

TUGAS AKHIR

ANALISIS KARAKTERISTIK SOLAR SEL TERHUBUNG SERI MENGGUNAKAN INVERTER 12 V DC -220 V AC PADA LAMPU PIJAR DAN LAMPU HEMAT ENERGI

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

ADE WIRANATA SUSANTO
NPM : 1407220001



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

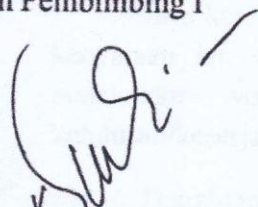
Nama : Ade Wiranata Susanto
NPM : 1407220001
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : ANALISIS KARAKTERISTIK SOLAR SEL
TERHUBUNG SERI MENGGUNAKAN INVERTER
12 V DC-220V AC PADA LAMPU PIJAR DAN
LAMPU HEMAT ENERGI

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, 11 Oktober 2019

Mengetahui dan menyetujui :

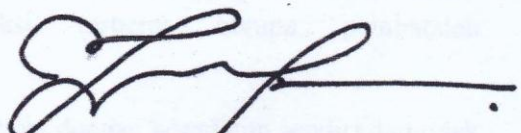
Dosen Pembimbing I



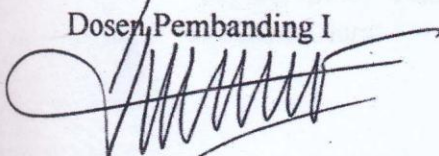
Noorly Evalina. ST., MT

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I

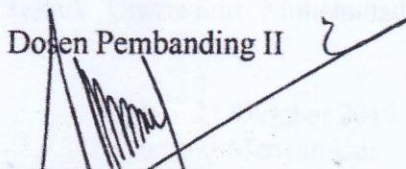


Partaonan Harahap. ST., MT



Zulfikar. ST., MT

Dosen Pembimbing II



M. Adam. ST., MT

Program Studi Teknik Elektro



Dosen Pembimbing III



Faisa Yusan P, S.T, M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Ade Wiranata Susanto**

Npm : **1407220001**

Tempat/Tgl Lahir : **Medan, 28 Agustus 1996**

Fakultas : **Teknik**

Program Studi : **Teknik Elektro**

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

“Analisis Karakteristik Solar Sel Terhubung Seri Menggunakan Inverter 12 VDC – 220 VAC Pada Beban Lampu Pijar dan Lampu Hemat Energi”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun 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 agar ketidaksesuaian antar fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses tim Fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun, demi integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Oktober 2019

Saya yang Menyatakan



Ade Wiranata Susanto

NPM: 1407220001

**ANALISIS KARAKTERISTIK SOLAR SEL TERHUBUNG SERI
MENGUNAKAN INVERTER 12 V DC -220 V AC PADA LAMPU PIJAR DAN
LAMPU HEMAT ENERGI**

Ade Wiranata Susanto⁽¹⁾, Noorly Evalina⁽²⁾, Partaonan Harahap⁽³⁾

S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar

Basri No.3 Glugur Darat II Medan

Adepuput4@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat, sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan di segala bidang. Untuk dapat memenuhi kebutuhan akan listrik yang semakin pesat tersebut, maka pemerintah terus meningkatkan program pembangunan prasarana dan sarana tenaga listrik untuk menjangkau wilayah-wilayah yang ada di Indonesia.

Dalam pembangunan sarana dan prasarana tenaga listrik masih belum merata sehingga masih banyak daerah-daerah terpencil yang belum merasakan penerangan listrik dari pembangkit listrik negara (PLN). Sehingga pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pun menjadi solusi terbaik dengan solar sel terhubung seri menggunakan inverter 12V DC - 220V AC. Jadi tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dengan perbedaan intensitas cahaya matahari.

Kata kunci ; Energi listrik, Solar Sel.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH.SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang 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 Pengujian Frekuensi Pada Osilator 100 Mhz (Aplikasi Pada Trainer Dasar Telekomunikasi)**”.

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. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Hadi Susanto) dan ibunda (Anita) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.

3. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ade Faisal S.T, M,T selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Umurani S.T, M,T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Ibu Noorly Evalina ST.MT , selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
9. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II dikampus yang selalu sabar membimbing dan memberikan pengarahan penulis dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini.
10. Bapak Zufikar S.T, M.T, selaku Dosen Penguji I dikampus yang telah masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
11. Bapak Muhammad Adam S.T, M.T . Dosen Penguji II yang memberikan arahan untuk penyelesaian tugas akhir ini.
12. Bapak , selaku pembimbing penelitian yang telah memberi banyak ilmu dan pengalaman yang sangat berarti buat saya.
13. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

14. Sege nap, kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa.
15. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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 sege nap 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.

Medan, 21 Oktober 2019

Penulis

Ade Wiranata Susanto

1407220001

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Pustaka Relevan	5
2.2 Sel Surya (<i>Solar Cell</i>).....	6
2.3 Semi Konduktor dan Sel Surya.....	7
2.4 Proses Konversi <i>Solar Cell</i>	9
2.5 Prinsip Kerja <i>Solar Cell</i>	13
2.6 Karakteristik <i>Solar Cell</i>	17
2.7 Faktor Pengisian dan Efisiensi <i>Solar Cell</i>	18
2.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penggunaan <i>Solar Cell</i>	20

2.9 Inverter	21
2.9.1 Prinsip Kerja Inverter	22
2.10 Lampu Hemat Energi (LHE) Dan Lampu Pijar	24
2.10.1 Lampu Hemat Energi	24
2.10.2 Lampu Pijar	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Metodologi Penelitian	26
3.2 Lokasi Penelitian	28
3.3 Jalannya Penelitian	28
3.4 Perlengkapan Yang Digunakan Dalam Penelitian	28
3.4.1 Lampu Hemat Energi	29
3.4.2 Lampu Pijar	30
3.5 Rangkaian Pemanfaatan Panel Surya	32
3.6 Diagram Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>)	34
BAB IV ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN	35
4.1 Analisa Karakteristik Solar Sel	35
4.2 Data Inverter 12 Vdc-220 Vac	41
4.3 Analisis Penggunaan Solar Sel	42
BAB V PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sel Surya (<i>Solar Cell</i>)	6
Gambar 2.2 Sirkuit Solar Sel	7
Gambar 2.3 Semikonduktor Jenis p dan n Sebelum Disambung.....	9
Gambar 2.4 Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor	9
Gambar 2.5 Hasil Muatan positif dan negatif pada Semikonduktor.....	10
Gambar 2.6 Timbulnya Medan Listrik Internal E	10
Gambar 2.7 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari.....	11
Gambar 2.8 Sambungan Semikonduktor Ditembur Cahaya Matahari	12
Gambar 2.9 Kabel Dari Sambungan Dihubungkan Ke Lampu	13
Gambar 2.10 Photovoltaic Silikon Elementer.....	16
Gambar 2.11 Karakteristik Solar Cell.....	18
Gambar 2.12 Kurva Arus Fungsi Tegang Solar Cell.....	18
Gambar 2.13 Jarak Matahari Dengan Bumi Setiap Tahunnya	21
Gambar 2.14 Inverter	22
Gambar 2.15 Skema rangkaian Inverter	22
Gambar 3.1 Sistem Blok Diagram Penelitian	26
Gambar 3.2 Rangkaian Simulasi Beban Lampu	29
Gambar 3.3 Editing Gambar Menggunakan Photoshop CS 6	29
Gambar 3.4 Panel Surya	30
Gambar 3.5 Soal Charge Controller 30A USB Slot PWM Panel Surya Solar ...	30
Gambar 3.6 Multimeter Kyoritsu.....	31
Gambar 3.7 Inverter 1000 Watt	31
Gambar 3.8 Rangkaian Osilator 100 Mhz	32
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian	34

Gambar 4.1 Grafik Beban Lampu Hemat Energi	36
Gambar 4.2 Grafik Daya Solar Sel	40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komponen Rangkaian Osilator 1000 Mhz	32
Tabel 4.1 Hasil Pembebanan Dengan Beban Lampu Hemat Energi	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Efek krisis energi di Indonesia masih sangat dirasakan oleh masyarakat Indonesia. Energi listrik menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat, sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan di segala bidang. Untuk dapat memenuhi kebutuhan akan listrik yang semakin pesat tersebut, maka pemerintah terus meningkatkan program pembangunan prasarana dan sarana tenaga listrik untuk menjangkau wilayah-wilayah yang ada di Indonesia. Akan tetapi, kondisi negara Indonesia adalah negara yang sangat luas dan terdiri dari beribu-ribu pulau dan dengan penyebaran penduduk yang tidak merata serta masih banyak daerah-daerah yang terpencil yang menjadikan kendala utama untuk melakukan pendistribusian pembangkit listrik ke setiap pelosok-pelosok negeri kita ini. Maka wajar kalau kita masih banyak menjumpai masyarakat di pedesaan, pesisir pantai dan daerah pegunungan yang belum merasakan penerangan listrik dan tidak terjangkau oleh pembangkit listrik negara (PLN) [1].

Oleh karena itu penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia dilokasi-lokasi tersebut merupakan solusi yang tepat. PLTS atau lebih dikenal dengan sel surya (*SelPhotovoltaic*) akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan yang relevan dan diberbagai tempat seperti perkantoran, pabrik,

perumahan, dan lainnya. Sehingga hal ini dipandang perlu untuk dikaji lebih lanjut, agar diperoleh kajian yang komprehensif secara teknik [2].

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas Matahari atau sol karena Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, dapat diartikan sebagai cahaya listrik. Sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan [3].

