,34	0,33	0,33	328,3	4,5526
12.00	16,24	13,87	13,61	0,34	0,33	0,33	354	5,5216
13.00	17,47	13,41	13,45	0,33	0,33	0,33	360,4	5,7651
14.00	17,47	13,41	13,45	0,33	0,33	0,33	346	5,7651
15.00	16,56	13,99	13,43	0,33	0,33	0,33	346	5,4648

Data pengujian menunjukkan bahwa intensitas tertinggi selama pengujian (hari pertama) yaitu 360,4 Lux terjadi pada jam 12.00 – 13.00 siang. Pada waktu ini dihasilkan tegangan sebesar 17,47 Volt dengan arus 0,33 Ampere, sehingga berdasarkan Pers. 2.3 adalah :

$$P = VI$$

$$= (17,47)(0,33)$$

$$= 5,7651 \text{ Watt}$$

Daya rata-rata pada hari pertama dihitung dengan persamaan :

$$P_{\text{rerata}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

$$P_{\text{rerata}} =$$

$$\frac{3,0429 + 3,3495 + 3,3901 + 3,4771 + 4,257 + 4,5526 + 5,5216 + 5,7651 + 5,7651 + 5,4648 + 4,3592}{11}$$

$$P_{\text{rerata1}} = 4,44955 \text{ watt}$$

Tabel 4. 2 Data pengukuran hari ke-2

Hari 2								
Jam Pengukuran	Tegangan			Arus			Intensitas cahaya (Lux)	Daya (Watt)
	Tegangan Panel (Volt)	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Beban (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Arus Baterai (Ampere)	Arus Beban (Ampere)		
06.00	11	10,82	10,98	0,27	0,27	0,036	59	2,97
07.00	11,27	11,54	11,34	0,29	0,28	0,071	64,2	3,2683
08.00	11,69	11,59	11,41	0,29	0,29	0,089	189,3	3,3901
09.00	12,49	12,46	12,31	0,31	0,31	0,138	216,3	3,8719
10.00	13,04	13,02	12,92	0,33	0,32	0,323	229,6	4,3032
11.00	13,39	13,87	13,23	0,35	0,33	0,33	328,3	4,6865
12.00	17,93	14,02	13,83	0,37	0,35	0,35	354	6,6341
13.00	18	14,03	13,97	0,33	0,37	0,37	360,4	5,94
14.00	17,47	13,41	13,45	0,33	0,33	0,33	350	5,7651
15.00	16,56	13,99	13,43	0,33	0,33	0,33	346	5,4648
16.00	13,21	14	13,38	0,33	0,33	0,32	346	4,3593

Data pengujian menunjukkan bahwa intensitas tertinggi selama pengujian (hari kedua) yaitu 360,4 Lux terjadi pada jam 12.00 – 13.00 siang. Pada waktu ini dihasilkan tegangan sebesar 18 Volt dengan arus 0,33 Ampere, sehingga berdasarkan persamaan adalah :

$$P = VI$$

$$= (18)(0,33)$$

$$= 5,94$$

Daya rata-rata pada hari kedua dihitung dengan persamaan :

$$P_{\text{rerata}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

$$P_{rerata} =$$

$$\frac{2,97 + 3,26833 + 3,3901 + 3,8719 + 4,3032 + 4,6865 + 6,6341 + 5,94 + 5,7651 + 5,4648 + 4,3593}{11}$$

$$P_{rerata2} = 4,60485 \text{ watt}$$

Tabel 4. 3 Data pengukuran hari ke-3

Hari 3								
Jam Pengukuran	Tegangan			Arus			Intensitas cahaya (Lux)	Daya (Watt)
	Tegangan Panel (Volt)	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Beban (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Arus Baterai (Ampere)	Arus Beban (Ampere)		
06.00	11	12,3	10,8	0,27	0,27	0,036	59	2,97
07.00	11,7	12,8	11,34	0,3	0,28	0,071	64,2	3,51
08.00	12	13	11,41	0,29	0,29	0,089	189,3	3,48
09.00	12,4	13,9	12,31	0,31	0,31	0,138	216,3	3,844
10.00	12,8	14	12,92	0,33	0,32	0,323	230,2	4,224
11.00	13	14,9	13,23	0,34	0,33	0,33	328,3	4,42
12.00	13,8	15,2	13,83	0,35	0,35	0,35	354	4,83
13.00	14	15,7	13,97	0,33	0,37	0,37	362	4,62
14.00	14,2	15,9	13,45	0,33	0,33	0,33	350	4,686
15.00	14,3	15,9	13,43	0,33	0,33	0,33	346	4,719
16.00	14,3	16	13,38	0,33	0,32	0,32	346	4,719

