

TUGAS AKHIR

ANALISA PERBANDINGAN DAYA OUTPUT PLTS MENGGUNAKAN PANTULAN CAHAYA KACA CERMIN DAN CAHAYA MATAHARI LANGSUNG

*Diajukan Untuk Memenuhi Tugas-Tugas Dan Syarat-Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik
Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

ANDIKA CAHYA UTAMA

NPM : 1407220088



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Andika Cahya Utama

NPM : 1407220088

Program Studi : Teknik Elektro

Judul skripsi : Analisa perbandingan daya output plts menggunakan pantulan cahaya kaca cermin dan cahaya matahari langsung

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik elektro, fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 maret 2019

Mengetahui dan menyetujui

Dosen pembimbing I / Penguji


Muhammad Adam, S.T., M.T

Dosen pembimbing II / penguji


Partaoran Harahap, S.T., MT

Dosen pembanding I / penguji


Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen pembanding II / penguji


Solly Ariza, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Andika Cahya Utama
Tempat /Tanggal Lahir: Medan / 06 Mei 1996
NPM : 1407220088
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“ANALISA PERBANDINGAN DAYA OUTPUT PLTS MENGGUNAKAN PANTULAN CAHAYA KACA CERMIN DAN CAHAYA MATAHARI LANGSUNG”

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

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

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

Medan, 20 Maret 2019



Saya yang menyatakan,

ANDIKA CAHYA UTAMA

ABSTRAK

Kehidupan masyarakat saat ini tidak dapat dipisahkan dari energi listrik, mulai dari masyarakat yang tinggal di desa maupun yang tinggal di kota besar. Hal ini mendasari pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi listrik baru terbarukan untuk menggantikan sumber energi fosil yang memiliki keterbatasan jumlah serta polusi yang mencemari lingkungan. Sel surya (sel surya) sebagai unit PLTS memiliki kendala daya keluaran yang tidak cukup besar dan sangat tergantung oleh kondisi alam. Salah satu metode pengoptimalan sel surya adalah dengan menggunakan cermin pemantul sinar matahari (reflector). Cahaya matahari merupakan sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik baru. Namun pada prosesnya dibutuhkan penambahan-penambahan tertentu pada modul *solar cell* agar tegangan keluaran yang dihasilkan dapat optimal. Upaya mengoptimalkan output listrik pada modul surya dengan cara memaksimalkan intensitas sinar yang jatuh ke permukaan modul surya dengan menggunakan cermin datar (ruang cermin). Hasil yang diperoleh menunjukkan terdapat peningkatan output dari modul surya.

Kata Kunci : *Reflector*, Panel Surya, cermin

ABSTRACT

Today's life cannot be separated from electricity, starting from people living in villages and living in big cities. This underlies the use of solar power plants (PLTS) as a new renewable electricity source to replace fossil energy sources that have limited amounts and pollution that pollutes the environment. Solar cells (solar cells) as PLTS units have output power constraints that are not large enough and are very dependent on natural conditions. One method of optimizing solar cells is by using a reflector. Sunlight is a renewable energy source that can be used as a new power plant. But in the process certain additions to the solar cell module are needed so that the output voltage can be optimized. Efforts to optimize the electrical output of solar modules by maximizing the intensity of light falling on the surface of the solar module using a flat mirror (mirror space). The results obtained show there is an increase in the output of the solar module.

Keywords: Reflector, Solar Panel, mirror

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi semesta alam. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “ANALISA PERBANDNGAN DAYA OUTPUT PLTS MENGGUNAKAN PANTULAN CAHAYA KACA CERMIN DAN CAHAYA MATAHARI LANGSUNG”.

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

1. Yang tersayang Ayahanda Suriono dan Ibunda Kartika Murni serta adik tercinta windi ariska, tria salsabila, dan viki akbar, yang dengan tulus memberikan semangat, dorongan dan bimbingan dengan ketulusan hati

tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti ini menyelesaikan tugas akhir ini.

2. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, ST, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu , ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sekaligus dosen penguji I dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Partaonan Harahap ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Sekaligus Dosen Pembimbing II
5. Bapak Muhammad Adam, ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Solly Ariza ST. MT., selaku dosen penguji II dalam penyusunan tugas akhir ini
7. Bapak dan ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Karyawan biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Orang yang spesial buat saya dwita widya sari yang telah memberikan semangat serta motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan tulisan ini.
10. Agung sasongko, Dodi Prasetya, Heri Pradana, Joko Sugoanto, Muhammad Nur, Nino Wananda, Suhardi Istiawan, Tubagus Jaka Suriya S.T., Yolana Danu Putro, Zulfikar Jauhari S.T., Teman-teman seangkatan dan seperjuangan Fakultas Teknik, khususnya Program Studi Teknik

Elektro angkatan 2014 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Medan, 27 Januari 2019

Penulis

ANDIKACAHYAUTAMA

1407220088

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	8
2.3 Bagian-Bagian PLTS.....	10
2.3.1 Penyebaran jaringan yang luas hingga ke pelosok	10
2.3.2 Bebas dari roaming.....	11
2.4 Inverter	21
2.5 Charger controller.....	23
2.5.1 Charging mode.....	25
2.5.2 Operation mode	26
2.6 AKI/Baterai	27
2.6.1 Pengertian Relay Dan Fungsinya.....	29

2.6.2	Jenis baterai.....	34
2.6.3	Prinsip kerja aki	37
2.7	Parameter sel surya.....	38
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN.....	40
3.1	Lokasi Penelitian.....	40
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	40
3.2.1	Solar cell.....	40
3.2.2	Solar charger controller.....	41
3.2.3	Baterai	41
3.2.4	Reflector	41
3.2.5	Amperemeter	42
3.2.6	Multimeter (multitester)	42
3.2.7	Cermin	43
3.3	Prosedur penelitian	43
3.4	Diagram alir	45
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1	Data hasil pengujian arus dan tegangan	46
4.1.1	Nilai rata-rata arus dan tegangan pada plts menggunakan reflektor	47
4.2	Data hasil pengujian arus dan tegangan pada panel surya tanpa reflector	49
4.2.1	nilai rata-rata arus dan tegangan pada plts tanpa reflector	50
4.3	Grafik hasil perbandingan arus dan tegangan menggunakan reflector dan tanpa reflector	51

4.4 Data penelitian arus dan tegangan pada baterai	53
4.4.1 Nilai efisiensi menggunakan reflector	54
4.4.2 Nilai efisiensi tanpa menggunakan reflector	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Dari Modul Surya.....	13
Gambar 2.2	<i>Karakteristik Suatu Sel Surya Dan Dioda</i>	16
Gambar 2.3	Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron)	20
Gambar 2.4	Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction	21
Gambar 2.5	Inverter	22
Gambar 2.6	Solar charge controller	24
Gambar 2.7	Konstruksi Baterai.....	29
Gambar 2.8	Kotak Baterai	30
Gambar 2.9	<i>Plat positif dan negatif baterai dalam satu sel</i>	31
Gambar 2.10	<i>Penyekat atau sparator di antara plat baterai</i>	32
Gambar 2.11	<i>Proses pengosongan aki</i>	37
Gambar 2.12	Proses pengisian aki	38
Gambar 3.1	Reflector	42
Gambar 3.2	Flowchart Penyusunan Tugas Akhir	45
Gambar 4.1	Grafik Arus Keluaran Pada PLTS Dengan Menggunakan Reflektor	47
Gambar 4.2	Grafik Tegangan Keluaran Pada PLTS Dengan Menggunakan Reflektor.....	48
Gambar 4.3	Grafik Arus Keluaran Pada PLTS Tanpa Reflektor.....	50
Gambar 4.4	Grafik Tegangan Keluaran Pada PLTS Tanpa Reflektor.....	51
Gambar 4.5	Grafik perbandingan arus keluaran pada plts yang menggunakan reflector dan tanpa menggunakan reflector.....	51

Gambar 4.6 Grafik perbandingan arus keluaran pada plts yang menggunakan reflector dan tanpa menggunakan reflector	52
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan beberapa jenis panel surya	14
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Arus Dan Tegangan Pada Panel Surya Menggunakan Reflektor	46
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Arus Dan Tegangan Pada Panel Surya Tanpa Reflektor	49
Tabel 4.3 Data Hasil Penelitian Pada Baterai yang menggunakan reflector dan tanpa reflector	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di jaman modern ini perkembangan teknologi semakin cepat, karena meningkatnya kebutuhan agar teknologi dapat menjadi solusi untuk memecahkan permasalahan manusia, baik akibat keterbatasan manusia itu sendiri maupun faktor lainnya. Masalah yang sering muncul di lingkungan rumah tangga yaitu pemborosan pemakaian listrik. Hampir semua pengguna peralatan elektronik di rumah tangga tidak mengetahui berapa arus listrik dan biaya yang sudah terpakai saat menggunakan peralatan tersebut. Karena semakin banyak pemakaian listrik maka semakin banyak pula pengeluaran yang harus ditanggung. Teknolgi membuat segala sesuatu yang dilakukan agar menjadi lebih mudah. Manusia selalu berusaha untuk menciptakan sesuatu yang dapat mempermudah aktivitasnya. Hal inilah yang mendorong perkembangan teknologi yang telah banyak menghasilkan alat sebagai piranti untuk mempermudah kegiatan manusia bahkan menggantikan peran manusia dalam suatu fungsi tertentu.

Solar cell merupakan salah satu pembangkit listrik terbarukan yang sangat potensial untuk digunakan di masa mendatang. Tegangan keluaran dari *solar cell* selama ini kurang dapat dioptimalkan. Oleh karena itu diperlukan solusi yang dapat mengoptimalkan tegangan keluaran dari *solar cell*. Penggunaan cermin datar sebagai *reflector* diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan tegangan keluaran dari *solar cell*[1].

Sekarang ini, telah banyak para ahli menemukan berbagai alat pembangkit tenaga listrik. Yang bekerja dengan mengubah suatu energi menjadi energi listrik.

Dengan keadaan geografis di Indonesia yang setiap tahun dapat sinar matahari, salah satu alat yang optimal di Indonesia adalah “Panel Surya”. Panel surya bekerja mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel Surya adalah alat yang terdiri dari sel surya, aki dan baterai yang mengubah cahaya menjadi energy listrik. Panel surya menghasilkan arus listrik searah atau DC yang dapat digunakan untuk listrik DC ke AC di *converter*

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di daerah ekuator yaitu wilayah tengah yang membagi bumi menjadi bagian utara dan selatan. Posisi ini menyebabkan Indonesia memiliki cuaca yang relatif cerah kecuali saat awan tebal menghalangi sinar matahari. Berdasarkan peta insolasi matahari, wilayah Indonesia memiliki intensitas radiasi harian matahari sebesar $4,8 \text{ kW/m}^2$ per hari[2]. Energi yang dihasilkan matahari tidak terbatas di-bandingkan sumber energi fosil yang semakin menipis. Sudah banyak pakar energi yang bersaing untuk menemukan penemuan baru tentang sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, salah satunya yaitu sel surya, walaupun secara efisiensi saat ini masih perlu pertimbangan lebih lanjut, Dampak dari efisiensi output sel surya yang rendah ini, berpengaruh pada hasil output daya listrik yang dihasilkan, Untuk itu perlu upaya untuk mengoptimalkan *output* daya listrik panel surya agar efisiensinya meningkat. Upaya untuk meningkatkan efisiensi output daya listrik panel surya, yaitu dengan menggunakan sistem reflector.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah di uraikan maka peneliti menarik untuk meneliti mengenai “ ANALISA PERBANDINGAN DAYA OUTPUT PLTS MENGGUNAKAN PANTULAN CAHAYA KACA CERMIN DAN CAHAYA MATAHARI LANGSUNG “