Oleh sebab itu, pada tugas akhir ini penulis akan membahas tentang “Analisis karakteristik solar cell terhubung seri menggunakan inverter 12 VDC – 220 VAC pada beban lampu pijar dan lampu hemat energi”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menganalisa karakteristik solar sellpada beban lampu pijar dan lampu hemat energi dengan rangkaian seri?
2. Bagaimana menganalisa daya solar sell dengan rangkaian seri?
3. Bagaimana cara kerja dari inverter 12VDC – 220VAC?
4. Bagaimana cara kerja solar sel dengan pembebanan lampu LED dan lampu pijar?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakteristik solar sell pada beban lampu pijar dan lampu hemat energi dengan rangkaian seri.
2. Untuk mengetahui menganalisa daya solar sell dengan rangkaian seri.
3. Untuk mengetahui cara kerja dari inverter 12VDC – 220VAC?
4. Untuk mengetahui cara kerja solar sel dengan pembebanan lampu LED dan lampu pijar?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah ini meliputi sebagai berikut :

1. Pembahasan hanya menganalisa solar sell dengan rangkaian seri.
2. Data yang dihasilkan merupakan data dari pengujian solar sell.
3. Data hasil penelitian adalah data yang digunakan dengan jangka waktu 3 hari.

1.5 Manfaat Penulisan

Mahasiswa mampu mengetahui seberapa karakteristik dan besar daya yang dihasilkan dengan data waktu 3 hari penelitian, dan mahasiswa mampu member gagasan positif tentang penelitian solar cell pada beban lampu pijar dengan rangkaian seri.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman, maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan Tugas Akhir, latar belakang, rumusan masalah, dan batasan masalah, manfaat penulisan, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang kasus Tugas Akhir, memuat tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan diteliti yaitu pengujian karakteristik solar cell.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan menerangkan mengenai lokasi dilaksanakannya penelitian, jenis penelitian, jadwal penelitian, jalannya penelitian, serta langkah-langkah pemecahan masalah.

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai analisa data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari seluruh hasil penelitian pengujian solar cell denganrangkaian seri untuk pembebanan lampu pijar dan lampu hemat energi dan juga saran-saran yang berhubungan dengan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin meningkat. Sangat diperlukan sumber energi alternatif terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini salah satunya menggunakan energi matahari (*Solar Energy*). Solar cell yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi solar cell merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. Solar cell banyak digunakan untuk berbagai aplikasi salah satunya pada lampu penerangan [4].

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi [5].

Seperti diketahui, tingkat efisiensi panel surya saat ini hanya mencapai jangkauan sekitar 5-16% dari total energi cahaya matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Bahkan untuk mendapatkan tingkat efisiensi yang tinggi (sekitar 16%) dibutuhkan panel surya berkualitas tinggi dan biaya investasi yang mahal. Hal ini membuat masyarakat semakin enggan menerapkan teknologi panel

surya sebagai salah satu sumber energi alternatif terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi listriknya sehari-hari [6].

2.2 Sel Surya (*Solar Cell*)

Sebelum membahas sistem pembangkit listrik tenaga surya, pertama-tama akan dijelaskan secara singkat komponen penting dalam sistem ini yang berfungsi sebagai perubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Listrik tenaga matahari dibangkitkan oleh komponen yang disebut sel surya (*solar cell*) yang besarnya sekitar 10-15 cm². Komponen ini mengkonversikan energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya (*solar cell*) merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semikonduktor, *multicrystalline silicon* adalah bahan yang paling banyak dipakai dalam industri solar cell. *Multicrystalline* dan *monocrystalline silicon* menghasilkan efisiensi yang relatif Pembangkit Listrik Tenaga Surya lebih tinggi daripada amorphous silicon. Sedangkan amorphous silicon dipakai karena biaya yang relatif lebih rendah. Untuk membuat modul surya secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul surya kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel surya diperlukan teknologi tinggi [7].



Gambar 2.1 Sel Surya (*Solar Cell*)

2.3 Semikonduktor dan Sel Surya

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik diantara sebuah konduktor dan isolator. Sel surya adalah suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip *photovoltaic*, adanya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) pada 1894. Efek ini dapat timbul terutama pada semikonduktor listrik yang memiliki konduktivitas menengah dikarenakan sifat elektron di dalam material yang terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi. Kedua pita energi tersebut berturut-turut dari yang berenergi lebih rendah adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa elektron disebut dengan celah pita [8].



Gambar 2.2 Sirkuit Solar Sel

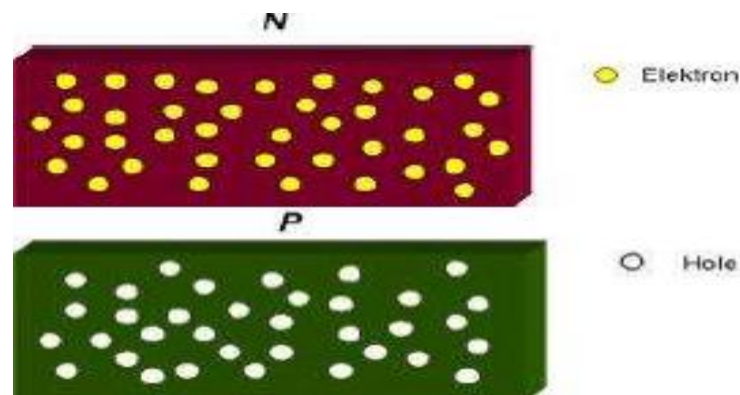
Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnetik, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda. Pendekatan yang berbeda dijabarkan oleh Einstein bahwa efek fotovoltaik mengindikasikan cahaya merupakan partikel diskrit atau quanta energy [8].

2.4 Proses Konversi *Solar Cell*

Proses perubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, ($n = \text{negatif}$). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ($p = \text{positif}$) karena kelebihan muatan positif [9].

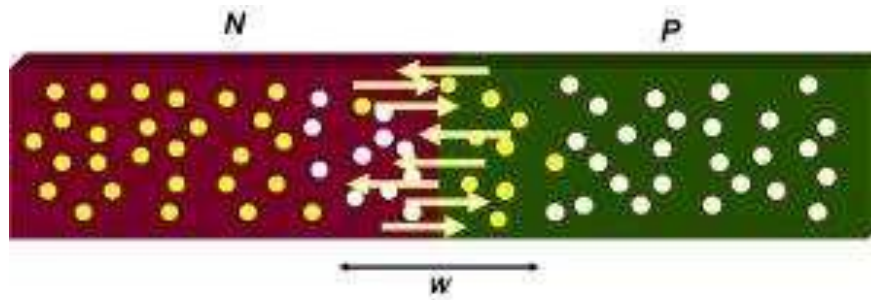
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktivitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami ini, electron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau *hole* dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n. Istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi (*metallurgical junction*) yang dapat digambarkan pada gambar 2.3 [9].

1) Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung [10].



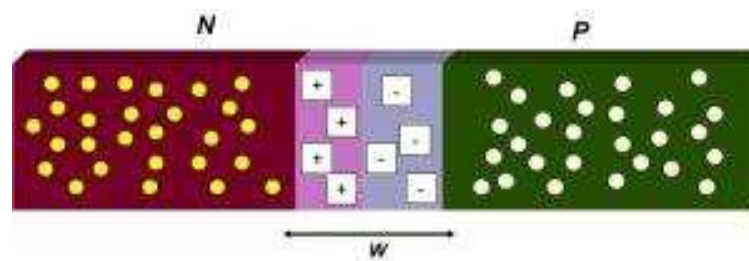
Gambar 2.3 Semikonduktor jenis p dan n Sebelum Disambung

2) Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan *hole* dari semikonduktor p menuju semikonduktor n [10].



Gambar 2.4 Perpindahan elektron dan hole pada semikonduktor

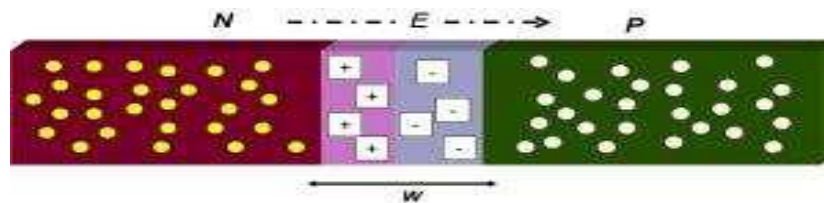
- 3) Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama, hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif [10].



Gambar 2.5 Hasil muatan positif dan negatif pada semikonduktor

- 4) Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf W [10].
- 5) Baik elektron maupun *hole* yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda [10].

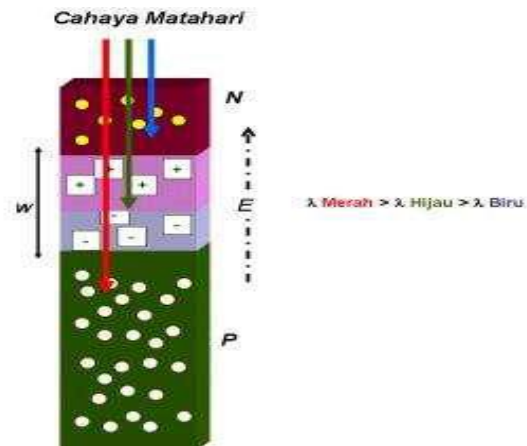
- 6) Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal E dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali *hole* ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n [10].



Gambar 2.6 Timbulnya Medan Listrik Internal E

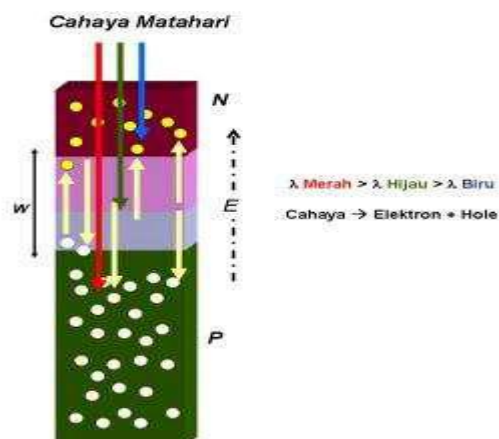
- 7) Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah *hole* yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik E . Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik [10].

Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p [10].