Data pengujian menunjukkan bahwa intensitas tertinggi selama pengujian (hari ketiga) yaitu 362 Lux terjadi pada jam 12.00 – 13.00 siang. Pada waktu ini dihasilkan tegangan sebesar 14 Volt dengan arus 0,33 Ampere, sehingga berdasarkan persamaan adalah :

$$P = VI$$

$$= (14)(0,33)$$

$$= 4,62 \text{ watt}$$

Daya rata-rata pada hari kedua dihitung dengan persamaan :

$$P_{rerata} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

$$P_{rerata} =$$

$$\frac{2,97 + 3,51 + 3,48 + 3,844 + 4,224 + 4,42 + 4,83 + 4,62 + 4,686 + 4,719 + 4,719}{11}$$

11

$$P_{rerata3} = 4,18382 \text{ watt}$$

Tabel 4. 4 Data pengukuran hari ke-4

Hari 4								
Jam Pengukuran	Tegangan			Arus			Intensitas cahaya (Lux)	Daya (Watt)
	Tegangan Panel (Volt)	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Beban (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Arus Baterai (Ampere)	Arus Beban (Ampere)		
06.00	11,1	10,82	10,98	0,27	0,27	0,036	64,2	2,997
07.00	11,55	11,54	11,34	0,29	0,28	0,071	100,4	3,3495
08.00	11,69	11,67	11,6	0,29	0,29	0,09	189,3	3,3901
09.00	11,99	11,96	11,8	0,29	0,29	0,134	216,3	3,4771
10.00	12,9	12,87	12,76	0,33	0,32	0,323	229,6	4,257
11.00	13,39	13,36	13,23	0,34	0,33	0,33	328,3	4,5526
12.00	17,93	14,02	13,83	0,34	0,35	0,33	354	6,0962
13.00	18	14,03	13,83	0,37	0,37	0,37	340	6,66
14.00	17,74	13,41	13,45	0,33	0,33	0,33	346	5,8542
15.00	16,56	13,99	13,43	0,33	0,32	0,32	346	5,4648
16.00	13,2	13,19	13	0,32	0,32	0,32	346	4,224

Data pengujian menunjukkan bahwa intensitas tertinggi selama pengujian (hari keempat) yaitu 354 Lux terjadi pada jam 12.00 – 13.00 siang. Pada waktu ini dihasilkan tegangan sebesar 17,93 Volt dengan arus 0,33 Ampere, sehingga berdasarkan persamaan adalah :

$$\begin{aligned}
 P &= VI \\
 &= (17,93)(0,33) \\
 &= 5,9169 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Daya rata-rata pada hari kedua dihitung dengan persamaan :

$$P_{\text{rerata}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

$$P_{\text{rerata}} =$$

$$\frac{2,997 + 3,3495 + 3,3901 + 3,4771 + 4,257 + 4,5526 + 6,0962 + 6,66 + 5,8542 + 5,4648 + 4,224}{11}$$

11

$$P_{\text{rerata}} = 4,57477 \text{ watt}$$

Tabel 4. 5 Data pengukuran hari ke-5

Hari 5								
Jam Pengukuran	Tegangan			Arus			Intensitas cahaya (Lux)	Daya (Watt)
	Tegangan Panel (Volt)	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Beban (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Arus Baterai (Ampere)	Arus Beban (Ampere)		
06.00	11,5	11,52	11	0,27	0,27	0,036	64,2	3,105
07.00	11,55	11,54	11,34	0,29	0,28	0,071	100,4	3,3495
08.00	11,69	11,67	11,6	0,29	0,29	0,09	189,3	3,3901
09.00	11,99	11,96	11,8	0,31	0,29	0,134	216,3	3,7169
10.00	13	12,87	12,76	0,33	0,32	0,323	229,6	4,29
11.00	13,39	13,36	13,23	0,34	0,33	0,33	328,3	4,5526
12.00	17,99	14,02	13,83	0,35	0,35	0,34	356	6,2965
13.00	18	14,03	13,83	0,37	0,37	0,37	350	6,66
14.00	17,74	13,41	13,45	0,35	0,33	0,33	346	6,209
15.00	16,56	13,99	13,43	0,33	0,32	0,32	312	5,4648
16.00	13,2	13,19	13	0,32	0,32	0,32	312	4,224