1.2 Rumusan Masalah

Ada pun rumusan masalah pada penelitian ini

1. Berapakah selisih daya output dan input plts menggunakan reflector dan tanpa menggunakan reflector.
2. Berapakah besar perbandingan daya output dan input menggunakan reflector dan tanpa menggunakan reflector pada panel surya.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan ini adalah

1. Mengetahui selisih nilai daya output dan input menggunakan reflector dan tanpa reflector.
2. Mengetahui perbandingan nilai output dan input tegangan dan arus pada plts dengan menggunakan reflector dan tanpa menggunakan reflector

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Alat ini digunakan hanya mengukur daya output plts menggunakan reflector dan tanpa reflector.
2. Penelitian ini hanya menganalisa perbandingan nilai daya output dan input menggunakan reflector pada plts

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang pembangkit listrik tenaga surya
2. Memanfaat kan energy sinar matahari

3. Sebagai bahan acuan peningkatan hasil energi menggunakan solar cell di daerah yang minim cahaya matahari

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab diantaranya

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penelitian

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 ini membahas landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan dengan studi analisis dan yang akan dilakukan dalam penelitian

3. BAB 3 METODEODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang langkah-langkah dari penelitian serta prosedur dari penelitian

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas penjelasan mengenai data dari hasil penelitian dan analisa terhadap seluruh proses yang berlangsung selama penelitian

5. BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan terhadap proses yang berlangsung selama penelitian dan saran yang mendukung penelitian selanjutnya agar dapat memberikan hasil yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Teknologi energi surya dibagi menjadi dua, yaitu teknologi surya termal TST dan energi surya listrik atau dikenal dengan Teknologi Photo Voltaik TPV. Teknologi Photo Voltaik sudah cukup berkembang di banyak negara. Karena efisiensinya yang masih rendah menyebabkan TPV memerlukan tempat yang luas. Hal ini menyebabkan harga TPV menjadi mahal. Selain itu mahalnya sel surya juga disebabkan karena komponen sel surya masih impor dari negara lain. Dalam skala kecil penggunaan sel surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik untuk penerangan, pemasok energi lampu, dan pengatur lalu lintas jalan. Listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk keperluan sehari – hari di rumah tangga, keperluan kantor maupun keperluan industri. Penelitian yang berhubungan dengan pembangkit listrik dari sumber energi alternatif sudah banyak dilakukan. Energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga. Metode penelitian yang dilakukan dalam pemanfaatan *solar cell* dengan PLN sebagai sumber energi listrik rumah tinggal yaitu dilakukannya pengukuran energi yang mampu disuplai oleh energi yang dihasilkan dari *solar cell*.

Beberapa penelitian tentang pembangkit listrik tenaga surya PLTS yang dilakukan adalah yaitu :

- Menurut Sanni ilyas dan ishak kasyim (2017)[3] dalam jurnal yang berjudul “PENINGKATAN EFISIENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN REFLEKTOR PARABOLA” *Reflector* parabola yang dirancang berupa konsentrator asimetris yang ditempatkan pada permukaan horizontal agar radiasi dari setiap sudut dapat dikumpulkan. Dua modul surya yang digunakan dari jenis monokristal masing-masing berukuran panjang 0,639 m dan lebar 0,294 m dapat menghasilkan daya maksimum 20,124 W, arus hubung singkat 1,3 A, dan tegangan terbuka 21,2 V pada iradiasi matahari 1000 W/m² dan temperatur 25 °C. Modul surya sendiri memiliki efisiensi referensi sebesar 10,71%. Satu modul surya dengan *reflector* parabola dapat menghasilkan efisiensi rata-rata 11,13% atau 1,039 kali lebih tinggi dibandingkan efisiensi referensi. Keseluruhan sistem pembangkit dengan dua modul surya dan *reflector* parabola dapat menghasilkan daya maksimum 13,111 W dan efisiensi tertinggi sebesar 11,92% atau 1,113 kali lebih tinggi dibandingkan efisiensi referensi.

- Menurut Anita Eka Febtiwiyanti dan Satwiko Sidopekso (2010)[4] dalam jurnal yang berjudul “Studi Peningkatan Output Modul Surya dengan menggunakan Reflektor” Dampak \ dari efisiensi sel surya yang rendah ini, berpengaruh pada hasil output daya listrik pada panel surya. Perlu upaya untuk mengoptimalkan output daya listrik modul surya agar efisiensinya meningkat. Salah satu solusi yang memungkinkan yaitu dengan menambah jumlah cahaya yang mengenai permukaan modul surya dengan bantuan solar reflector. Penggunaan solar reflector, memungkinkan jumlah sinar matahari yang jatuh

pada area permukaan modul surya akan lebih banyak, dan hal ini menyebabkan output daya listrik yang dihasilkan akan lebih besar. Jadi dengan adanya peningkatan output daya listrik yang dihasilkan, maka nilai efisiensinya juga akan meningkat.

- Menurut Rismanto arif nugroho, mohammad facta dan yuningtyastuti (2014)[5] dalam jurnal yang berjudul “memaksimalkan daya keluaran sel surya dengan menggunakan cermin pemantul sinar matahari *reflector*” Sel surya sebagai unit PLTS memiliki kendala daya keluaran yang tidak cukup besar dan sangat tergantung oleh kondisi alam. Salah satu metode pengoptimalan sel surya adalah dengan menggunakan cermin pemantul sinar matahari *reflector*. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa konfigurasi reflektor yang optimal yaitu ditempatkan pada kedua sisi sel surya dengan sudut kemiringan masing-masing 70 terhadap modul sel surya. Dengan sumber halogen, didapati kenaikan daya mencapai 202.75% pada tingkat iradiasi 185.21 Watt/m², 102.43% pada tingkat iradiasi 90.29 Watt/m² dan 17.01% pada tingkat iradiasi 1188 Watt/m². Kenaikan juga terjadi pada aplikasi beban DC-DC converter dengan peningkatan 79.75% pada tingkat iradiasi 257 Watt/m², 43.54 pada tingkat iradiasi 128Watt/m², dan 9.6% pada tingkat iradiasi 1574Watt/m².

- Menurut Made Sucipta, Faizal Ahmad, dan Ketut Astawa (2015)[6] dalam jurnal yang berjudul “Analisis Performa Modul Solar Cell Dengan Penambahan Reflector Cermin Datar ” salah satu teknik yang dapat diterapkan adalah dengan menambah luas permukaan tangkap sinar matahari pada sisi bidang modul *solar cell* dengan pemanfaatan cermin datar yang berfungsi sebagai *reflector* sinar matahari. Pada penelitian ini, *reflector* tersebut dipasang

mengelilingi seluruh bidang modul *solar cell* dengan kemiringan tertentu. Sedangkan luasan cermin datar yang digunakan sebagai *reflector* divariasikan dengan mengatur panjang cermin datar tersebut pada beberapa variasi panjang tertentu. Pada pengujiannya, modul *solar cell* tersebut diletakkan dengan menggunakan kemiringan tertentu yang besarnya mengikuti arah timur ke barat pergerakan matahari. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa semakin luas *reflector* akan menghasilkan daya listrik yang semakin besar, demikian pula dengan efisiensi yang dihasilkan. Akan tetapi, menarik untuk dicermati bahwa peningkatan tersebut tidak linier yang menunjukkan ada batas tertentu dimana pengaruh penambahan luas *reflector* akan menjadi tidak signifikan lagi terhadap performa modul *solar cell* tersebut.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan[7]. Bandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising. Selain itu gas buang yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi kita. Sistem sel surya yang digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian

kontroler pengisian *charge controller*, dan aki 12 volt yang *maintenance free*. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri beberapa sel surya yang digabung dalam hubungan seri dan paralel tergantung ukuran dan kapasitas yang diperlukan. Yang sering digunakan adalah modul sel surya 20 watt atau 30 watt. Modul sel surya itu menghasilkan energi listrik yang proporsional dengan luas permukaan panel yang terkena sinar matahari. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya itu merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt plus minus 10 persen. Bila tegangan turun sampai 10,8 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika penurunan tegangan itu terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutuskan pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik. Bila tegangan aki itu mencapai 13,2 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki itu. Rangkaian kontroler pengisian itu sebenarnya mudah untuk dirakit sendiri. Tapi, biasanya rangkaian kontroler ini sudah tersedia dalam keadaan jadi dipasaran. Memang harga kontroler itu cukup mahal kalau dibeli sebagai unit tersendiri. Kebanyakan sistem sel surya itu hanya dijual dalam bentuk paket lengkap yang siap pakai. Jadi, sistem sel surya dalam bentuk paket lengkap itu jelas lebih murah dibandingkan dengan bila merakit sendiri. Biasanya panel surya itu siletakkan dengan posisi statis menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari. Orbit yang ditempuh bumi berbentuk elip dengan matahari berada di salah satu titik fokusnya. Karena matahari bergerak membentuk sudut selalu

berubah, maka dengan posisi panel surya itu yang statis itu tidak akan diperoleh energi listrik yang optimal. Agar dapat terserap secara maksimum, maka sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya. Untuk mendapatkan energi listrik yang optimal, sistem sel surya itu masih harus dilengkapi pula dengan rangkaian kontroler optional untuk mengatur arah permukaan panel surya agar selalu menghadap matahari sedemikian rupa sehingga sinar matahari jatuh hampir tegak lurus pada panel suryanya. Kontroler seperti ini dapat dibangun, misalnya, dengan menggunakan mikrokontroler. Kontroler ini tidak sederhana, karena terdiri dari bagian perangkat keras dan bagian perangkat lunak. Biasanya, paket sistem sel surya yang lengkap belum termasuk kontroler untuk menggerakkan panel surya secara otomatis supaya sinar matahari jatuh tegak lurus. Karena itu, controller macam ini cukup mahal.

2.3 Bagian-Bagian PLTS

2.3.1 Energi Matahari

Energi Matahari merupakan sumber energi utama untuk proses-proses yang terjadi di Bumi. 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[8].

Sinar matahari yang berupa gelombang elektromagnetik pendek menuju atmosfer dianggap 100% sampai ke lapisan atmosfer. Tetapi radiasi ini tidak bisa diteruskan keseluruhannya karena ada pantulan yang terjadi dan besarnya pantulan 31%. Berarti radiasi yang dapat diteruskan ke daerah atmosfer hanya 69% dari jumlah ini akan diserap oleh udara keliling atmosfer sebesar 17,4% dan pantulan permukaan bumi sebesar 4,3% sehingga sampai ke permukaan bumi tinggal 47,326%. Sejumlah nilai yang diserap oleh permukaan bumi antara lain diserap :

- a. Laut :37,7 %
- b. Samudera : 14,3 %
- c. Kehidupan bumi (tumbuh-tumbuhan , dll) : 0,1 %
- d. Panas bumi : 0,02 %
- e. Kehidupan manusia : 0,004 %
- f. Angin gelombang : 0,2 %

2.3.2 Sel Surya

Sel surya atau juga sering disebut *fotovoltaik* yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya biasanya sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi energy cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energy dari matahari juga bisa dimaksimalkan energy panasnya melalui sistem solar thermal. Pada umumnya satu keping sel surya mempunyai ketebalan 3 mm, tersusun atas kutub positif dan negative yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor. Prinsip kerja suatu sel surya adalah dengan memanfaatkan efek *fotovoltaik*, yaitu suatu efek yang dapat mengubah secara langsung cahaya matahari menjadi suatu energy listrik. Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau

sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm^2 . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu.