Gambar 2.7 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari

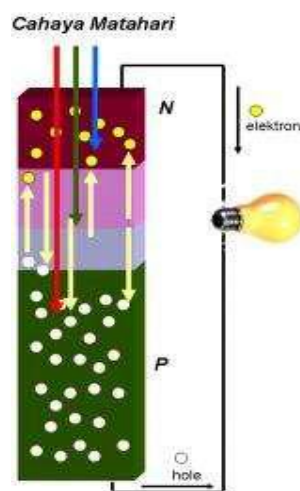
Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka electron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor p. Terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi electron hole yakni, terbentuknya pasangan elektron dan *hole* akibat cahaya matahari [10].



Gambar 2.8 Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan symbol “ λ ” sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n [11].

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p. Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron [10].



Gambar 2.9 Kabel Dari Sambungan Semikonduktor Dihubungkan Ke Lampu

2.5 Prinsip Kerja Solar Cell

Susunan sebuah Solar Cell sama dengan sebuah dioda, terdiri dari lapisan yang dinamakan PN Junction. PN Junction itu diperoleh dengan jalan menodai sebatang bahan semikonduktor silikon murni (valensinya 4) dengan impuriti yang bervalensi 3 pada bagian sebelah kiri, dan yang disebelah kanan dinodai dengan impuriti bervalensi 5. Sehingga pada bagian kiri terbentuk silikon yang tidak murni lagi dan dinamakan silikon jenis N. Didalam silikon murni terdapat dua macam pembawa muatan listrik yang seimbang. Pembawa muatan listrik yang positif dinamakan *hole*, sedangkan yang negatif dinamakan elektron. Setelah dilakukan proses penodaan itu. Didalam silikon jenis P terbentuk hole (pembawa muatan listrik positif) dalam jumlah yang sangat besar dibandingkan dengan elektronnya. Oleh karena itu didalam silikon jenis P hole merupakan pembawa muatan mayoritas, sedangkan elektron merupakan pembawa muatan minoritas. Sebaliknya didalam silikon jenis N terbentuk elektron dalam jumlah yang sangat besar sehingga disebut pembawa muatan mayoritas dan hole disebut pembawa muatan minoritas [12].

Didalam batang silikon itu terjadi pertemuan antara bagian P dan bagian N. Oleh karena itu dinamakan PN Junction. Bila sekarang, bagian P dihubungkan dengan kutub positif dari sebuah baterai, sedangkan kutub negatifnya dihubungkan dengan bagian N, maka terjadi hubungan yang dinamakan "Forward Bias". Dalam keadaan forward bias, didalam rangkaian itu timbul arus listrik yang disebabkan oleh kedua macam pembawa muatan. Jadi arus listrik yang mengalir di dalam PN Junction disebabkan oleh gerakan hole, tapi berlawanan arah dengan gerakan elektron. Sekedar untuk lebih menjelaskan, elektron yang bergerak di

dalam bahan konduktor dapat menimbulkan energi listrik. Dan energi listrik inilah yang disebut sebagai arus listrik yang mengalir berlawanan arah dengan gerakan elektron [12].

Tapi, bila bagian P dihubungkan dengan kutub negatif dari baterai dan bagian N dihubungkan dengan kutub positifnya, maka sekarang terbentuk hubungan yang dinamakan *reverse* bias. Dengan keadaan seperti ini maka hole (pembawa muatan positif) dapat tersambung langsung ke kutub positif, sedangkan elektron juga langsung ke kutub positif. Jadi, jelas di dalam PN Junction tidak ada gerakan pembawa muatan mayoritas baik yang hole maupun P bergerak berusaha untuk mencapai kutub positifnya baterai, demikian pula pembawa muatan minoritas (*hole*) didalam bagian N juga bergerak berusaha mencapai kutub negatif. Karena itu dalam keadaan reverse bias didalam PN Junction ada juga arus yang timbul meskipun dalam jumlah yang sangat kecil (mikro ampere). Arus ini sering disebut dengan reverse saturation current atau leakage current (arus bocor) [13].

Ada yang menarik dalam keadaan reverse bias itu. Bila suhu PN Junction tersebut dinaikkan ternyata dapat memperbesar arus bocor yang timbul itu. Begitu bila diberi energi (panas), Pembawa muatan minoritas di dalam PN Junction bertambah banyak. Karena cahaya itu merupakan salah satu bentuk energi, maka bila ada cahaya yang menimpa suatu PN Junction dapat juga menghasilkan pembawa muatan. Gejala seperti ini dinamakan fotokonduktif. Berdasarkan gejala fotokonduktif itu maka dibuat komponen elektronik fotodiode dari PN Junction itu [14].

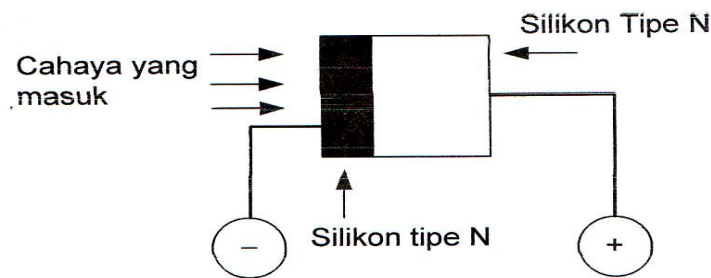
Untuk mendapatkan daya yang cukup besar diperlukan banyak sel surya biasanya sel-sel surya itu sudah disusun sehingga berbentuk panel dan dinamakan panel photovoltaire (PV). PV sebagai sumber daya listrik pertama kali digunakan di satelit, kemudian dipikirkan pula PV sebagai sumber energi untuk modul, sehingga ada modul listrik surya sekarang di luar negeri, PV sudah mulai digunakan sebagai digunakan sebagai atap atau dinding rumah. Sel surya di Indonesia sudah mulai banyak dimanfaatkan terutama sebagai energi penerangan di malam hari, juga sudah dilakukan uji coba untuk membuat modul tenaga surya. Sekarang pemerintah sedang memikirkan untuk mengembangkan pemanfaatan sel surya ke daerah-daerah transmigrasi [14].

Semikonduktor tipe N memiliki kecepatan yang besar dan kerapatan lubang yang kecil. Oleh karena itu elektron akan digunakan mudah mengalir melalui bahan ini. Semikonduktor tipe P memiliki kerapatan lubang yang besar dan kerapatan elektron yang kecil lebih detail lagi bisa dijelaskan sinar matahari [14].

yang terdiri dari foton-foton, jika menimpa permukaan bahan solar cell akan diserap, dipantulkan atau dilewatkan begitu saja, dan hanya foton dengan level energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya sehingga mengalir arus listrik. Level energi tersebut disebut energi band-gap yang di defenisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya, sehingga terjadilah aliran arus listrik. Untuk membebaskan elektron dari ikatan kovalennya, energi foton harus sedikit lebih besar diatas energi band-gap, maka ekstra energi tersebut akan diubah dalam bentuk panas solar cell. Karena sangatlah penting pada solar cell

untuk mengatur bahan yang akan dipergunakan, yaitu dengan memodifikasi struktur molekul dari semikonduktor [14].

Tentu saja agar efisiensi dari solar sel bisa tinggi maka foton yang berasal dari matahari harus bisa diserap sebanyak-banyaknya, maka solar cell harus memiliki energi band-gap dengan range lebar, sehingga memungkinkan untuk bisa menyerap sinar matahari, yang mempunyai energi bermacam-macam tersebut. Suatu solar cell silikon elementer dapat dilihat pada gambar 2.10 [15].



Gambar 2.10 Photovaltaic Silikon Elementer

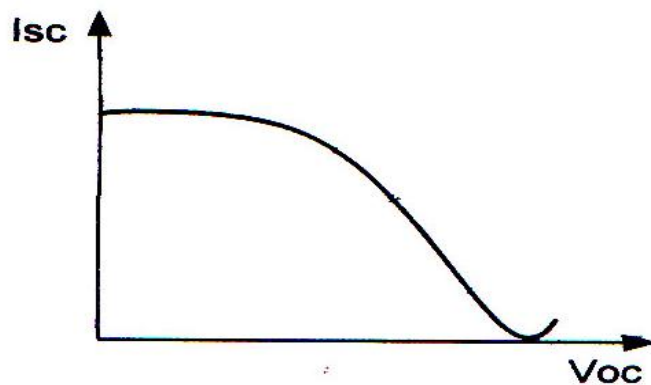
Pada gambar diatas terlihat bahwa bahan dasar sisi kanan adalah dibuat dari silikon tipe P yang dibentuk dengan menambahkan Boron, kemudian dibentuk suatu lapisan tipis bahan silikon tipe N dengan menambahkan doping posfor. Lapisan tipe N ini sangat tipis walaupun kelihatan tidak tembus cahaya, namun cahaya matahari dapat juga menembus agak ke dalam. Sesungguhnya cahaya menembus batas lapis antara tipe N dan tipe P dan disinilah dibentuk pasangan lubang elektron [15].

Pasangan lubang elektron ini umumnya sangat pendek yaitu kira-kira seperjuta detik. Elektron akan kembali lagi kedalam lubang tempat asalnya didalam

kristal kedalam yang tembus oleh silikon didsalam lubang terbantung pada besarnya energi yang diterimanya, ini paling mudah dijelaskan dengan teori gelombang dari cahaya karena cahaya memiliki panjang gelombang yang lebih pendek dari yang dihasilkan foton yang memiliki energi yang besar. Untuk semikonduktor silikon (Si) dan Germanium (Ge) memiliki energi GAP (energi pita terlarang) FG yaitu jumlah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan sebuah elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Energi ini juga dapat disertakan dengan energi yang dibutuhkan untuk melepaskan sebuah elektron dari ikatannya [16].

2.6 Karakteristik Solar Cell

Berdasarkan pengukuran-pengukuran yang dilakukan maka karakteristik solar cell dapat digambarkan seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.11 dimana V_{oc} adalah tegangan rangkaian terbuka solar cell dan I_{sc} adalah merupakan arus hubungan singkat solar cell [17].