Data pengujian menunjukkan bahwa intensitas tertinggi selama pengujian (hari kelima) yaitu 356 Lux terjadi pada jam 12.00 – 13.00 siang. Pada waktu ini dihasilkan tegangan sebesar 17,99 Volt dengan arus 0,35 Ampere, sehingga berdasarkan persamaan adalah :

$$\begin{aligned}
 P &= VI \\
 &= (17,99)(0,35) \\
 &= 6,2965 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Daya rata-rata pada hari kedua dihitung dengan persamaan :

$$P_{\text{rerata}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

$$P_{\text{rerata}} =$$

$$\frac{3,105 + 3,3495 + 3,3901 + 3,7169 + 4,29 + 4,5526 + 6,2965 + 6,66 + 6,209 + 5,4648 + 4,224}{11}$$

$$P_{\text{rerata}} = 4,65985 \text{ watt}$$

Dari hasil analisa dan pengujian yang dilakukan oleh peneliti, semakin besar intensitas cahaya matahari maka akan semakin tinggi pula tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Semakin panas cahaya matahari yang mengenai panel maka daya yang dihasilkan tentunya juga semakin tinggi.

Saat proses pengecasan dilakukan, terdapat perubahan tegangan yang cukup signifikan pada hari pertama saat jam menunjukkan pukul 12.00 karena tegangan pada panel naik dari 16,24 volt menjadi 17,47 volt pada jam 13.00 siang yang mana pada jam ini cuaca di daerah kubang putih cukup terik.

Saat beban sama dengan nol atau dengan kata lain beban dilepas maka dalam keadaan ini akan diperoleh tegangan beban nol Voc (Open Circuit Voltage) yang merupakan tegangan maksimum sel surya karena $I = 0$. Saat beban diperbesar terus sampai mencapai keadaan hubung singkat maka akan diperoleh tegangan sel surya sama dengan nol dan arus akan maksimum Isc (Short Circuit Current). Kemudian apabila beban divariasi maka akan diperoleh arus dan tegangan yang bervariasi pula. Kombinasi arus dan tegangan tersebut dapat digambar sebagai sebuah grafik seperti pada gambar berikut yang dikenal grafik karakteristik I-V.

Selanjutnya pengukuran saat pemberian beban akan ditunjukkan pada table dibawah ini.

Tabel 4. 6 Data pengukuran saat sesudah pengecasan

Hari 1							
Jam Pengukuran	Tegangan			Arus			Keterangan
	Tegangan Panel (Volt)	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Beban (Volt)	Arus Panel (Ampere)	Arus Baterai (Ampere)	Arus Beban (Ampere)	
19.00	0,005	10,82	10,98	0	0,3	0,3	Terang
20.00	1,2	11,54	11,34	0	0,3	0,3	Terang
21.00	1,3	11,67	11,6	0	0,3	0,3	Terang
22.00	1,2	11,96	11,8	0	0,3	0,3	Terang
23.00	1,2	12,87	12,76	0	0,3	0,3	Terang
24.00	1,3	13,36	13,23	0	0,3	0,3	Terang
01.00	1,2	13,87	13,61	0	0,3	0,3	Terang
02.00	1,1	13,41	13,45	0	0,3	0,3	Kedap-kedip
03.00	1,1	13,41	13,45	0	0,3	0,3	Kedap-kedip
04.00	1	13,99	13,43	0	0,3	0,3	Kedap-kedip
05.00	0,85	14	13,38	0	0,2	0	Mati

Dari hasil analisa dan pengujian yang dilakukan oleh peneliti pada alat ini listrik tenaga surya berskala prototype ini ditemukan bahwa tegangan pada baterai sebanding dengan tegangan pada beban hal ini dikarenakan terjadinya penurunan tegangan pada baterai karena disebabkan sudah adanya beban lampu 12 watt.