Efek *fotovoltaik* ini ditemukan oleh Becquerel pada tahun 1839, dimana Becquerel mendeteksi adanya tegangan foto ketika sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit. Alat ini digunakan secara individual sebagai alat pendeteksi cahaya pada kamera maupun digabung seri maupun paralel untuk memperoleh suatu harga tegangan listrik yang dikehendaki sebagai pusat penghasil tenaga listrik. Bahan dasar *silicon* ini terbuat dari silicon berkrystal tunggal, yaitu bahan yang sering digunakan untuk pembuatan jenis semikonduktor. Silicon dimurnikan hingga membentuk suatu unsur pembentuk atom sehingga dapat digunakan sebagai bahan sel surya. Dengan terbentuknya sifat atom pada setiap sel dari sel surya tersebut maka terbentuk pula suatu elektromagnetik yang menyebabkan efek *fotovoltaic*. Sel silicon dalam solar sel panel yang disinari matahari membuat proton bergerak menuju electron dan menghasilkan arus dengan tegangan listrik. Sebuah sel silicon menghasilkan kurang lebih tegangan

0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel surya untuk menghasilkan 17 volt tegangan maksimum.

Pada umumnya menghitung maksimum sinar matahari yang diubah menjadi tenaga listrik sepanjang hari adalah lima jam. Misalnya, solar sel panel module memiliki kapasitas output *Watt hour*. Solar sel 50 WP 12 V, memberikan output daya sebesar 50 watt per jam dengan tegangan 12 Volt. Untuk perhitungan daya yang dihasilkan perhari adalah 50 Watt x 5 jam Maksimum *peak* intensitas matahari[9].



Gambar 2. 1 Ilustrasi Dari Modul Surya.
(sumber : Khamarruzaman Ali)

1. Jenis Solar Cell

Jenis solar sel yang sering digunakan pada saat sekarang ini adalah sebagai berikut :

a. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Merupakan panel surya yang memiliki susunan Kristal acak. Type polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

b. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya mataharianya kurang (teduh), effisiensinya akan turun drastic dalam cuaca berawan.

c. Amorphous Silikon

Amorphous silikon merupakan jenis sel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling rendah sebesar 9-14% dengan harga yang paling murah (Narayana, 2010). Jenis ini juga biasanya digunakan pada alat-alat elektronik kecil berupa kalkulator dan jam tangan.

Berikut adalah tabel perbandingan beberapa jenis panel surya :

Tabel 2. 1 Perbandingan beberapa jenis panel surya

JENIS	EFISIENSI PERUBAHAN DAYA	DAYA TAHAN	BIAYA
Mono	Sangat baik	Sangat Baik	Baik
Poly	Baik	Sangat Baik	Sangat baik
Amorphous	Cukup baik	Cukup Baik	Baik
Compound (GaAs)	Sangat baik	Sangat Baik	Cukup Baik

2. Prinsip kerja solar cell

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan Photon.

Pada sel surya terdapat sambungan *junction* antara dua lapis tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis P positif dan semikonduktor jenis N negative. Semikonduktor jenis N dibuat dari Kristal silicon dan terdapat juga sejumlah material lain (umumnya fosfor) dalam batasan batasan bahwa material tersebut dapat memberikan suatu kelebihan *electron* bebas.

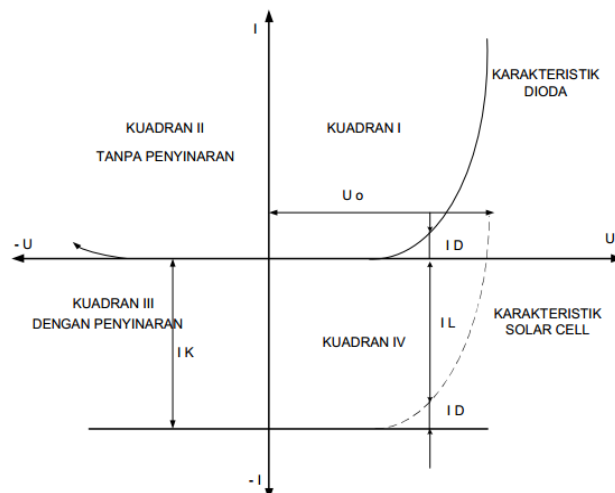
Electron adalah partikel sub atom yang bermuatan negative, sehingga silicon paduan dalam hal ini disebut sebagai semikonduktor jenis N negative. Semikonduktor jenis P juga terbuat dari Kristal silicon yang didalamnya terdapat sejumlah kecil materi lain umumnya *boron* yang mana menyebabkan material tersebut kekurangan satu electron bebas. Kekurangan atau hilangnya electron ini disebut lubang *hole*, Karena tidak ada atau kurangnya electron yang bermuatan listrik negative maka silicon paduan dalam hal ini sebagai semikonduktor jenis P.

Beberapa sel surya diparalelkan untuk menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Combiner pada gambar 2.3 menghubungkan kaki positif panel surya satu dengan panel surya lainnya. Kaki atau kutub negative panel satu dan lainnya juga dihubungkan. Ujung kaki positif panel surya dihubungkan. Ujung kaki positif panel surya dihubungkan ke kaki positif *charge controller*, dan kaki negative panel surya dihubungkan ke kaki negative *charge controller*. Tegangan panel

surya yang dihasilkan akan digunakan oleh *charge controller* untuk mengisi baterai. Untuk menghidupkan beban perangkat AC *alternating current* seperti televisi, radio, computer dan lain-lain, arus baterai disupply oleh inverter.

3. Karakteristik Solar Cell

Sel surya tanpa pada keadaan penyinaran, mirip seperti permukaan penyearah setengah gelombang dioda. Ketika sel surya dapat sinar akan mengalir arus konstant yang arahnya berlawanan dengan arus dioda seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. 2 Karakteristik Suatu Sel Surya Dan Dioda
(sumber : Khamarruzaman Ali)

Dari gambar diatas dilihat bahwa grafik sel surya tidak tergantung dari sifat sifat dioda. Jika diselidiki pada kuadran IV akan ditemukan tiga titik penting yaitu :

- Tegangan beban nol diukur tanpa beban tanpa dipengaruhi penyinaran
- Arus hubung singkat di ukur saat sel hubung singkat dan disini arus hubung singkat berbanding lurus dengan kuat penyinaran

- c. Titik daya maksimum *maximum Power point* = MPP dari sel surya didapatkan dari hasil arus dan tegangan yang dibuat pada setiap titik

Dalam hal ini daya yang dihasilkan oleh suatu sel surya sama dengan nol. Pada suatu titik tertentu daya sel surya mencapai titik maksimum dan titik ini disebut titik MMP *Maximum Power Point*, yang pada praktek yang selalu diusahakan agar pemakaian berpatokan dari titik MMP. Konversi energi dari sel surya ke konsumen akan maksimum apabila tahanan pemakai RL dan tahanan sel surya memenuhi persamaan, berikut:

$$R_L = R_i \dots \dots \dots (1)$$

Keadaan ini pada teknik listrik disebut istilah beban pas. dengan bantuan pengubah tegangan searah khusus atau sering disebut MPT *Maximum Power Tracker* memungkinkan beban pas ini tercapai.

4. Struktur sel surya

Sesuai dengan perkembangan sains & teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula Jenis-jenis teknologi surya akan dibahas di tulisan “Sel Surya: Jenis-jenis teknologi”.

a) Substrat/Metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya *dye-sensitized* DSSC dan sel surya organik, substrat juga berfungsi

sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *indium tin oxide* ITO dan *flourine doped tin oxide* FTO

b) Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) dan Cu_2O (copper oxide). Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari *junction* atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n *junction*. P-n *junction* ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n *junction* dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

c) Kontak metal / *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negative.

d) Lapisan antireflektif

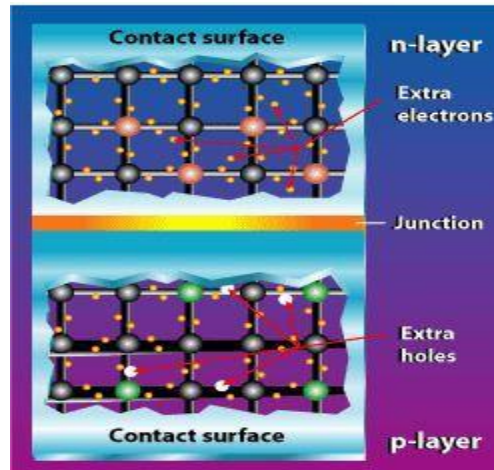
Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

e) Enkapsulasi / *cover glass*

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

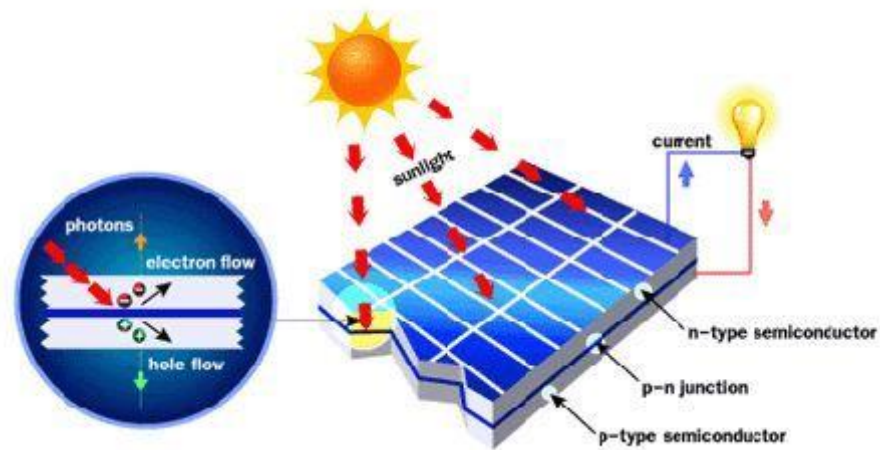
5. Cara kerja sel surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan electron muatan *negative* sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* muatan positif dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2. 3 Junction antara semikonduktor tipe-p (kelebihan hole) dan tipe-n (kelebihan elektron)
(sumber : febtiwiyanti)

Peran dari p-n *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga electron dan hole bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah[4].



Gambar 2. 4 Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction
(sumber : febtiwiyanti)

2.4 Inverter

Untuk kebutuhan listrik AC, energi listrik yang disimpan di baterai dirubah menjadi listrik AC menggunakan *Inverter*. *Inverter* adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah DC menjadi arus listrik bolak balik AC. *Inverter* mengkonversi arus DC 12-24 V dari perangkat seperti baterai, panel surya/*solar cell* menjadi arus AC 220 V.

Sumber Dc yang dibutuhkan inverter dapat berasal dari baterai atau dari sumber tegangan AC yang disearahkan. Untuk mendapatkan keluaran yang dikehendaki maka digunakan rangkaian control. Rangkaian control tersebut antara lain berfungsi untuk mengatur frekuensi amplitude gelombang keluaran. Agar gelombang keluarannya dapat kembali mendekati gelombang sinus, maka digunakan filter.

Filter berfungsi untuk melewatkan frekuensi yang diharapkan saja. Filter yang digunakan disini biasanya merupakan filter jenis bandpass filter yang akan menagkal frekuensi rendah dan frekuensi tinggi yang tidak diharapkan pada

keluarannya. Inverter mode saklar adalah rangkaian utama dari system yang berfungsi untuk membalikkan tegangan searah menjadi tegangan bolakbalik. Disebut mode saklar karena alat ini bekerja dengan menggunakan teknik penyaklaran *switching*.

Keluaran dari inverter mode saklar ini masih berupa pulsa-pulsa berfrekuensi tinggi *frekuensi switching*. Sedangkan rangkaian control berfungsi untuk mengendalikan proses penyaklaran *switching* yang terjadi pada *inverter mode* saklar. Pengendalian ini akan menentukan bentuk gelombang, amplitude gelombang, serta frekuensi gelombang keluaran pada system secara keseluruhan. Pada gambar ini adalah bentuk dari inverter.