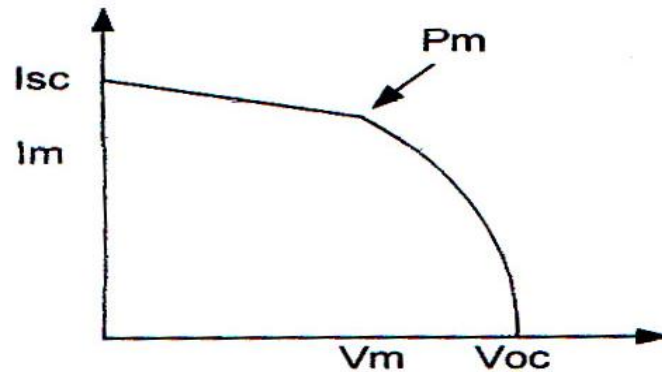


Gambar 2.11 Karakteristik Solar Sel

2.7 Faktor Pengisian dan Efisiensi Solar Cell

Dua buah parameter solar cell telah dibicarakan yaitu arus hubungan singkat dan tegangan rangkaian terbuka. Pada kurva tegangan arus solar cell, I_{sc} merupakan

perpotongan kurva dengan sumber arus ($V=0$) dan V_{oc} adalah perpotongan kurva dengan sumber tegangan ($I=0$) seperti pada gambar 2.12 berikut [17].



Gambar 2.12 Kurva Arus Fungsi Tegangan Solar Cell

Dengan meneliti kurva diatas terlihat bahwa titik-titik pengoperasian dari solar cell terletak sepanjang kurva, dari sekian banyak titik-titik pengoperasian, diharapkan satu titik pengoperasian khusus yang menghasilkan daya output solar cell maksimum, yaitu pada titik (V_m, I_m) daya outputnya solar cell [17].

Sama dengan luas empat persegi yang diarsir di gambar ini bearti bahwa titik (V_m, I_m) merupakan penentu dan terletak pada kurva. Daya output akan maksimum bila letak (V_m, I_m) pada kurva mempunyai luasan yang lebih besar pada empat persegi panjang yang diarsir tersebut. Titik (V_m, I_m) akan dipergunakan untuk mendefenisikan parameter solar cell yaitu pengisian (fill factor). Faktor pengisian adalah perbandingan antara daya maksimum dengan hasil kali tegangan terbuka dan arus hubungan singkat pada solar sell. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$f = \frac{V_m \cdot I_m}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$f = \frac{p_m}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Efisiensi konversi energi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik adalah perbandingan dari daya output dari solar cell dengan daya input. Daya input solar cell adalah daya total sinar matahari yang masuk ke solar cell, yang secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{p_{out}}{p_{in}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan:

P_{out} = daya output solar cell (watt)

P_{in} = daya input solar sell (watt)

Efisiensi maksimum solar cell adalah:

$$\eta. m = \frac{p_m}{p_{in}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

P_m = daya maksimum output

P_{in} = daya input solar sell (watt)

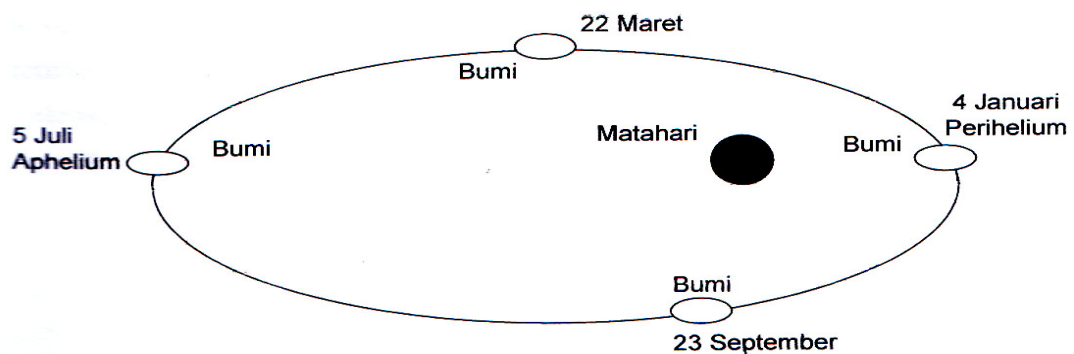
Besarnya daya output solar sell yang dihasilkan bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima solar sell dan juga tergantung pada luas yang luas cahaya ultraviolet, cahaya tampak sampai cahaya infra merah [18].

2.8 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Solar Cell

Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan solar cell adalah keadaan iklim dan tingkat radiasi sinar matahari. Keadaan iklim disuatu tempat dapat mempengaruhi jumlah energi yang dibangkitkan oleh solar cell. Penggunaan solar cell akan lebih menguntungkan pada daerah yang memiliki musim kemarau lebih panjang dari musim hujan ataupun pada musim lainnya. Kedudukan bumi yang selalu berubah terhadap matahari dengan adanya rotasi dan revolusi dengan

lintasan yang berbentuk elips akan mempengaruhi tingkat radiasi sinar matahari yang sampai ke bumi. Suatu pandangan umum dari sistem revolusi bumi yang berpusat pada matahari diperlihatkan pada gambar. 2.13 Jarak matahari dan bumi berubah sesuai dengan lintasan edar bumi mengelilingi matahari yang berbentuk elips, jarak terjauh bumi dengan matahari adalah sekitar tanggal 5 Juli (Aphelium) dan jarak terdekat adalah sekitar tanggal 4 Januari (Perihelium). Fluks matahari diluar atmosfer bumi adalah lebih kurang 1.353 kw/m². Kuantitas ini dikenal sebagai konstanta matahari (solar konstanta). Jadi banyaknya radiasi matahari yang diserap oleh suatu permukaan disuatu tempat dibumi tergantung pada:

- 1) Konstanta matahari, absorpsi (penyerapan) dan refleksi (pemantulan) atmosfer bumi.
- 2) Jarak antara bumi dengan matahari
- 3) Sudut jauh sinar matahari
- 4) Sifat-sifat permukaan yang dikenai sinar matahari
- 5) Lamanya penyinaran sinar matahari [19].



Gambar 2.13 Jarak Matahari Dengan Bumi Setiap Tahunnya

2.9 Inverter

Inverter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi sebagai pengubah arus searah (*DC*) menjadi arus bolak-balik (*AC*) dengan menggunakan metode (*switching*) dengan frekuensi tertentu. *Switching* itu sendiri adalah proses perpindahan antara kondisi (*ON*) dan (*OFF*) ataupun sebaliknya. Pencacahan arus (*DC*) dengan proses (*switching*) ini dimaksudkan agar terbentuk gelombang (*AC*) yang dapat diterima oleh peralatan/beban listrik (*AC*). Komponen utama yang digunakan dalam proses (*switching*) sebuah (*inverter*) haruslah sangat cepat, sehingga tidak memungkinkan bila digunakan saklar (*ON-OFF, relay*), kontaktor dan sejenisnya. Akhirnya dipilihlah peralatan-peralatan semi-konduktor yang mampu berfungsi sebagai saklar/pencacah tegangan,

Berdasarkan jumlah fasa output inverter dapat dibedakan dalam :

- 1) *Inverter* 1 fasa, yaitu (*inverter*) dengan (*output*) 1 fasa.
- 2) *Inverter* 2 fasa, yaitu (*inverter*) dengan (*output*) 3 fasa.

Inverter juga dapat dibedakan dengan cara pengaturan tegangan-nya, yaitu :

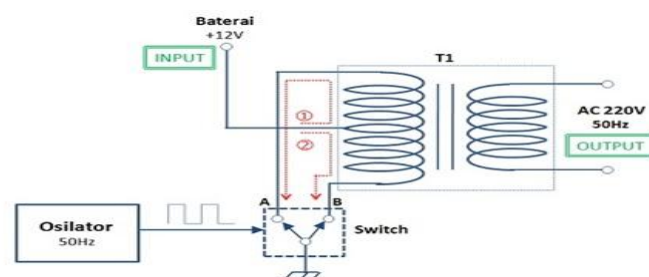
- 1) *Voltage Fed Inverter (VFI)* yaitu (*inverter*) dengan tegangan (*input*) yang diatur konstan.
- 2) *Current Fed Inverter (CFI)* yaitu (*inverter*) dengan arus (*input*) yang diatur konstan.
- 3) *Variable dc linked inverter* yaitu (*inverter*) dengan tegangan input yang dapat diatur [20].



Gambar 2.14 Inverter

2.9.1 Prinsip Kerja Inverter

Sederhananya, suatu Power Inverter yang dapat mengubah arus listrik (*DC*) ke arus listrik (*AC*) ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian Saklar (*Switch*) dan sebuah transformator trafo (*CT*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15 [20]:



Gambar 2.15 Skema rangkaian Inverter

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah contoh 12V diberikan ke (*Center Tap*) (*CT*) sekunder transformator sedangkan dua ujung transformator lainnya titik A dan titik B dihubungkan melalui saklar (*switch*) dua arah ke (*ground*) rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan

arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke (*Center Tap Primer*) transformator yang kemudian mengalir ke titik A transformator hingga ke (*ground*) melalui saklar. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke (*Center Tap Primer*) transformator hingga ke (*ground*) melalui Saklar titik B. Titik A, B dan Jalur 1, 2 dapat dilihat pada Gambar 2.15 [20].

Peralihan (*ON*) dan (*OFF*) atau A dan B pada Saklar (*Switch*) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai (*Switch*) di rangkaian (*Switch Inverter*) tersebut pada umumnya adalah (*Mosfet*) ataupun transistor [20].

Sekunder transformator akan menghasilkan (*Output*) yang berupa tegangan yang lebih tinggi contohnya 120V atau 240V tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder transformator atau rasio lilitan antara primer dan sekunder transformator yang digunakan pada (*Inverter*) tersebut [20].