Ditemukan juga bahwa penggunaan baterai yang sudah dicas menggunakan panel surya ini akan bisa digunakan lebih kurang 8 jam dengan pemakaian yang berkelanjutan.

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam melakukan penelitian ada beberapa komponen alat yang digunakan yaitu:

4.2.1 Panel surya

Dengan menggunakan modul surya jenis monocrystalline dengan kapasitas 20 Wp seperti pada gambar 4.1 dibawah ini. Maka kita bisa melakukan pengujian dan pengukuran sesuai dengan data yang ingin kita ketahui. Disini modul surya berfungsi sebagai alat yang dapat mengubah energy matahari menjadi energy listrik dengan prinsip fotovoltaiic.



Gambar 4. 1 Modul Surya

Tabel 4. 7 Spesifikasi modul

Model	:	KMM – 27920
Maximum Power (Pmax)	:	20 W
Open Circuit Voltage (Voc)	:	22,14 V
Short Circuit Current (Isc)	:	1,16 A

Maximum Power Voltage (Vmp)	:	18,5 V
Maximum Power Current (Imp)	:	1,89 A
Weight	:	2.3 Kg
Dimension	:	530 x 350 x 17 mm

4.2.2 Aki basah

Dalam penelitian ini digunakan aki seperti gambar 4.2 dibawah ini. Disini aki digunakan untuk menyimpan energy listrik yang didapatkan saat modul surya dicas. Digunakan spesifikasi aki seperti pada tabel 4.8.



Gambar 4. 2 Aki Basah

Tabel 4. 8 Spesifikasi Aki

Voltage	:	12 Volt
Type	:	Sealed Maintenance Free
Capacity	:	5Ah/10Hr

4.2.3 PWM

Digunakan alat PWM seperti gambar 4.3. Alat ini digunakan untuk mengontrol arus yang masuk pada aki. Digunakan spesifikasi alat seperti pada tabel 4.9.



Gambar 4. 3 PWM

Tabel 4. 9 Spesifikasi PWM

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

4.2.4 Lampu DC 12 Watt

Digunakan lampu DC 12 watt seperti gambar 4.4 . disini lampu DC digunakan sebagai beban pada penelitian ini. Spesifikasi alat yang digunakan seperti tabel 4.10 dibawah ini.



Gambar 4. 4 Lampu DC 12 Watt

Tabel 4. 10 Spesifikasi Lampu

Type	:	SDC12W
Voltase	:	DC 12V
Watt	:	12W
Fluks Cahaya	:	690 Lm

4.2.5 Lux Meter

Pada penelitian ini digunakan lux meter sebagai alat untuk mengukur kekuatan cahaya matahari saat dilakukan pengukuran.



Gambar 4. 5 Lux Meter

Tabel 4. 11 Spesifikasi Lux Meter

Model	:	SM206-Solar
Dimensi dan berat	:	132x60x38mm

Berat	:	150 g
Baterai pengoperasian	:	9V

Dilakukan pengukuran seperti gambar 4.6 dibawah ini. Saat pengukuran data yang diambil adalah jam pengukuran. Catat waktu pengukuran. Selanjutnya kita lakukan pengukuran tegangan pada modul surya dengan menggunakan multimeter, catat hasil pengukuran. Lakukan pengukuran tegangan pada PWM dengan menggunakan multimeter, catat hasil pengukura, dan lakukan pengukuran tegangan pada beban yang digunakan yaitu lampu DC 12 Watt menggunakan alat ukur multimeter. Lakukan pengukuran setiap satu jam sekali.