Gambar 2. 5 Inverter
(Sumber : Rusman)

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan *inverter*, yaitu :

1. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih *inverter* yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal
2. Input DC 12 V atau 24 V.
3. *Sinewave* ataupun *square wave output AC. True sine wave inverter*

Diperlukan terutama untuk beban-beban yang masih menggunakan motor agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak cepat panas. Oleh karena itu dari sisi harga maka *true sine wave inverter* adalah yang paling mahal diantara yang lainnya karena dialah yang paling mendekati bentuk gelombang asli dari jaringan listrik PLN. Sedangkan pada *square wave inverter* beban-beban listrik yang menggunakan kumparan/motor tidak dapat bekerja sama sekali.

2.5 Charger Controller

Charge Controller atau biasa juga disebut dengan Regulator baterai adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari modul surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari *full discharge* dan *overloading* serta memonitor suhu baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. *Regulator* baterai dilengkapi dengan *diode protection* yang menghindarkan arus DC dari baterai agar tidak masuk ke panel surya lagi.

Fungsi dari *charge controller* antara lain:



Gambar 2. 6 Solar charge controller
(Sumber : Rusman)

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*. Apabila baterai dalam keadaan kondisi sudah terisi penuh maka listrik yang disuplai dari modul surya tidak akan dimasukan lagi pada baterai dan sebaliknya juga jika keadaan kondisi baterai sudah kurang dari 30% maka *charge controller* tersebut akan mengisi kembali baterai sampai penuh. Proses pengisian baterai dan modul surya tersebut melalui *charge controller* akan terus berulang secara otomatis *smart charging* selama energi surya masih cukup untuk bias diproses oleh modul surya selama matahari terang benderang. *Charge controller* juga berfungsi melindungi baterai ketika sedang mengalami proses pengisian dari modul surya untuk menghindari arus berlebih dari proses pengisian tersebut, yang akan menyebabkan kerusakan pada baterai.

2. Mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *overloading*.
3. *Monitoring* temperatur baterai *Charge controller* biasanya terdiri dari satu input dua terminal yang terhubung dengan output panel sel surya, satu output dua terminal yang terhubung dengan baterai/aki dan satu output dua terminal yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel surya karena biasanya ada diode proteksi yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

Berikut ini Hal – hal yang harus diperhatikan pada *Charge Controller* yaitu :

2.5.1 Charging Mode

Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai penuh. Pada charging mode umumnya baterai diisi dengan metoda three stage charger :

1. Fase bulk: baterai akan di *charge* sesuai dengan tegangan *setup* bulk antara 14,4 – 14,6 volt dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup* (bulk) dimulailah fase *absortion*.
2. Fase *absortion*: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar *charger controller timer* umumnya satu jam tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.
3. Fase float : baterai akan dijaga pada tegangan float setting umumnya 13,4 – 13,7 volt. Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya pada *stage* ini.

2.5.2 Operation Mode

Penggunaan baterai ke beban pelayanan baterai ke beban diputus atau baterai sudah mulai kosong. Apabila penggunaan baterai berlebih ataupun over discharge . maka baterai akan dilepas dari beban . Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.

Untuk solar *charger controller* yang dilengkapi dengan sensor temperature baterai. tegangan charging disesuaikan dengan temperature dari baterai dengan sensor ini didapatkan optimum dari charging dan juga optimum dari usia baterai. Apabila solar charger controller tidak memiliki sensor temperature baterai, maka tegangan *charging* perlu diatur, disesuaikan dengan temperature lingkungan dan jenis baterai.

Berikut adalah persamaan-persamaan yang berhubungan dengan *Charge*

Controller:

1. Lama pengisian aki

$$T\alpha = \frac{Ah}{A} \dots\dots\dots$$

Dimana :

$T\alpha$ = Lama nya pengisian arus (jam)

Ah = Besarnya kapasitas baterai (Ah)

A = Besarnya arus pengisian ke baterai (ampere)

2. Lama pengisian daya

$$Td = \frac{\text{daya Ah}}{\text{daya A}} \dots\dots\dots$$

Dimana :

Td = Lamanya pengisian daya (jam)

Daya Ah = Besarnya daya yang dapat dari perkalian Ah dengan besar tegangan baterai (watt hours)

Daya A = Besarnya daya yang di dapat dari perkalian A dengan besar tegangan baterai (A)

2.6 AKI / Baterai

Baterai pada PLTS berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk mengoperasikan beban. Beban dapat berupa lampu refrigerator atau peralatan elektronik dan peralatan lainnya yang membutuhkan listrik DC. *Accumulator* atau yang akrab disebut accu/aki adalah salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor. Selain berfungsi untuk menggerakkan motor starter, aki juga berperan sebagai penyimpan listrik dan sekaligus sebagai penstabil tegangan dan arus listrik kendaraan. Menurut Syam Hardi akumulator ini berasal dari bahasa asing yaitu: *accu (mulator) = baterij* (Belanda), *accumulator = storange battery* (Inggris), *akkumulator = bleibatterie* (Jerman). Pada umumnya semua bahasa-bahasa itu mempunyai satu arti yang dituju, yaitu “*acumulate*” atau *accumuleren*. Ini semua berarti menimbun, mengumpulkan atau menyimpan. Menurut Daryanto akumulator adalah baterai yang merupakan suatu sumber aliran yang paling populer yang dapat digunakan dimana-mana untuk keperluan yang beraneka ragam.

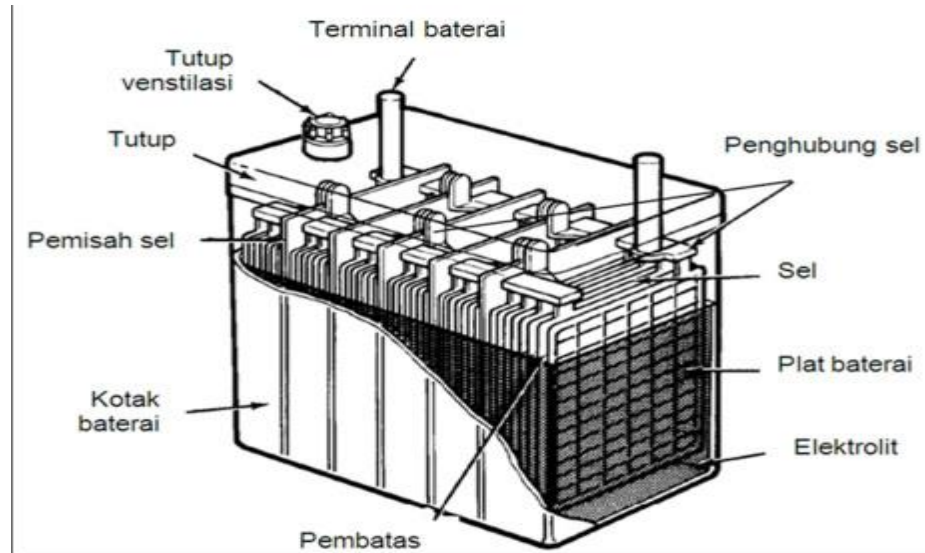
Akumulator dapat diartikan sebagai selistriak yang berlangsung proses elektrokimia secara bolak-balik *reversible* dengan nilai efisiensi yang tinggi. Disini terjadi proses pengubahan tenaga kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya tenaga listrik menjadi tenaga kimia dengan cara regenerasi dari elektroda yang

dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dengan arah yang berlawanan di dalam sel-sel yang ada dalam akumulator.

Saat pengisian tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga listrik di dalam akumulator dan disimpan di dalamnya. Sedangkan saat pengosongan, tenaga di dalam akumulator diubah lagi menjadi tenaga listrik yang digunakan untuk mencatu energi dari suatu peralatan listrik. Dengan adanya proses tersebut akumulator sering dikenal dengan elemen primer dan sekunder. Untuk dapat melihat lebih jelas berikut adalah salah satu bentuk dari accumulator. Pada baterai jenis ini larutan elektrolit tidak dapat ditambahkan sehingga tidak diperlukan perawatan baterai secara khusus. *Baterai* tidak seratus persen *efisien*, beberapa energi hilang seperti panas dari reaksi kimia, selama *charging* dan *discharging*. *Charging* adalah saat energi listrik diberikan kepada baterai, *Discharging* adalah pada saat energi listrik diambil dari baterai. *Satu cycle* adalah *charging* dan *discharging*. Dalam sistem *solar cell*, satu hari dapat merupakan contoh *satu cycle* baterai (sepanjang hari *charging*, malam digunakan/ *discharging*)[10].

2.6.1 Konstruksi Baterai

Konstruksi baterai digambarkan dengan ilustrasi pada gambar bagian-bagian baterai Berikut adalah penjelasan dari tiap-tiap bagian baterai

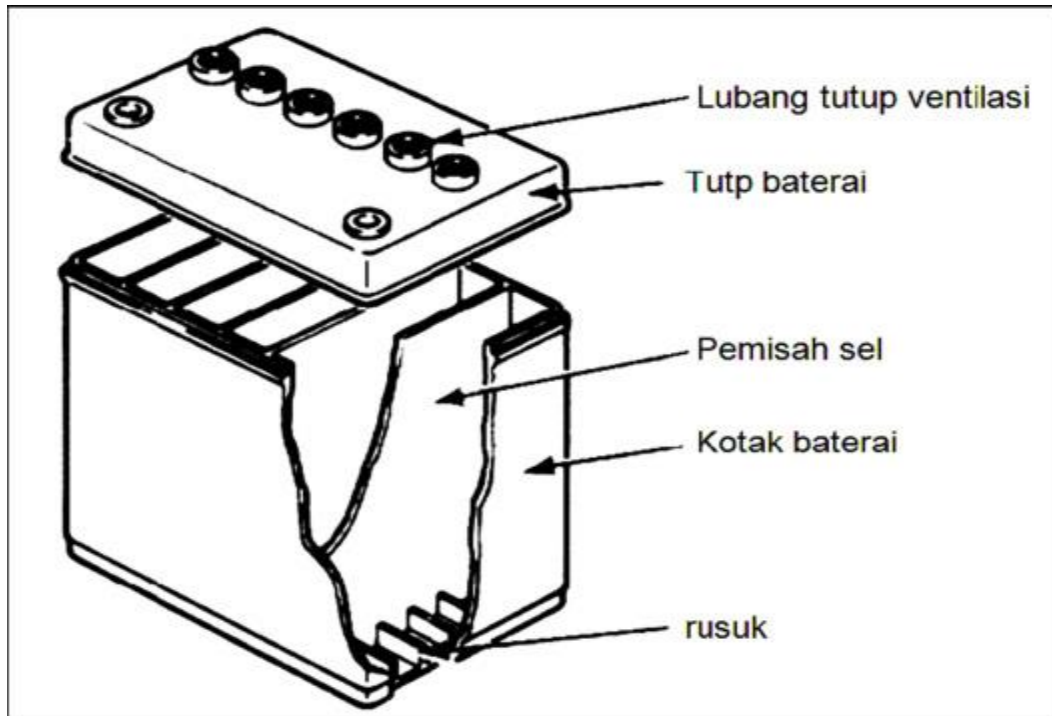


Gambar 2. 7 Konstruksi Baterai

(sumber : khamarruzaman ali)

a. Kotak Baterai.

Bagian ini berfungsi sebagai penampung dan pelindung bagi semua komponen baterai yang ada di dalamnya, dan memberikan ruang untuk endapan-endapan baterai pada bagian bawah. Bahan kotak baterai ini biasanya transparan untuk mempermudah pengecekan ketinggian larutan elektrolit pada baterai.