2.10 Lampu Hemat Energi (LHE) Dan Lampu Pijar

2.10.1 Lampu Hemat Energi

Lampu hemat energi (LHE) atau compact fluorescent adalah salah satu bentuk pengembangan dari lampu fluorescent. Dimana system kerja lampu hemat energy adalah memendarkan gas didalam tabung lampu sehingga timbul sinar ultra violet akibat energy listrik yang dialirkan. Lampu hemat energi ini terdiri dari ballast elektronik dan tabung gelas [21].

Ballast atau kumparan hambat bersifat reaktif atau beban induktif dipasang secara seri dengan tabung lampu dan diletakan pada sisi arah masuknya sumber arus. Ballas terdiri dari, kumparan kawat tembaga, bahan isolasi, celah udara, teras besi dan bahan pengisi, kotak plat baja, blok terminal dan alas baja. Semua bahan dikemas menjadi satu dalam kerangka yang cukup kuat dan rapi. Sedangkan rugi-rugi yang terjadi biasanya berupa panas, karena panas yang berlebihan akan mengakibatkan kegagalan isolasi antar kumparan kawat tembaga. Ballas terdiri dari komponen-komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai:

- 1) Pembangkit tegangan induksi yang tinggi agar terjadi pelepasan elektron di dalam tabung
- 2) Membatasi arus yang melalui tabung setelah lampu bekerja normal. Dimana proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan dan dirancang untuk menggunakan arus listrik secara hemat dan efisien selama periode pengaturan yang telah ditentukan.

Sementara itu, tabung gelas berisi campuran Merkuri dan gas inert Argon (Ar), dalam keadaan menyala tekanan uap air raksa dalam tabung sangat rendah. Uap air raksa memancarkan sinar ultra ungu, sinar yang keluar diserap oleh serbuk fluorensen dan diubah menjadi cahaya tampak [21].

Dalam tabung selalu terdapat kelebihan air raksa cair, karena itu tekanan uap air raksa jenuh, yang ditentukan oleh suhu tabung ditempat yang paling dingin. Suhu yang dimaksudkan berkisar sama dengan 400C. Adapun ukuran tabung harus dibuat sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan menurut kemampuan dan ukurannya, sehingga suhu 400C dapat dipertahankan pada suhu keliling 250C, Sedangkan untuk tabung-tabung dengan daya besar, agak sulit untuk dipertahankan suhu kerjanya yang demikian rendah. Oleh karena itu tabung lampu fluorensent dengan daya 125 watt diberi tonjolan didindingnya. Suhu ditonjolan akan lebih rendah dari pada di bagian lain dari tabung [21].

2.10.2 Lampu Pijar

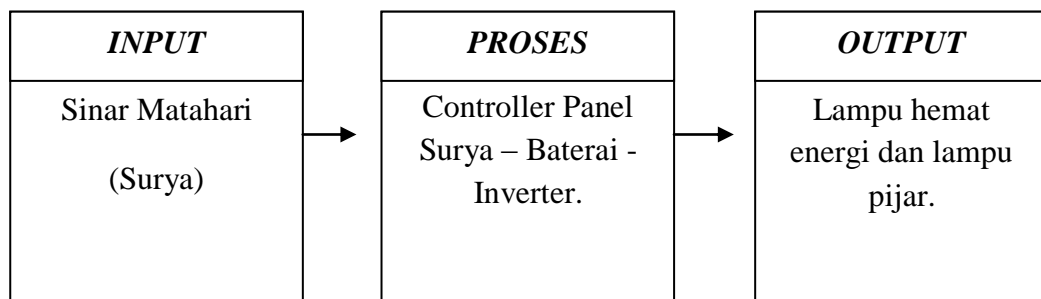
Jenis lampu incandescant ini biasa disebut lampu pijar, lampu pijar akan memancarkan cahaya ketika ada arus listrik melewati filamen kawat pijar pada lampu dan kemudian memanasi filamen tersebut. Pembuatan lampu pijar juga didasarkan pada beberapa faktor, yaitu temperatur filamen, campuran gas yang di isikan, efficacy (lm/W), dan umur lampu. Tahanan filamen tungsten akan semakin tinggi jika temperatur naik, sehingga kenaikan tegangan akan mengakibatkan menaiknya tahanan yang juga akan terjadi sedikit kenaikan arus yang mengalir. Tahanan filamen kira-kira seperempat belas dari keadaan temperatur normal dalam keadaan dingin. Salah satu yang perlu diperhatikan dalam karakteristik lampu pijar ini adalah pengaruh perubahan tegangan terhadap lampu [22].

BAB III

METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Pada bab ini akan dibahas mengenai apa yang akan dilakukan dalam menganalisa karakteristik solar cell terhubung seri menggunakan inverter 12 VDC – 220 VAC pada beban lampu pijar dan lampu hemat energi. Penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan dengan lebih baik melalui blok diagram seperti yang terlihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Sistem Blok Diagram Penelitian

Blok diagram diatas merupakan proses penelitian yang dilakukan setelah diimplementasikan. Berikut adalah keterangan dari setiap blok diagram pada gambar 3.1

1. Input

Pada blok input, daya didapatkan dari sinar matahari (Surya) yang kemudian dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan Panel Surya.

2. Proses

Proses merupakan hasil dari panel surya kemudian diteruskan ke controller yang dimana berfungsi sebagai pembagi antara cas baterai dan inverter.

Baterai merupakan 12 VDC yang berfungsi sebagai penyimpan energy yang dihasilkan oleh panel surya dan untuk inverter sendiri berfungsi untuk mengkonversi tegangan DC menjadi AC.

3. Output

Berdasarkan proses tersebut output dari inverter kemudian dimanfaatkan untuk menhidupkan lampu pijar dan lampu hemat energy.

Panel surya yang digunakan sudah didesain dengan rangkaian seri. Dimana pada bentuk rangkaian seri mudah untuk dirangkai dan didesain. Dalam proses menganalisa karakteristik solar cell terhubung seri menggunakan inverter 12 VDC – 220 VAC pada beban lampu pijar dan lampu hemat energi, ada beberapa langkah penting yang akan dilakukan guna memperoleh sebuah data yang sesuai dengan yang diinginkan penulis. Beberapa langkah tersebut diantaranya adalah:

1. Mengecek kondisi cuaca, apakah mendukung untuk melakukan penelitian.
2. Mengecek alat ukur dan mengkalibrasi terlebih dahulu sebelum menggunakannya.
3. Mengecek panel surya dan semua komponen yang akan digunakan dengan menggunakan alat ukur.
4. Pengukuran tegangan yang dihasilkan panel surya ditulis dalam beberapa catatan dan mengambil gambar rangkaian langsung menggunakan smartphone atau kamera digital.
5. Setelah selesai melakukan pengujian, alat dan bahan yang digunakan dicek kembali.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 15 Oktober 2018 sampai dengan 18 Oktober 2018 bertempat di Laboraturium Dasar Telekomunikasi Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3 Jalannya Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Konsultasi terhadap ketua Lab.Dasar Telekomunikasi dengan cara wawancara.
2. Menentukan tema permasalahan yang akan diteliti dengan cara melakukan studi pustaka guna memperoleh berbagai teori-teori dan konsep yang akan mendukung penelitian yang akan dilaksanakan.
3. Mencari data dari analisa karakteristik solar cell terhubung seri menggunakan inverter 12 VDC – 220 VAC pada beban lampu pijar dan lampu hemat energi sehingga didapatkan data yang di butuhkan untuk diolah pada Bab selanjutnya

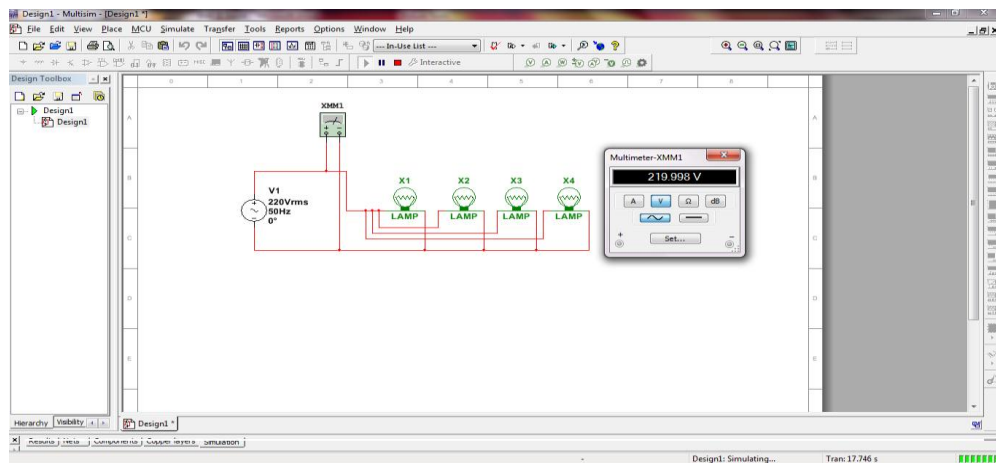
3.4 Perlengkapan Yang Digunakan Dalam Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam analisis karakteristik solar sel terhubung seri menggunakan inverter 12 VDC – 220 VAC pada beban lampu pijar dan lampu hemat energi, terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat lunak digunakan untuk membantu dalam proses perhitungan matematis, pensimulasi serta digunakan untuk melakukan simulasi dan untuk mengetahui

karakteristik solar sel yang sudah dirancang. Sedangkan perangkat keras digunakan untuk alat fabrikasi dan pengukuran.