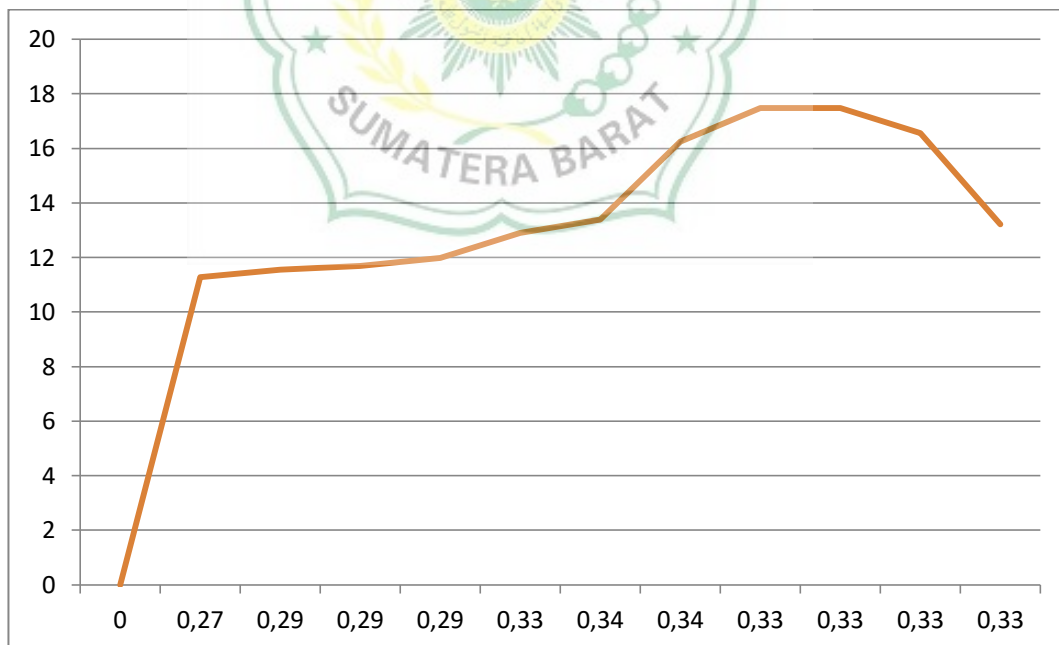
Pengukuran juga dilakukan untuk mengambil data arus. Data pertama yaitu mengukur arus pada modul surya. Dilanjutkan dengan mengukur arus pada PWM, dan pengukuran arus pada beban lampu yang digunakan. Dimana pengukuran arus ini juga menggunakan multimeter. Lakukan pengukuran setiap satu jam sekali dan catat hasil pengukuran.

Dilanjutkan dengan pengukuran untuk mengukur intensitas cahaya matahari. Dalam pengukuran ini peneliti menggunakan alat Lux Meter. Catat hasil pengukuran dan lakukan pengukuran satu jam sekali. Setelah semua data didapatkan selama 5 hari lakukan analisa data dan dilanjutkan dengan pembuatan laporan.