Gambar 2. 8 Kotak Baterai
(sumber : khamarruzaman ali)

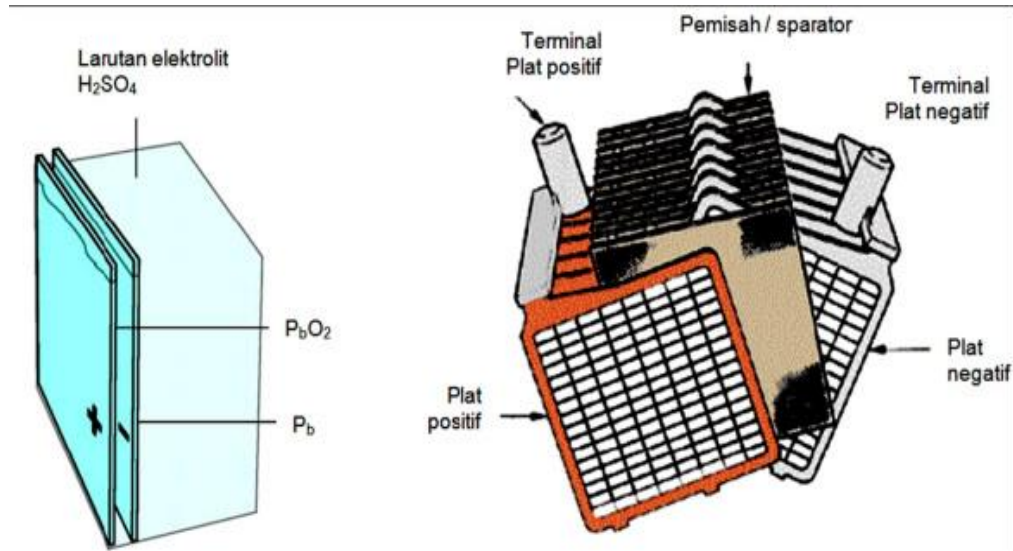
b. Tutup Baterai

Bagian ini secara permanen menutup bagian atas baterai Gambar Kotak dan tutup baterai, tempat kedudukan terminal-terminal baterai, lubang ventilasi, dan untuk perawatan baterai seperti pengecekan larutan elektrolit atau penambahan air.

c. Plat Baterai

Plat positif dan plat negatif mempunyai grid yang terbuat dari antimoni dan paduan timah. Plat positif terbuat dari bahan antimoni yang dilapisi dengan lapisan aktif oksida timah *lead dioxide*, PbO_2 yang berwarna coklat dan plat negatif terbuat dari *sponge lead* yang berwarna abu-abu. Jumlah dan ukuran plat mempengaruhi kemampuan baterai mengalirkan arus.

Baterai yang mempunyai plat yang besar atau banyak dapat menghasilkan arus yang lebih besar dibanding baterai dengan ukuran plat yang kecil atau jumlahnya lebih sedikit.



Gambar 2. 9 Plat positif dan negatif baterai dalam satu sel
(sumber : khamarruzaman ali)

Beberapa macam bahan yang banyak digunakan untuk plat baterai di antaranya adalah antimoni timah *lead antimony*, kalsium timah *lead calcium*, rekombinasi *gel cell*. Macam-macam bahan plat baterai dan elektrolit yang digunakan akan menghasilkan karakteristik baterai yang berbeda. Bahan plat antimoni timah banyak digunakan pada baterai asam timah *lead acid* pada umumnya.

Keuntungan baterai ini adalah :

1. Umur servis yang lebih panjang di banding baterei kalsium.
2. Lebih mudah di charge atau di isi ulang pada saat baterai benar benar sudah kosong dan harga nya lebih murah.

Baterai yang menggunakan plat berbahan kalsium timah adalah baterai asam timah bebas perawatan *maintanance free lead acid battery*. Keuntungan baterai tipe ini adalah :

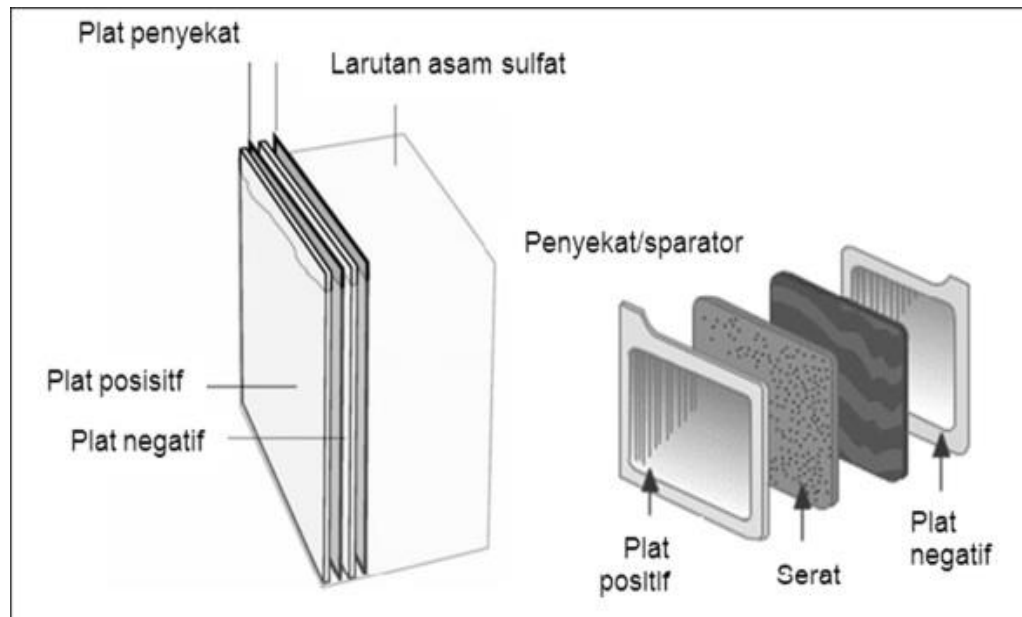
1. Tempat cadangan elektrolit di atas plat baterai lebih besar.
2. Kemampuan menghasilkan arus untuk starter dingin *cold cranking amper rating* lebih tinggi.

Baterai dengan gel cell merupakan baterai asam timah yang rapat yang bahan elektrolitnya berupa gel yang lebih padat dibanding cairan baterai lainnya. Keuntungan tipe ini adalah :

1. Tidak ada cairan elektrolit yang dapat menyebabkan kebocoran
2. Dapat bertahan beberapa lama dalam keadaan baterai kosong habis sama sekali discharged tanpa mengalami kerusakan *deep cycled*.
3. Bebas karat dan perawatan
4. Umur pakai tiga kali atau empat kali lebih panjang dibanding baterai biasa
5. Jumlah plat yang lebih banyak dengan jarak yang rapat berdekatan sehingga ukuran baterai lebih kecil.

d. Separator atau Penyekat

Penyekat yang berpori ini ditempatkan di antara plat positif dan plat negatif. Pori-pori yang terdapat pada penyekat tersebut memungkinkan larutan elektrolit melewatinya. Bagian ini juga berfungsi mencegah hubungan singkat antar plat.



Gambar 2. 10 Penyekat atau sparator di antara plat baterai
(sumber : khamarruzaman ali)

Harus cukup kuat, tidak mudah berkarat oleh elektrolit, dan tidak menimbulkan bahaya terhadap elektroda. Separator disisipkan diantara pelat positif dan negatif untuk mencegah agar tidak terjadi hubungan singkat antara kedua plat tersebut. Apabila pelat mengalami hubung singkat karena kerusakan separator, maka energi yang dihasilkan akan bocor. Bahan yang dipakai untuk separator adalah resin fiber yang diperkuat, karet atau plastik. Permukaan separator yang berpori menghadap ke plat positif untuk melindungi karat dari plat positif agar tidak berhamburan.

e. Sel

Satu unit plat positif dan plat negatif yang dibatasi oleh penyekat di antara kedua plat positif dan negatif disebut dengan sel atau elemen. Sel-sel baterai dihubungkan secara seri satu dengan lainnya, sehingga jumlah sel baterai akan menentukan besarnya tegangan baterai yang di hasilkan. Satu buah sel di dalam

baterai menghasilkan tegangan kira-kira sebesar 2,1 volt, sehingga untuk baterai 12 V akan mempunyai 6 sel.

f. Penghubung Sel

Merupakan plat logam yang dihubungkan dengan platplat baterai. Plat penghubung ini untuk setiap sel ada dua buah (lihat gambar sel baterai), yaitu untuk plat positif dan plat negatif. Penghubung sel pada plat positif dan negatif disambungkan secara seri untuk semua sel.

g. Pemisah Sel

Ini merupakan bagian dari kotak baterai yang memisahkan tiap sel (lihat gambar kotak dan tutup baterai).

h. Terminal Baterai

Ada dua terminal pada baterai, yaitu terminal positif dan terminal negatif yang terdapat pada bagian atas baterai. Saat terpasang pada kendaraan, terminal-terminal ini dihubungkan dengan kabel besar positif (ke terminal positif baterai) dan kabel massa (ke terminal negative baterai).

i. Tutup Ventilasi

Komponen ini terdapat pada baterai basah untuk menambah atau memeriksa air baterai. Lubang ventilasi berfungsi untuk membuang gas hidrogen yang dihasilkan saat terjadi proses pengisian.

2.6.2 Jenis Baterai

Baterai biasanya diklarifikasikan terhadap dua tipe, yakni baterai primer dan baterai sekunder. Baterai yang digunakan untuk pembangkit sel surya adalah baterai sekunder, artinya baterai yang dapat diisi dan dikosongkan secara berulang-ulang.

Pada umumnya baterai yang digunakan untuk pembangkit tenaga surya adalah baterai tembaga dan baterai nikel cadmium . Dalam pemakaian suatu pembangkit tenaga surya biaya untuk pengadaan baterai ini biasanya hampir 10% dari biaya totalnya.

Berikut ini jenis baterainya :

1. Aki *deep-cycle* jenis marine pada dasarnya digunakan untuk aplikasi yang kecil dan sederhana.
2. Aki *deep-cycle* jenis load acid adalah aki yang berkepingan internal yang tebal dan banyak digunakan oleh industri-industri berat.
3. Aki *sealed Gel* adalah aki *deep-cycle* yang tidak mengeluarkan gas ketika proses pengisian berlangsung . Aki ini cocok digunakan di dalam bangunan.
4. Aki *absorbed glass mat (AGM)* adalah aki anti bocor dan mempunyai kinerja yang sangat tinggi. Jenis aki ini boleh dikatakan adalah yang terbaik untuk diterapkan pada sistem surya industri-industri berat. misalnya: aki AGM terdapat di dalam pesawat terbang, rumah sakit dan dan sebagainya.