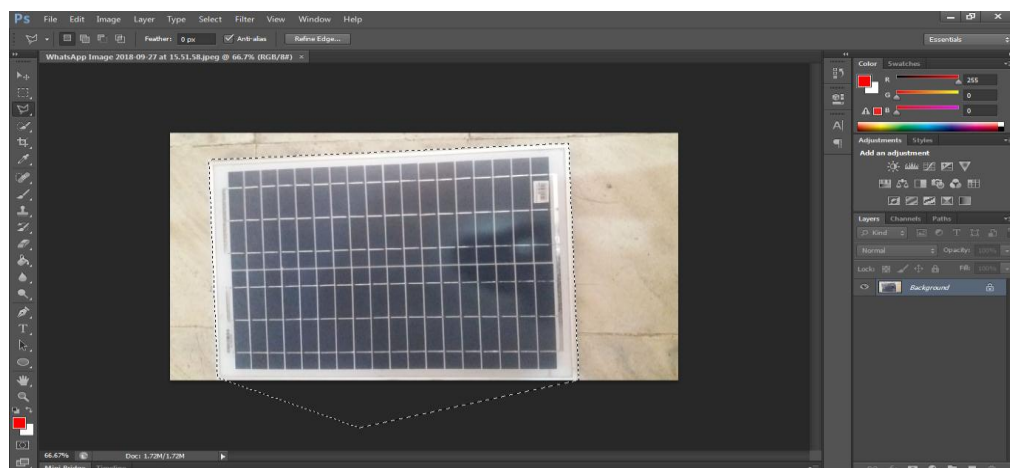
3.4.1 Perangkat Lunak

- 1) Multisim V14.0.1 perangkat lunak ini digunakan untuk rangkaian filter yang berfungsi sebagai pensimulasi, untuk mengetahui tanggapan respon frekuensi.



Gambar 3.2 Rangkaian Simulasi Beban Lampu

- 2) Photoshop CS6, perangkat lunak ini digunakan sebagai pengedit gambar yang diambil dari osiloskop menggunakan kamera smartphone.



Gambar 3.3 Editing Gambar Menggunakan Photoshop CS 6

3.4.2 Perangkat Keras

- 1) Panel Surya, digunakan sebagai pengkonversi sinar matahari menjadi energy listrik.



Gambar 3.4 Panel Surya

- 2) Controller Panel Surya, Solar Charger Controller pada sistem panel surya atau sering kali disebut SCC atau Battery Control Unit (BCU) atau Battery Control Regulator (BCR) adalah bagian yang cukup penting.



Gambar 3.5 Solar Charge Controller 30A USB Slot PWM Panel Surya Solar

- 3) Multitester, digunakan sebagai alat yang menggunakan untuk mengambil data penelitian dari percobaan analisa pengujian daya inverter yang dihasilkan alternator.



Gambar 3.6 Multimeter Kyoritsu

- 4) Inverter, sebagai pengubah tegangan yang dihasilkan alternator dari DC ke AC untuk beban rumah tangga.



Gambar 3.7 Inverter 1000 Watt

3.5 Rangkaian Pemanfaatan Panel Surya

Dalam analisis karakteristik solar cell terhubung seri menggunakan inverter 12 VDC – 220 VAC pada beban lampu pijar dan lampu hemat energi rangkaian didesain menggunakan rangkaian seri dari output panel surya kemudian dihubungkan ke control baterai dan inverter.



Gambar 3.8 Rangkaian Osilator 100 Mhz

Adapun lampu yang digunakan untuk beban analisis karakteristik solar sel dapat dilihat :

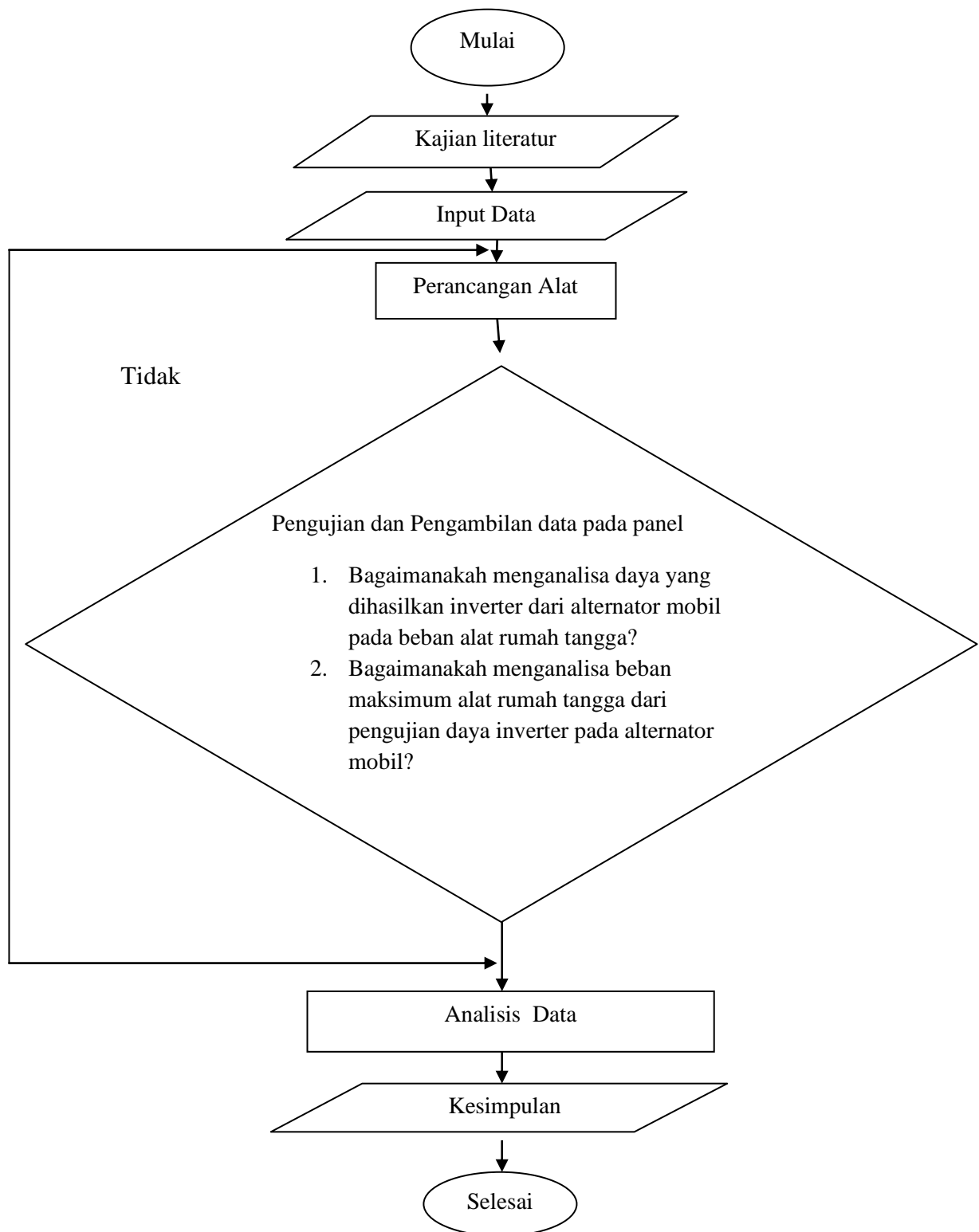
Tabel 3.1 Komponen Rangkaian Osilator 100Mhz

NO	Nama Komponen	Nilai/Jenis	Jumlah
1	Lampu 5 watt	Hemat Energi	1 Buah
2	Lampu 11 Watt	Hemat Energi	1 Buah
3	Lampu 18 Watt	Hemat Energi	1 Buah
4	Lampu 36 Watt	Hemat Energi	1 Buah
5	Lampu 10 Watt	Lampu Pijar	1 Buah

6	Lampu 12 Watt	Lampu Pijar	1 Buah
7	Lampu 18 Watt	Lampu Pijar	1 Buah
8	Lampu 36 Watt	Lampu Pijar	1 Buah
9	Lampu 40 Watt	Lampu Pijar	1 Buah

Dari tabel tersebut beban lampu yang digunakan cukup banyak dalam analisis karakteristik panel surya. Setiap lampu mempunyai beban masing-masing untuk menghasilkan data yang diinginkan.

3.6 Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)



Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

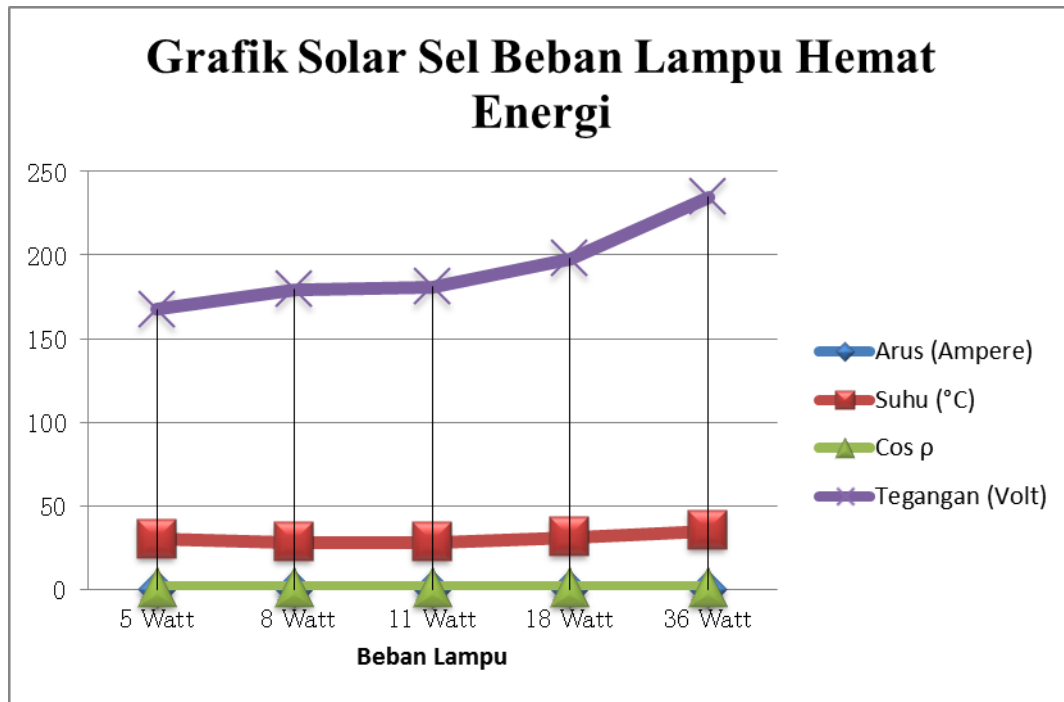
4.1 Analisa Karakteristik Solar Sel

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dengan perbedaan intensitas cahaya matahari. Pada pengujian tenaga surya ini, terdiri dari beberapa komponen, seperti: panel surya (PV), charger control, battery, multimeter, inverter, serta lampu hemat energi dan lampu pijar. Fotovoltaik akan mengeluarkan arus searah (DC), selanjutnya dari arus dan tegangan yang di hasilkan di ukur dengan alat tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan cara kerja solar sel dengan beban lampu pijar dan lampu hemat energy dengan melihat hasil dari perhitungan. Pengambilan data pengujian panel sel surya ini menggunakan multimeter dan charger. Sel surya akan menghasilkan daya ketika mendapat sinar matahari, pada saat itu sel surya yang sudah dihubungkan ke multimeter dan lampu akan mengetahui daya yang dihasilkan secara otomatis sesuai dengan besarnya arus yang dihasilkan oleh panel surya. Berikut adalah data yang didapatkan dari panel surya :