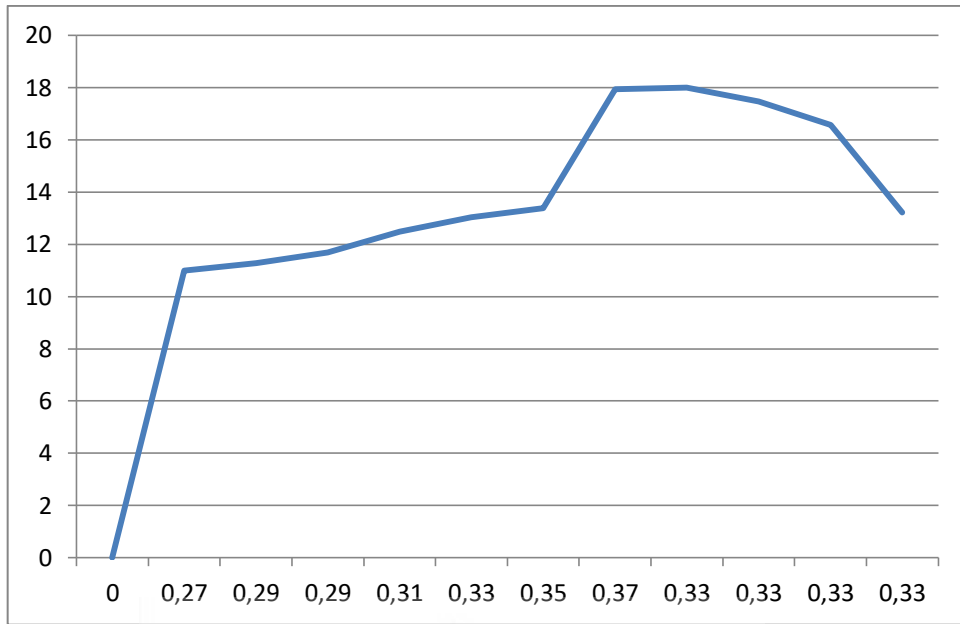


Gambar 4. 6 Proses Pengukuran

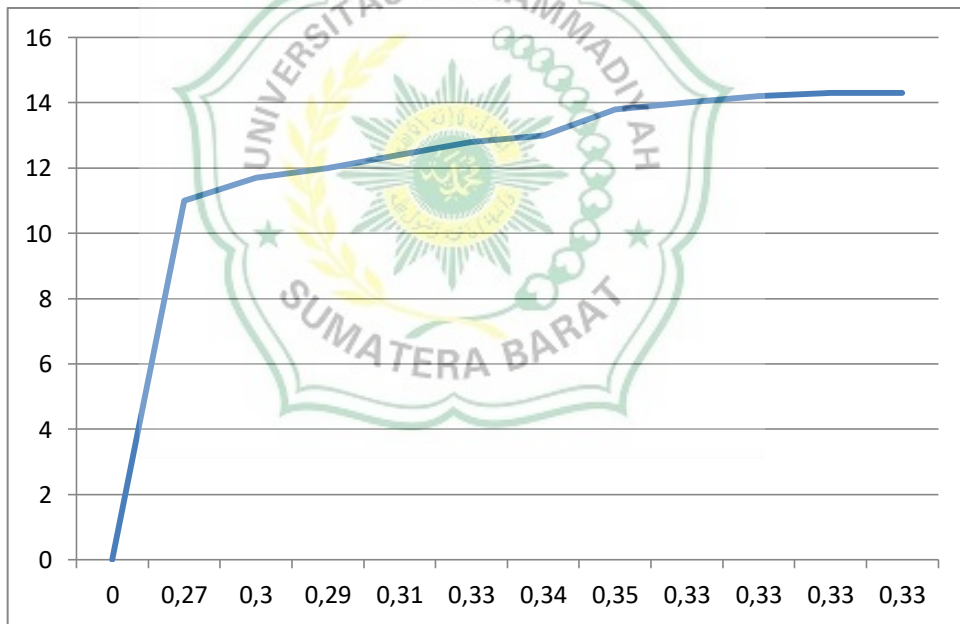
Dari hasil analisa serta pengujian yang dilakukan oleh peneliti ditemukan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka akan menghasilkan daya yang berbeda pula yang mana kemampuan panel dalam mengkonversi sinar matahari menjadi energy listrik ini juga sangat dipengaruhi oleh suhu udara.



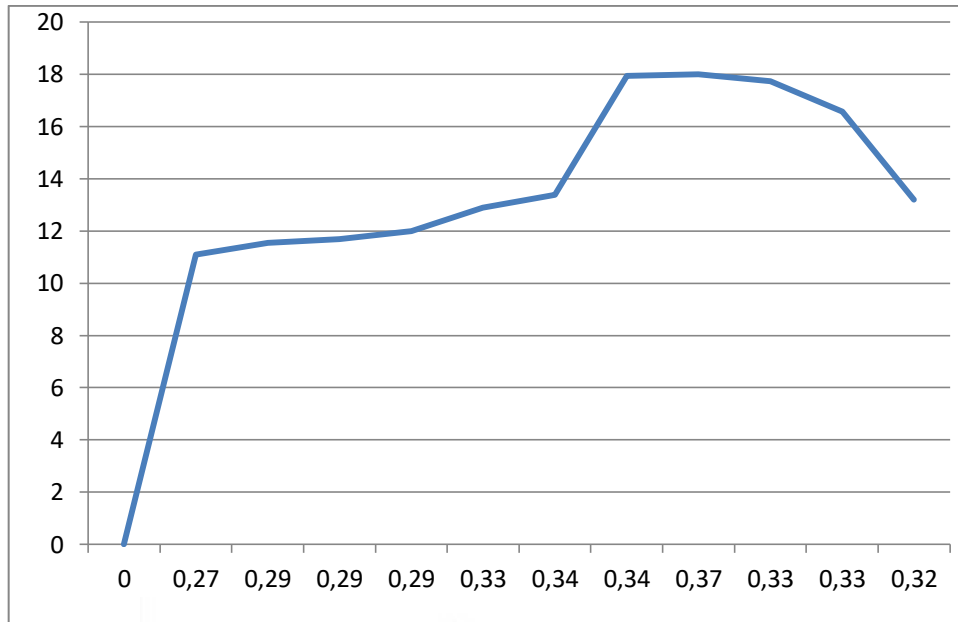
Gambar 4. 7 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari pertama