Hal-hal yang harus diperhatikan pada peralatan aki/baterai tersebut adalah :

a) Kapasitas

Satuan kapasitas suatu baterai adalah Amper hours (Ah). Biasanya informasi ini terdapat pada label suatu baterai, misalnya suatu baterai dengan kapasitas 100 Ah terisi penuh dengan arus 1 Amper selama seratus (100) jam. Waktu pengisian ini ditandai kode K 100 atau c 100 , pada temperature 25^o. Umumnya arus pengisian yang diizinkan maximum 1/10 dari kapasitasnya. Oleh karena itu waktu pengisian yang baik tidak kurang dari 10 jam dan dalam kenyataannya dengan waktu tersebut dengan pengisian baru mencapai 80 %.

b) Kepadatan Energi

Pada pemakaian tertentu (model pesawat, mobil surya dan sebagainya) kepadatan energi sangat penting. Nilainya terletak pada 30 Wh/kg untuk $c/10$ dan temperature 250 c.

c) Penerimaan arus pengisian yang sangat kecil

Baterai harus dapat di isi dengan arus pengisian yang agak kecil (pada cuaca yang jelek sekalipun), sehingga tidak ada energi surya yang terbuang begitu saja.

d) Efisiensi Ah (Ah)

Baterai menyimpan dalam jumlah Amper-jam , dengan suatu efesiensi Ah (Ah) dibawah 100% (biasanya 90%). Efesiensi ini disebut juga dengan istilah "*coulombscher*".

e) Efisiensi Wh (Wh)

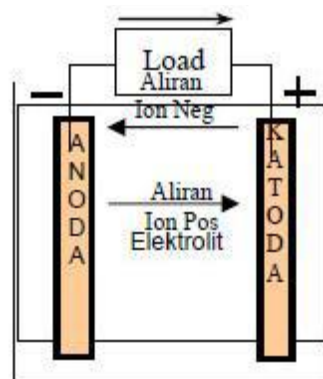
Efesiensi Wh adalah perbandingan energi yang ada dan yang dapat dikeluarkan. efesiensi Wh selalu lebih rendah dari efesiensi Wh dan biasanya lebih kurang 80%. Hal-Hal yang perlu mendapatkan perhatian dalam memiliki suatu baterai adalah:

1. Tegangan yang dipersyaratkan.
2. Jadwal waktu pengoperasian.
3. Satu pengoperasian.
4. Arus di persyaratkan.
5. Kapasitas (Amper jam = Ah).

2.6.3 Prinsip Kerja AKI

1. Proses pengosongan (*discharge*)

Pada sel berlangsung menurut gambar. jika sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban melalui beban katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda. Bentuk dari proses pengosongan baterai tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini. proses pengosongan aki :

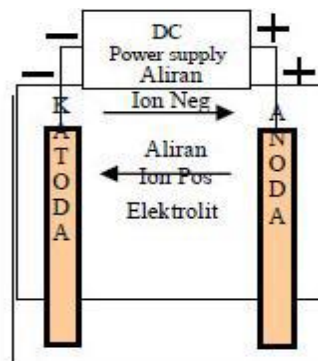


Gambar 2. 11 Proses pengosongan aki

(Sumber : Khamarruzaman Ali)

2. Proses pengisian

Apabila sel dihubungkan dengan *powersupply* maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi



Gambar 2. 12 Proses pengisian aki

(Sumber : Khamarruzaman Ali)

2.7 Parameter Sel Surya

Dalam masa operasi maksimal sel surya juga dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu diantaranya :

a. *Ambient air temperature* (suhu)

Photovoltaic dapat bekerja maksimal apabila suhunya masih berada pada batas normal yaitu sebesar 25 derajat celcius. Namun, apabila suhunya lebih besar dari suhu normal, maka akan menurunkan nilai tegangan yang diproduksi karena setiap kenaikan suhu sebesar 1 derajat celcius dari 25 derajat, maka akan mengurangi nilai tegangan berkisar 0,4 % dari keseluruhan energi yang diproduksi 8 atau akan menurun 2 kali lipat yang digunakan untuk menaikkan suhunya setiap 10 derajat celcius[11].

b. Radiasi matahari

Radiasi matahari yang tertangkap di bumi dan berbagai lokasi bervariasi akan sangat tergantung terhadap kondisi spektrum cahaya matahari yang tertangkap di bumi. Intensitas radiasi matahari akan sangat berpengaruh terhadap arus dan sedikit pada tegangan yaitu apabila nilai intensitas radiasi matahari yang diserap oleh *photovoltaic* semakin rendah, maka arusnya pun akan semakin rendah pula[12]. Dengan hal tersebut dapat menentukan titik *Maximum Power Point* dalam kondisi yang berada pada titik yang semakin rendah juga.

c. Orientasi sel surya (*array*)

Orientasi sel surya sangatlah penting karena dari *photovoltaic (array)* yang dirangkai menghadap ke arah datangnya cahaya matahari secara optimal dapat membuat sel surya menghasilkan energi yang maksimal. Dan apabila bidang sel surya tidak dapat mempertahankan ketegak lurusannya dengan cahaya matahari,

maka diperlukan penambahan luas pada bidang panel surya karena perlu diketahui bahwa bidang panel surya terhadap sinar matahari akan berubah setiap jamnya dalam sehari.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Adapun penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jln. Kapten Muchtar Basri no. 3 Medan. Waktu pengambilan data (riset) berlangsung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Solar cell

Fungsi *solar cell* ialah dapat menangkap energi cahaya matahari lalu dijadikan sebagai energi listrik. Dengan adanya solar cell ini maka bisa lebih efektif dalam menghemat pengeluaran untuk membayar tarif listrik. Hal ini dikarenakan *Solar Cell* menangkap energi dari matahari langsung yang tidak perlu membayarnya terlebih dahulu untuk bisa memperoleh sumber energi dari cahaya matahari tersebut. Sel surya yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

Peak Power (Pmax) : 50 WP

Power Tolerance : 0-3%

Voltage (Vmp) : 17.5 V

Current (Imp) : 2.85 A

Open Circuit Voltage : 19.5 V

Short Circuit Current : 3.05 A

Max. System Voltage : 1000 VOC

3.2.2 *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur over charging (kelebihan pengisian – karena baterai sudah penuh) dan kelebihan *voltase* dari panel surya/solar cell[13]. Kelebihan *voltase* dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar *charge controller* menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya/solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Solar *Charge Controller* yang digunakan pada penelitian ini adalah :

Merk : ELNICPRO

Model : PV2410U

Rated Voltage : 12 V/24 V

Usb Output : 5 V 1.0 A

Rated Current : 10 A

3.2.3 **Baterai**

Baterai atau aki pada mobil berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem stater, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen kelistrikan lainnya.

3.2.4 **Reflector**

Reflektor berfungsi sebagai alat yang memantulkan cahaya, suara atau radiasi elektro-magnetis. Sebuah reflektor yang memantulkan cahaya terdiri dari beberapa benda mirip cermin yang ditata menurut beberapa sudut tertentu.

Karakteristik dasar sebuah reflektor parabola sempurna adalah reflektor tersebut mengubah gelombang yang berbentuk bola menyinari dari sumber titik ditempatkan di fokus menjadi gelombang planar. Sebaliknya, seluruh energi yang diterima oleh piringan parabola dari sumber yang jauh dipantulkan sampai ke satu titik pada fokus parabola.



Gambar 3. 1 Reflector
(sumber:bhphotovideo.com)

3.2.5 Amperemeter

Amperemeter ialah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik baik untuk arus DC maupun AC yang terdapat dalam rangkaian tertutup. Amperemeter bisa dipasang berderet dengan elemen listrik. Jika Anda akan mengukur arus yang mengalir pada sebuah penghantar dengan memakai amperemeter maka wajib Anda pasang secara seri dengan cara memotong penghantar agar arus mengalir melalui amperemeter.

3.2.6 Multimeter (multitester)

Multimeter adalah alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan *resistansi*. Itu adalah pengertian multimeter secara umum, sedangkan pada perkembangannya multimeter masih bisa digunakan untuk

beberapa fungsi seperti mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya[14]. Ada juga orang yang menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, mungkin maksudnya A (ampere), V (volt), dan O (Ohm).

3.2.7 Cermin

Cermin merupakan benda yang dapat memantulkan cahaya, dengan permukaan yang licin dan dapat menciptakan pantulan bayangan benda dengan sempurna[15]. Sedangkan cermin datar ialah cermin yang mempunyai bidang pantul berupa bidang datar. Sifat-sifat bayangan pada cermin datar, antara lain :

1. Jarak bayangan pada cermin sama dengan jarak benda pada cermin.
2. Bayangan bersifat maya.
3. Ukuran bayangan yang terbentuk sama dengan ukuran benda.
4. Bayangan bersifat simetris (berlawanan) dengan benda.
5. Bayangan yang terbentuk sama persis dengan benda bentuk bendanya.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai pertama kali dengan merumuskan masalah yang akan diuji dalam penelitian, dilanjutkan dengan studi kepustakaan untuk mendukung dan sebagai landasan pelaksanaan penelitian.

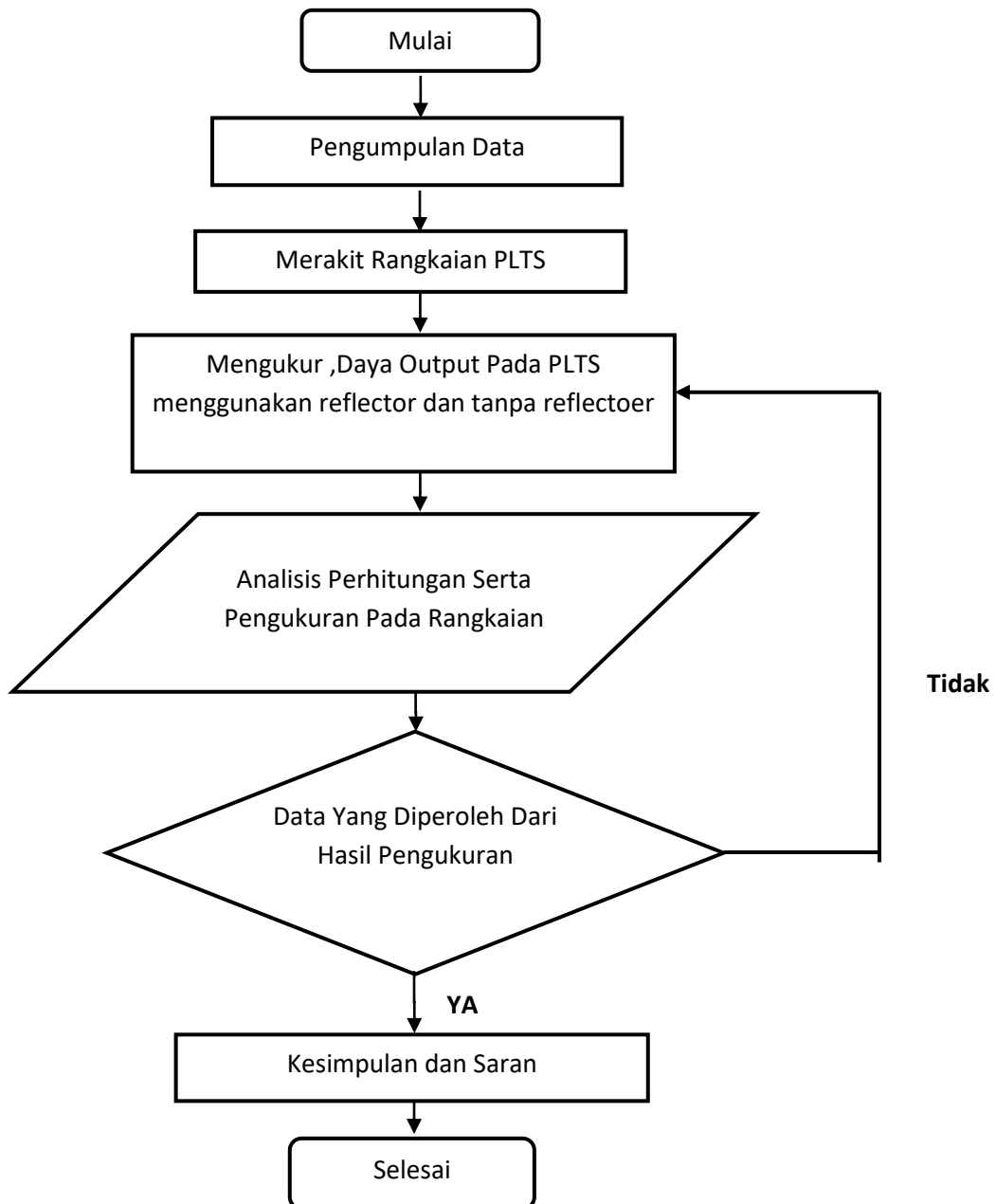
Jalannya penelitian dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Merancang rangkaian percobaan penelitian yaitu pembangkit listrik tenaga surya dan meletakkan diluar ruangan agar terkena cahaya matahari secara langsung.
2. Mengamati secara langsung (*observasi*) proses penelitian saat alat mulai bekerja.