Tabel 4.1 Data Hasil Pembebanan Dengan Beban Lampu Hemat Energi

NO	Beban Lampu	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Suhu (°C)	Cos ρ	Keterangan
1	5 Watt	167,4 V	0,01 A	30 °C	0,98	Berawan
2	8 Watt	179,5 V	0,01 A	28 °C	0,98	Sebagian Berawan
3	11 Watt	181,1 V	0,01 A	28 °C	0,97	Berawan

4	18 Watt	197,8 V	0,02 A	31 °C	0,98	Sebagian Berawan
5	36 Watt	234,8 V	0,03	35 °C	0,98	Panas Terik



Gambar 4.1 Grafik Beban Lampu Hemat Energi

Dari Tabel 4.1 hasil dari data yang didapatkan kemudian dihitung, untuk mengetahui seberapa besar efisiensi solar sel dengan beban lampu hemat energi. Untuk menghitung daya maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = V.I.Cos \rho \dots\dots\dots (4.1)$$

$$Q = V.I.Sin \rho \dots\dots\dots (4.2)$$

$$S = V.I \dots\dots\dots (4.3)$$

1) Beban 5 Watt

Dik : $V = 167,4 \text{ V}$

$I = 0,01 \text{ A}$

$Cos \rho = 0,98$

Dit : $P, Q, S = \dots\dots ?$

$$\begin{aligned}
 P &= V.I.\text{Cos } \rho \\
 &= 167,4 \cdot 0,01 \cdot \text{Cos } (0,98) \\
 &= 1,65 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= V.I.\text{Sin } \rho \\
 &= 167,4 \cdot 0,01 \cdot \text{Sin } (0,98) \\
 &= 0,016 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= V.I \\
 &= 167,4 \cdot 0,01 \\
 &= 1,67 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

2) Beban 8 Watt

$$\text{Dik : } V = 179,5 \text{ V}$$

$$I = 0,01 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \rho = 0,98$$

$$\text{Dit : } P, Q, S = \dots ?$$

$$\begin{aligned}
 P &= V.I.\text{Cos } \rho \\
 &= 179,5 \cdot 0,01 \cdot \text{Cos } (0,98) \\
 &= 1,77 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= V.I.\text{Sin } \rho \\
 &= 179,5 \cdot 0,01 \cdot \text{Sin } (0,98) \\
 &= 0,017 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= V.I \\
 &= 179,5 \cdot 0,01 \\
 &= 1,79 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

3) Beban 11 Watt

$$\text{Dik : } V = 197,8 \text{ V}$$

$$I = 0,01 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \rho = 0,98$$

$$\text{Dit : } P, Q, S = \dots ?$$

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \rho$$

$$= 181,1 \cdot 0,01 \cdot \text{Cos } (0,97)$$

$$= 1,792 \text{ Watt}$$

$$Q = V \cdot I \cdot \text{Sin } \rho$$

$$= 181,1 \cdot 0,01 \cdot \text{Sin } (0,97)$$

$$= 0,017 \text{ VAR}$$

$$S = V \cdot I$$

$$= 181,1 \cdot 0,01$$

$$= 1,81 \text{ VA}$$

4) Beban 18 Watt

$$\text{Dik : } V = 197,8 \text{ V}$$

$$I = 0,01 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \rho = 0,98$$

$$\text{Dit : } P, Q, S = \dots ?$$

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \rho$$

$$= 197,8 \cdot 0,01 \cdot \text{Cos } (0,98)$$

$$= 1,95 \text{ Watt}$$

$$Q = V \cdot I \cdot \text{Sin } \rho$$

$$= 197,8 \cdot 0,01 \cdot \text{Sin } (0,98)$$

$$= 0,019 \text{ VAR}$$

$$S = V.I$$

$$= 197,8 \cdot 0,01$$

$$= 1,97 \text{ VA}$$

5) Beban 36 Watt

$$\text{Dik : } V = 234,8 \text{ V}$$

$$I = 0,01 \text{ A}$$

$$\text{Cos } \rho = 0,98$$

$$\text{Dit : } P, Q, S = \dots ?$$

$$P = V.I.\text{Cos } \rho$$

$$= 234,8 \cdot 0,01 \cdot \text{Cos } (0,98)$$

$$= 2,32 \text{ Watt}$$

$$Q = V.I.\text{Sin } \rho$$

$$= 234,8 \cdot 0,01 \cdot \text{Sin } (0,98)$$

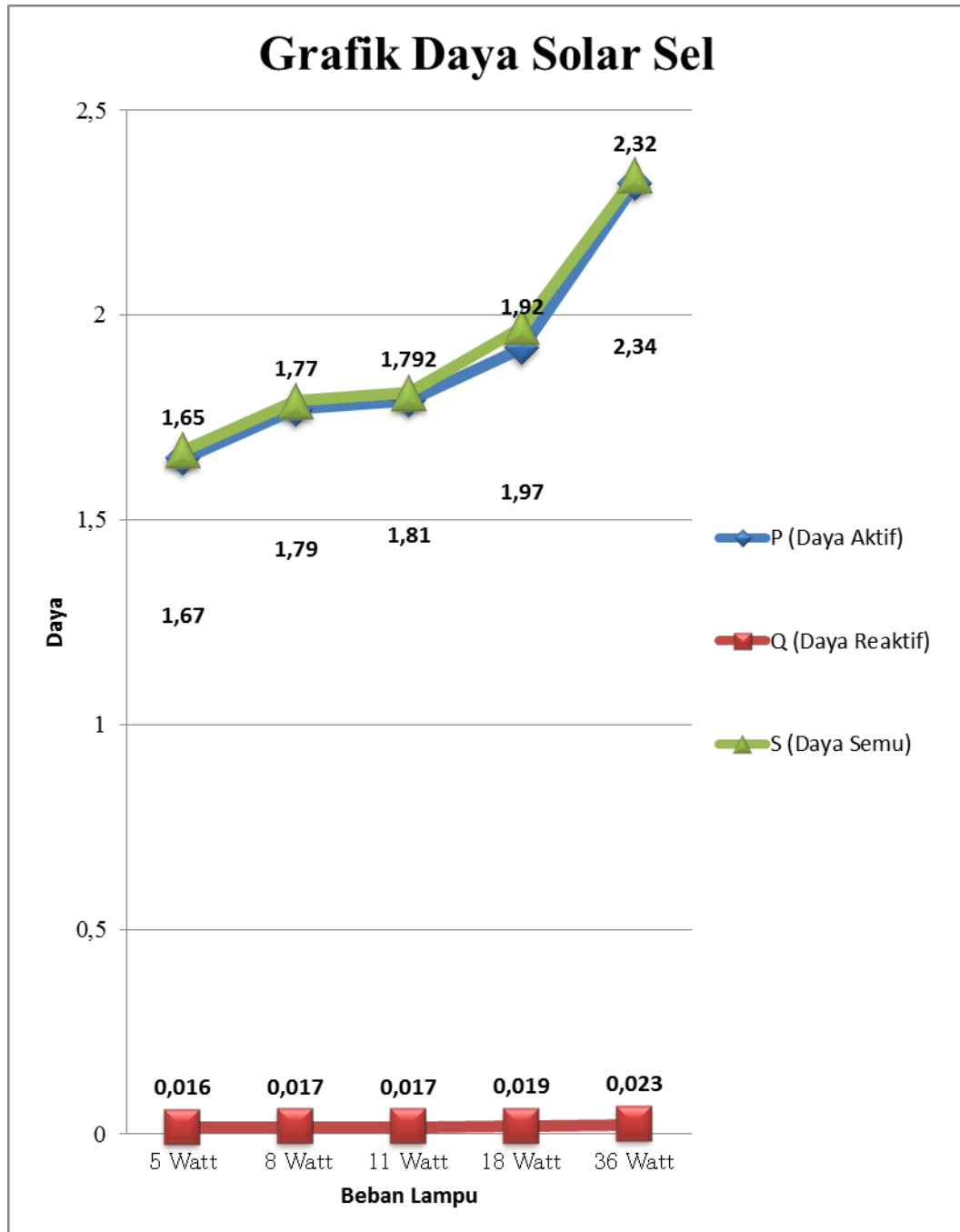
$$= 0,023 \text{ VAR}$$

$$S = V.I$$

$$= 234,8 \cdot 0,01$$

$$= 2,34 \text{ VA}$$

Dari data perhitungan diatas didapatkan bahwa dari setiap beban lampu akan semakin meningkat dengan beban lampu yang meningkat pula. Data yang didapatkan, untuk mengetahui seberapa besar efisiensi solar sel dengan beban lampu hemat energi.





Gambar 4.2 Grafik Daya Solar Sel

Grafik 4.2 menunjukkan bahwa daya dari lampu akan semakin meningkat tergantung beban yang dipakai. Semakin besar beban lampu yang digunakan, maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Kemudian tergantung dari faktor cuaca dan sinar matahari yang dapat diserap oleh solar sel tersebut.