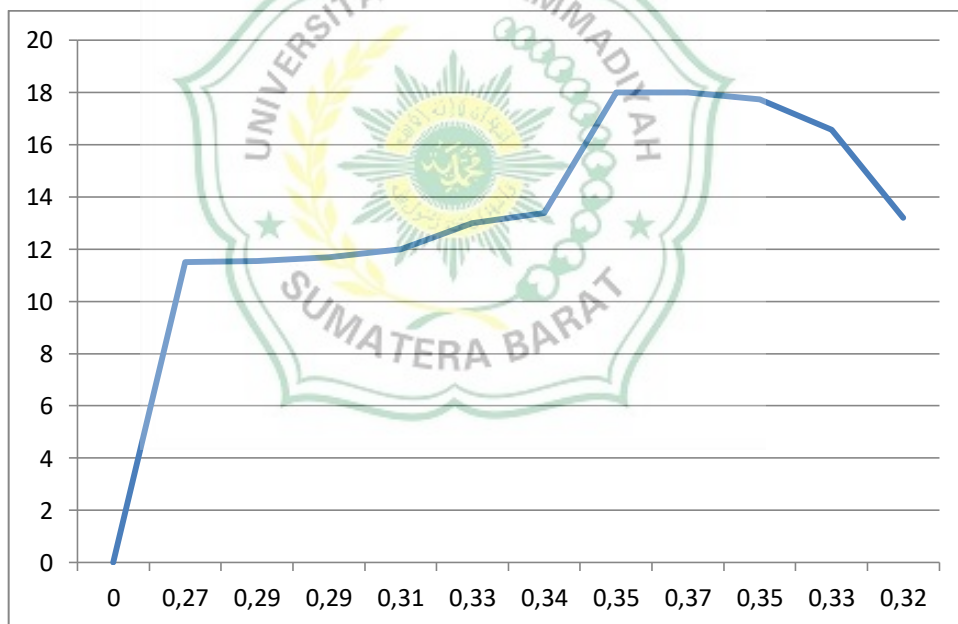
Gambar 4. 8 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari pertama



Gambar 4. 9 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari ke-tiga



Gambar 4. 10 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari ke-empat



Gambar 4. 11 Grafik panel surya monocrystalline 20 W berdasarkan urutan tegangan terendah sampai tertinggi pada hari ke-empat

Dari grafik yang ada pada dapat diketahui bahwa intensitas cahaya dapat menghasilkan tegangan dan arus berbeda sehingga menghasilkan daya yang berbeda pula. Kemampuan panel monocrystalline dalam mengkonversi sinar matahari menjadi energy listrik juga sangat dipengaruhi oleh suhu yang ada saat pengukuran.

Daya rata-rata dapat diketahui dengan rumus. Daya rata-rata yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$P_{rerata} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

$$P_{rerata} = \frac{4,44955 + 4,60485 + 4,18382 + 4,57477 + 4,65985}{5}$$

$$P_{rerata5} = 4,494568 \text{ watt}$$

Daya rata-rata untuk panel sel surya monocrystalline 20 W ini adalah 4,494568 watt.