3. Mengumpulkan data hasil penelitian yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya dengan rotasi dinamis dan yang tidak menggunakan rotasi dinamis.
4. Melakukan perhitungan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh energi matahari melalui panel surya dalam waktu 7 jam yang dikelompokkan dalam beberapa bagian waktu yaitu pada pukul 09.00 WIB, 11.00 WIB, 13.00 WIB, 15.00 WIB.
5. Menghitung keluaran daya energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan reflector dan tanpa menggunakan reflector.

3.4 Diagram Alir

Prosedur penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Flowchart Penyusunan Tugas Akhir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian arus dan Tegangan

Pengujian arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga surya yang menggunakan reflector dan tidak menggunakan reflector adalah untuk mengetahui daya keluaran yang di hasilkan oleh sel surya.

Pengujian dilakukan dalam waktu tiga hari dan dilakukan pengambilan data setiap dua jam sekali. Dengan cara menggunakan reflector diharapkan akan dapat meningkatkan daya yang di hasilkan oleh sel surya.

Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Arus Dan Tegangan Pada Panel Surya
Menggunakan Reflektor

Adapun hasil pengujian arus dan tegangan pada panel surya adalah sebagai berikut:

Kondisi Cuaca	Waktu Pengujian	Sudut	Suhu	V Sel Surya (Volt)	I Sel Surya (Ampere)	P Sel Surya (Watt)
Hari Pertama / Terik	09.00	$\angle 90^{\circ}$	39°C	17,00	1,58	26,86
	11.00		41°C	18,76	1,80	33,76
	13.00		48°C	19,95	1,93	38,50
	15.00		38 °C	16,49	1,72	28,36
Hari Kedua/ Berawan	09.00	$\angle 90^{\circ}$	40°C	18,32	1,73	31,69
	11.00		41°C	19,02	1,75	33,28
	13.00		41°C	18,52	1,78	32,96
	15.00		37°C	15,85	1,74	27,57
Hari Ketiga/ Terik	09.00	$\angle 90^{\circ}$	41°C	19,05	1,30	24,76
	11.00		41°C	19,07	1,80	34,32
	13.00		40°C	18,01	1,20	21,61
	15.00		41°C	18,50	1,22	22,57

4.1.1 Nilai Rata-Rata Arus Dan Tegangan Pada PLTS Menggunakan Reflektor

$$\text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} = \frac{V_{\text{total}}}{12}$$

$$= \frac{218,54}{12}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 18,21 \text{ V}$$

$$\text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} = \frac{I_{\text{total}}}{12}$$

$$= \frac{19,5}{12}$$

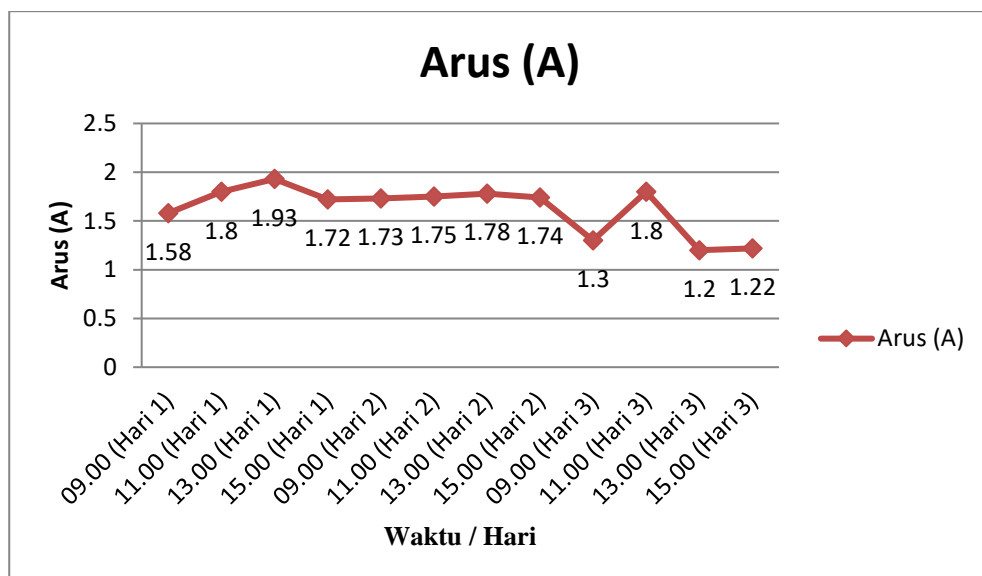
$$I_{\text{rata-rata}} = 1,62 \text{ A}$$

Daya

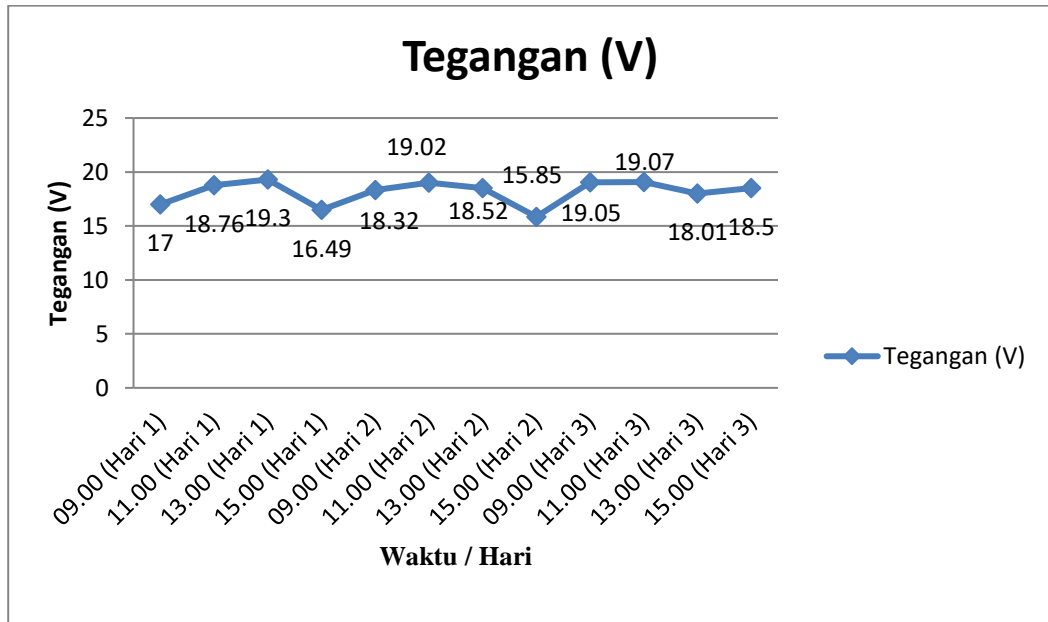
$$P = V \times I$$

$$= 19,95 \times 1,93$$

$$= 38.50 \text{ watt}$$



Gambar 4. 1 Grafik Arus Keluaran Pada PLTS Dengan Menggunakan Reflektor



Gambar 4. 2 Grafik Tegangan Keluaran Pada PLTS Dengan Menggunakan Reflektor

4.2 Data Hasil Pengujian Arus dan Tegangan Pada Panel Surya Tanpa Reflektor

Pengujian dilakukan dalam waktu tiga hari dan dilakukan pengambilan data setiap dua jam sekali. Pengujian ini menggunakan sumber energy yang dihasilkan panel surya.

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Arus Dan Tegangan Pada Panel Surya Tanpa Reflektor

Hari / Kondisi Cuaca	Waktu Pengujian	Sudut	Suhu	V Sel Surya (Volt)	I Sel Surya (Ampere)	P Sel Surya (Watt)
Hari Pertama / Terik	09.00	$\angle 90^\circ$	39 ^o C	16,81	1,28	21,51
	11.00		41 ^o C	18,82	1,74	32,74
	13.00		48 ^o C	19,91	1,88	37,43
	15.00		38 ^o C	16,50	1,67	27,55
Hari Kedua/ Berawan	09.00	$\angle 90^\circ$	40 ^o C	17,57	1,67	29,34
	11.00		41 ^o C	18,60	1,70	31,62
	13.00		41 ^o C	18,45	1,76	32,47
	15.00		37 ^o C	15,79	1,49	23,52
Hari Ketiga/ Terik	09.00	$\angle 90^\circ$	41 ^o C	18,40	1,27	23,36
	11.00		41 ^o C	18,62	1,73	32,21
	13.00		40 ^o C	17,46	1,12	19,55
	15.00		41 ^o C	18,32	1,15	21,06

4.2.1 Nilai Rata-Rata Arus Dan Tegangan Pada PLTS Tanpa Reflektor

$$\text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} = \frac{V_{\text{total}}}{12}$$

$$= \frac{215,25}{12}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 17,93 \text{ V}$$

$$\text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} = \frac{I_{\text{total}}}{12}$$

$$= \frac{18,46}{12}$$

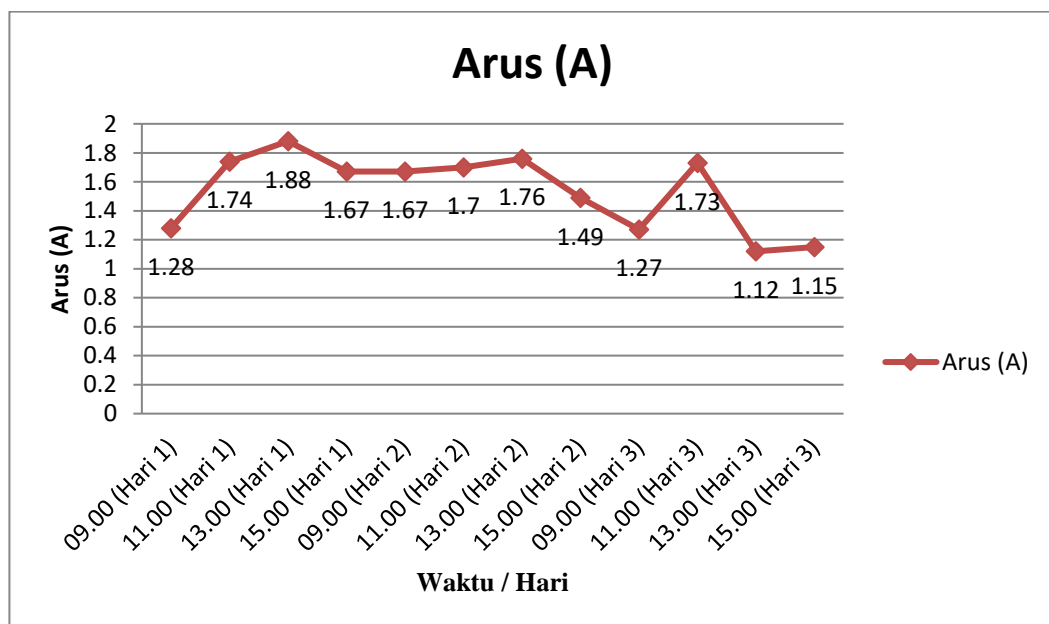
$$I_{\text{rata-rata}} = 1,53 \text{ A}$$