4.2 Data Inverter 12 Vdc – 220 Vac

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data pada sistem inverter 12Vdc sampai 240Vac, yang digunakan dari charger control sell surya untuk beban lampu yang akan digunakan. Model sistem digunakan untuk beban pada lampu hemat energi dan lampu pijar dengan rangkaian seri. Data yang didapat dilihat dari data berikut :

No	Data Charger Control VDC	Data Setelah Inverter VAC
1	 <p data-bbox="518 1167 770 1200">Tegangan = 12,3 V</p>	 <p data-bbox="1031 1211 1283 1245">Tegangan = 237,4 V</p>

Pengisian akan naik oleh sebab itu dibutuhkan suatu perangkat pengontrol yang disebut PV (*Photovoltaic*) *Controller* unit ini bekerja seperti alat pengatur tegangan. Fungsi utama dari PV controller ini adalah untuk menghindari baterai dari pengisian ulang yang berlebihan (*overcharged*) dari solar cells. Beberapa PV *controller* juga melindungi baterai dari kehabisan dini (*overdrain*) oleh beban (alat listrik). *Overcharge* dan *overdrain* mengurangi umur baterai.

- 1) Mengaktifkan indikator ataupun *buzzer* untuk menyatakan tegangan baterai yang rendah.
- 2) Memastikan beban pada nilai tegangan baterai tertentu.

4.3 Analisis Penggunaan Solar Sel

1) Menentukan Pengaman Solar Sel

Untuk mengetahui arus hubung singkat pada instalasi DC maka terlebih dahulu kita harus mengetahui R_d . Untuk mengetahui R_d kita harus melakukan percobaan, untuk mengetahui tegangan baterai tanpa beban, tegangan baterai setelah di bebani.

Berikut adalah tabel 4.3 hasil dari percobaan mencari R_d

Tegangan Tanpa Beban (V)	Tegangan Berbeban (V)	Arus (Ampere)
14 Volt	13 Volt	0,01 Ampere
		

$$R_d = \frac{V_{rd}}{I}$$

$$R_d = \frac{\text{Tegangan tanpa beban} - \text{Tegangan Berbeban}}{\text{Arus}}$$

$$R_d = \frac{14 - 13,0}{0,01}$$

$$R_d = \frac{1}{0,01}$$

$$R_d = 100 \Omega$$

Menentukan pengaman di perlukan perhitungan arus hubung singkat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$I_{sc} = \frac{V}{R_i}$$

$$I_{sc} = \frac{13}{100}$$

$$I_{sc} = 0,13 \text{ Ampere}$$

2) Penentuan Aki

Untuk menentukan aki yang akan digunakan supaya lampu dapat menyala selama 10 jam maka perhitungannya sebagai berikut:

$$W_{beban} = p_{tot} \times t$$

$$W_{beban} = 6 \times 10 \text{ Jam}$$

$$W_{beban} = 60 \text{ Wh}$$

Untuk mencari kapasitas dari aki yang dibutuhkan yaitu dengan menggunakan rumus yang ada dibawah ini:

$$Q = \frac{w}{v}$$

$$Q = \frac{60}{13}$$

$$Q = 4,61 \text{ Ah}$$

Di sisi lain untuk mempertimbangkan cuaca yang berubah-ubah setiap waktu dan karekteristik dari aki hanya boleh dibebani 40%.Maka untuk mencari Q kebutuhan adalah. Q dari aki dibagi faktor DOD sebesar 50 %.

$$Q_{kebutuhan} = \frac{Q_{aki}}{0,5}$$

$$Q_{kebutuhan} = \frac{4,61}{0,5}$$

$$Q \text{ kebutuhan} = 9,22 \text{ Ah}$$

Maka dipilih aki dengan spesifikasi sebagai berikut, aki ini memiliki karakteristik hanya boleh di bebani 40% saja, artinya 40 % dari 70 Ah adalah 28 Ah dan masih mencukupi untuk menyimpan kebutuhan sebesar 9,22 Ah.

3) Penentuan Kapasitas Panel Surya

Untuk menentukan rating daya yang diperlukan maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{\text{Jumlah yang dibutuhkan Setiap Hari}}{\text{Jam Sinar Matahari}}$$

$$P = \frac{360}{12}$$

$$P = 30 \text{ Watt}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Analisa karakteristik solar sel terhubung seri menggunakan Inverter 12 VDC – 220 VAC pada beban lampu pijar dan lampu hemat energi , kemudian dilakukan pengujian dan analisisnya sehingga didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1) Dari pengujian solar sel didapatkan bahwa karakteristik solar sel dengan beban lampu pijar dan hemat energi semakin meningkat sesuai dengan beban lampu yang digunakan dengan data $P = 1,65 \text{ Watt}, 1,77 \text{ Watt}, 1,792 \text{ Watt}, 1,95 \text{ Watt}, 2,32 \text{ Watt}$ dengan rata-rata kenaikan daya $1,89 \text{ Watt}$.

2) Analisa daya solar sell dengan rangkaian seri akan lebih memperkecil jumlah daya yang dikeluarkan. Dari data perhitungan didapatkan bahwa dari setiap beban lampu akan semakin meningkat dengan beban lampu yang meningkat pula. Data yang didapatkan, untuk mengetahui seberapa besar efisiensi solar sel dengan beban lampu hemat energi.

3) Cara kerja inverter 12 VDC – 220 VAC inverter dapat melakukan pengubahan yakni mengubah output solar sell menjadi tegangan listrik AC, kemudian dipecah frekuensi, ditambah dengan kontrol untuk mengkonversi efek fotolistrik dari solar sell agar bisa digunakan untuk beban lampu.

5.2 Saran

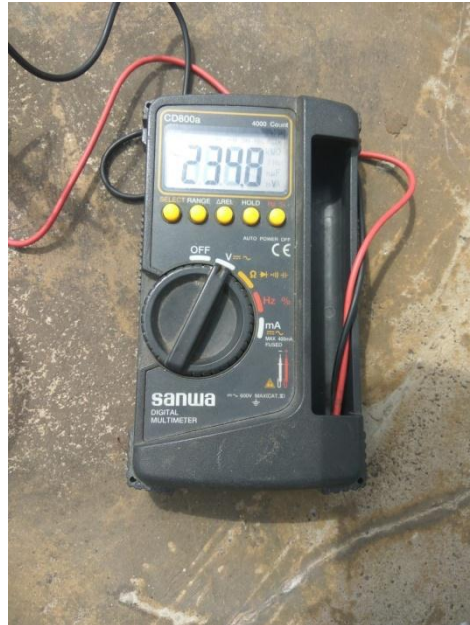
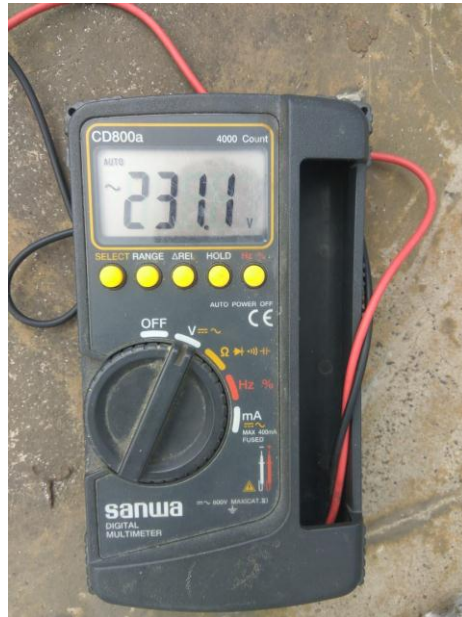
Untuk pengembangan lebih lanjut dari alat ini agar lebih sempurna, maka beberapa saran sebagai berikut:

- 1) Untuk kedepannya penelitian bisa menggunakan rangkaian parallel dengan beban yang lebih besar.
- 2) Pengembangan alat ini sangat masih sangat memungkinkan dan dapat disempurnakan dengan adanya penambah beban untuk mendapatkan data yang berbeda.
- 3) Untuk kedepannya penelitian ini diharapkan bisa lebih dikembangkan lagi agar diaplikasikan pada masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Sistem, O. Lampu, P. Taman, and Y. Widiatmoko, "Prototype Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi," *Sol. Cell*.
- [2] B. A. B. Ii and T. Pustaka, "No Title."
- [3] M. A. Saputra, M. F. Azis, and E. Aditia, "Inovasi peningkatan efisiensi panel surya berbasis."
- [4] B. D. Batas, "PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA PROYEK PENGADAAN AIR BERSIH DESA BATAS Oleh Fahrizal," pp. 11–17, 1900.
- [5] S. I. Putri, H. Suyono, and N. Hasanah, "Rancang Bangun dan Optimasi Panel Surya Berpenjejak dengan Logika Fuzzy Takagi- Sugeno," vol. 8, no. 1, pp. 85–92, 2014.
- [6] S. H. Subandi, "Solar Cell," *Wikipedia.org*, vol. 7, no. 2, pp. 157–163, 2010.
- [7] R. R. King *et al.*, "Solar cell generations over 40 % ef fi ciency," 2012.
- [8] S. Y. Pangabean, "Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage Pwm (Pulse Width Modulation)," *Ranc. Bangun Invert. Satu Fasa Menggunakan Tek. High Volt. PWM (Pulse Width Modul. Subas.*, vol. 11, no. 2, pp. 1–9, 2017.

LAMPIRAN



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama Lengkap : Ade Wiranata Susanto
Panggilan : Ade
Tempat, Tanggal Lahir : Tandam Hilir 02 Mei 1994
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Dusun 2 Tandam Hilir jl. Psr 7
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Hadi Susanto
Ibu : Anita
No. HP : 082274126744
E-mail : adepuput4@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1407220001
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SDN 101757	2006
2	SMP	SMP YPIS MAJU BINJAI	2009
3	SMK	SMK YPIS MAJU BINJAI	2012
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2014 Sampai Selesai.		