Berdasarkan hasil analisa, saat proses pengecasan dilakukan maka semakin tinggi tegangan panel maka tegangan yang akan dihasilkan untuk baterai juga tinggi. Dapat diketahui setiap nensitas cahaya matahari juga akan sangat berpengaruh ada panel surya. Intensitas yang berbeda juga sangat berpengaruh dalam kemampuan modul untuk mengkonversi cahaya matahari matahari menjadi energi listrik. Saat intensitas cahaya matahari semakin tinggi proses perubahan sinar matahari menjadi energy listrik yang dilakukan oleh panel akan lebih cepat. Oleh karena itu proses pengisian baterai juga akan menjadi lebih cepat.

Waktu yang dibutuhkan untuk pengecasan baterai ini adalah lebih kurang dari jam 07.00 sampai dengan jam 16.00 sore. Waktu yang sangat efektif saat pengisian baterai oleh modul ini adalah diperkirakan pada jam 12.00 sampai dengan jam 13.00 hal ini dikarenakan saat jam tersebut intensitas cahaya matahari sangat tinggi yang mana bisa membuat pengisian baterai menjadi lebih cepat.

Intensitas cahaya yang rendah juga menghasilkan tegangan yang kecil pada panel surya. Diperkirakan waktu yang kurang efektif saat pengecasan adalah pada jam 07.00 sampai dengan jam 09.00 karena pada waktu ini intensitas cahaya matahari belum terlalu tinggi.

Hasil analisa dari pengujian yang telah dilakukan oleh penulis, saat pemberian beban lampu 12 watt baterai yang sudah kita cas tadi akan bisa bertahan lebih kurang dalam waktu 8 jam saat penggunaan baterai dengan

menggunakan beban. Pada jam 19.00 sampai dengan jam 05.00 lampu masih hidup dengan cahaya yang terang. Saat jam 01.00 lampu tersebut sudah mulai redup. Pada jam 01.00 cahaya lampu sudah mulai kedap-kedip. Pada jam 05.00 pagi lampu sudah mati dan tegangan pada lampu sudah 0.

Ada beberapa hal yang menjadi factor penentu dalam mendapatkan daya yang bagus yaitu intensitas cahaya matahari.



BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

Pada penelitian dan analisa yang sudah dilakukan oleh penulis menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh modul panel surya tersebut. Panel surya juga di uji kinerjanya dengan pemberian beban berupa lampu 12 watt, yang mana faktanya baterai yang sudah dicas tadi mampu bertahan lebih kurang 8 jam saat diberikan beban berupa lampu 12 watt. Dapat diketahui pengecasan yang dilakukan pada jam 11.00 sampai jam 15.00 lebih baik karena pada jam tersebut intensitas cahaya matahari sangat baik yang mana hal ini tentu akan berpengaruh dalam kecepatan modul panel surya dalam mengubah cahaya matahari menjadi energy listrik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian serta analisa pengujian karakteristik berdasarkan panel surya ini dapat diberikan saran yaitu perlunya penelitian lebih lanjut mengenai panel surya ini agar bisa diketahui efisiensi penggunaan alat ini dan diharapkan penelitian ini mampu menjadi bahan pembelajaran oleh berbagai pihak yang ingin mengetahui lebih lanjut tentang pengujian karakteristik panel surya.

Penggunaan PLTS ini juga diharapkan mampu digunakan dengan maksimal dikemudian hari karena mengingat penggunaan energy yang semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasyim Asy'ari, Jatmiko, Angga (2012). Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya.
- Fransiskus A. Widiharsa (2006). Karakteristik Panel Surya Dengan Variasi Intensitas Radiasi Dan Temperatur Permukaan Panel. Vol.4
- Andi Makkulau, Samsurizal, Salvatore Kevin (2020). “Karakteristik Temperatur Pada Permukaan Sel Surya Polycrystalline Terhadap Efektifitas Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. Vol. 10, No.2, Desember 2020
- Saiful Manan, 2011. “ Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia “,Semarang,Universitas Diponogoro
- Gede Widayana, 2012. “Pemanfaatan Energi Surya”, Vol.9, No.1, Januari 2012
- Arif Febriansyah Juwito, Sasangko Pramonohadi, T. Haryono (2012). “Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya”, Vol 15, No.1, Mei 2012
- Roma Gustiawan, Endang Susanti, Pamor Gunoto (2019). “Perancangan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif untuk Penerangan Lobby Fakultas Teknik Unrika”, Vol. 2, No. 2, November 2019

LAMPIRAN