Daya

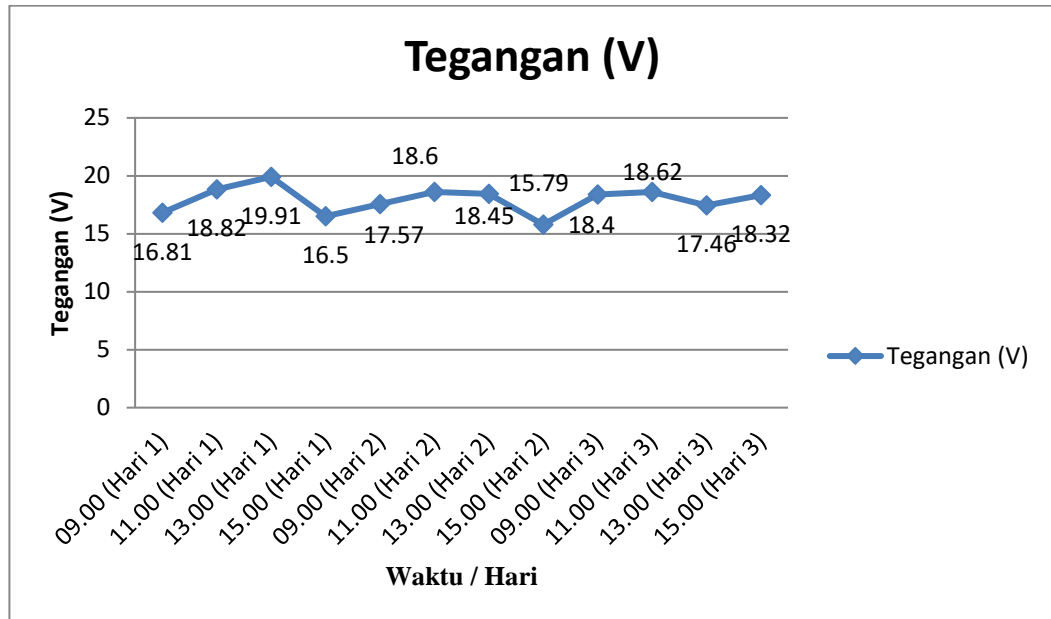
$$P = V \times I$$

$$= 19,91 \times 1,88$$

$$= 37,43 \text{ watt}$$

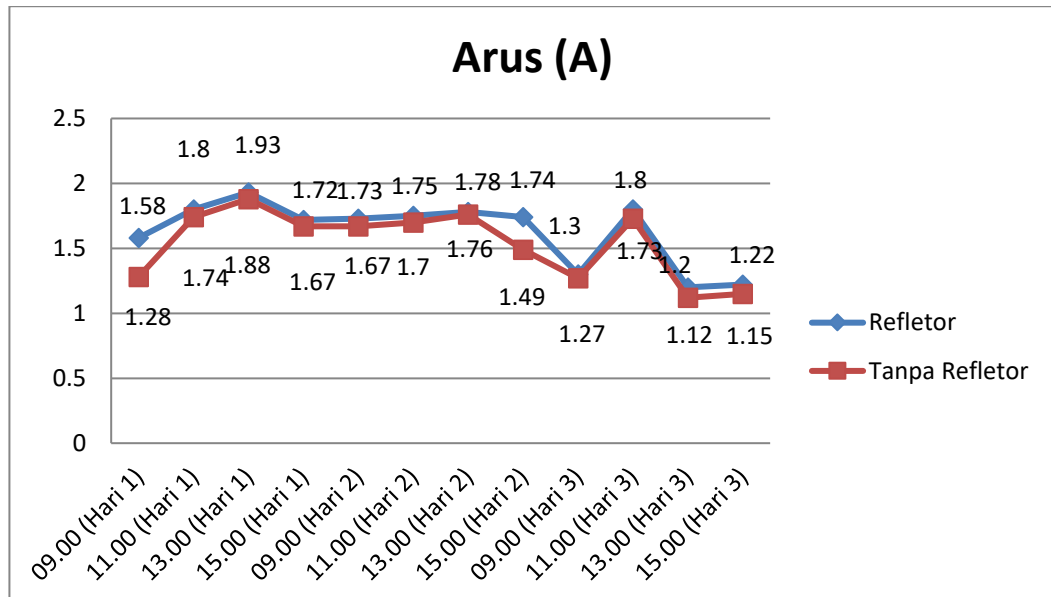


Gambar 4. 3 Grafik Arus Keluaran Pada PLTS Tanpa Reflektor

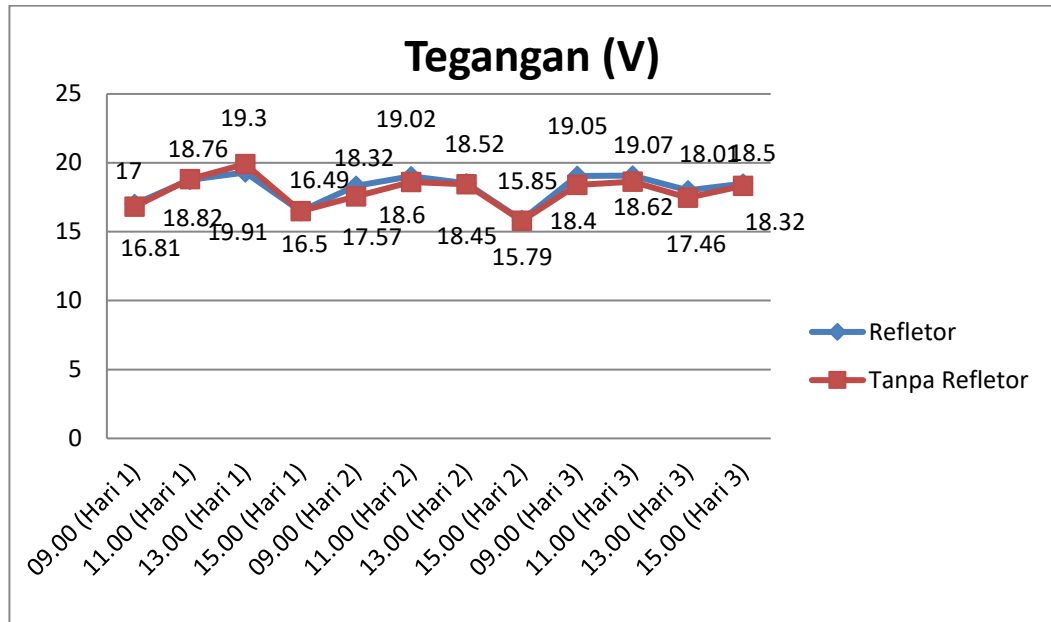


Gambar 4. 4 Grafik Tegangan Keluaran Pada PLTS Tanpa Reflektor

4.3 Grafik hasil perbandingan arus dan tegangan menggunakan reflector dan tanpa reflector



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Arus Keluaran Pada PLTS Yang menggunakan Reflektor dan tanpa Reflektor.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan Tegangan Keluaran Pada PLTS Yang menggunakan Reflektor dan tanpa Reflektor.

4.4 Data Penelitian Arus Dan Tegangan Pada Baterai

Tabel 4.3 Data Hasil Penelitian Pada Baterai yang menggunakan reflektor dan tanpa reflector

Waktu		Menggunakan Reflektor		Tanpa Menggunakan Reflektor	
Hari / Kondisi Cuaca	Waktu Pengujian	V Baterai (Volt)	I Baterai (Ampere)	V Baterai (Volt)	I Baterai (Ampere)
Hari Pertama / Terik	09.00	13,47	1,50	13.37	1.42
	11.00	13,58	1,60	13.51	1.56
	13.00	13,70	1,85	13.67	1.79
	15.00	13,43	1,47	13.32	1.40
Hari Kedua/ Berawan	09.00	13,50	1,55	13.45	1.51
	11.00	13,57	1,59	13.53	1.53
	13.00	13,58	1,60	13.54	1.55
	15.00	13,40	1,44	13.41	1.40
Hari Ketiga/ Terik	09.00	13,58	1,60	13.53	1.56
	11.00	13,59	1,61	13.54	1.58
	13.00	13,51	1,53	13.47	1.49
	15.00	13,57	1,58	13.52	1.56

4.4.1 Nilai selisih daya output dan input menggunakan reflector

1. Nilai efisiensi pada hari pertama pukul 09.00

$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{20.2}{26.86} \times 100\%$$

$$\eta = 75.2$$

2. Nilai efisiensi pada hari kedua pukul 13.00

$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{25.3}{38.50} \times 100\%$$

$$\eta = 65.7$$

4.4.2 Nilai selisih daya output dan input tanpa menggunakan reflector

1. Nilai efisiensi pada hari pertama pukul 09.00

$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{18.9}{21.51} \times 100\%$$

$$\eta = 87.8$$

2. Nilai efisiensi pada hari kedua pukul 13.00

$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{24.4}{37.43} \times 100\%$$

$$\eta = 65.1$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada halaman sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Daya output yang di hasilkan pada plts tanpa menggunakan reflector pada jam 13.00 wib adalah 37.42 watt dan menggunakan reflector bisa mencapai 38.50 watt ini menunjukkan bahwasannya daya output yang di hasilkan menggunakan reflector lebih besar di bandingkan tanpa menggunakan reflector.
2. Perbandingan selisih Daya output yang di hasilkan pada penelitian kali ini terlihat sangat jelas pada data yang di tuangkan pada bab IV. Temperature permukaan panel surya sangat berpengaruh terhadap yang di hasilkan. Dimana semakin rendah suhu permukaan panel maka efisiensi akan semakin meningkat begitu sebaliknya semakin tinggi suhu permukaan panel maka efisiensi semakin menurun.

5.2 Saran

Untuk pengembangan tugas akhir ini dapat di kaji lebih rinci lagi tentang reflector yang di gunakan selain reflector cermin agar mengetahui hasil reflector mana yang lebih efisien di banding kan reflector menggunakan kaca cermin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Teknik and E. Fakultas, “Analisis pengaruh penambahan reflector terhadap tegangan keluaran modul solar cell publikasi ilmiah,” 2016.
- [2] M. Jurusan *et al.*, “Analisis Perbandingan Output Daya Listrik Panel Surya Sistem Tracking Dengan Solar Reflector”
- [3] S. Ilyas *et al.*, “Peningkatan Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Reflektor Parabola,” vol. 14, pp. 67–80, 2017.
- [4] A. E. Febtiwiyanti and S. Sidopekso, “Studi Peningkatan Output Modul Surya dengan menggunakan Reflektor,” *J. Fis. dan Apl.*, vol. 6, no. 2, p. 100202, 2016.
- [5] R. A. Nugroho and M. Facta, “Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflector),” *Transient*, vol. 3, no. 3, pp. 409–411, 2014.
- [6] M. Sucipta, F. Ahmad, and K. Astawa, “Analisis Performa Modul Solar Cell Dengan Penambahan Reflector Cermin Datar,” no. Snttm Xiv, pp. 7–8, 2015.
- [7] “Plts Sebagai Salah Satu Energi Alternatif Soehardi,” no. 71.
- [8] Rusman, “Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell,” *Turbo*, vol. 4, no. 2, p. 84, 2015.
- [9] K. Ali, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik Pada Shelter Di Masjid Muhajirin Pasir Putih Tabing Padang,” 2016.
- [10] M. Irwansyah, D. Istardi, and M. Sc, “Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel,” vol. 5, no. 1, pp. 85–90, 2013.

- [11] “Karakterisasi Panel Surya Model Sr-156p-100 Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
- [12] D. F. Alifyanti, J. M. Tambunan, J. T. Elektro, and J. T. Elektro, “(1) 2) 1) 2),” vol. 1, no. 1, pp. 79–95.
- [13] A. T. Soelistio, “Paper Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).”
- [14] S. Yuliananda, G. Sarya, F. Teknik, and F. Teknik, “Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya,” vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.
- [15] V. Yumanda, “Pengaruh Penggunaan Cermin Datar dalam Ruang Tertutup pada Sel Surya Silikon,” vol. 1, no. 3, pp. 1–4, 2010.