

SKRIPSI

**PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUPLAI CADANGAN
PADA RUANGAN JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH MAKASSAR**



Oleh :

FITRA MADANI

105 82 1087 12

LISA RASALI

105 82 1230 13

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2018

**PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUPLAI CADANGAN
PADA RUANGAN JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar

Disusun dan Diajukan Oleh :

FITRA MADANI
105 82 1087 12

LISA RASALI
105 82 1230 13

PADA

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2018**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

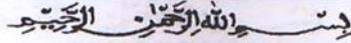
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUPLAY CADANGAN PADA RUANGAN JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

Nama : 1. Lisa Rasali
2. Fitra Madani

Stambuk : 1. 10582 1230 13
2. 10582 1087 12

Makassar, 04 September 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

Adriani, S.T.,M.T

Mengetahui,
Ketua Jurusan Elektro



NBM : 1044 202



GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
PENGESAHAN

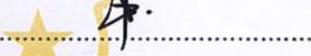
ini atas nama **Lisa Rasali** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1230 13 dan **Fitra**
Ami dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1087 12, dinyatakan diterima dan disahkan oleh
Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0006/SK-Y/20201/091004/2018, sebagai salah
syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan
Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Jum'at tanggal
Agustus 2018.

Ujian : Makassar, 14 Muharram 1440 H
Pengawas Umum : 24 September 2018 M

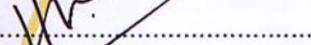
Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM. 

Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T. 

Ketua : Rizal A Duyo, S.T.,M.T. 

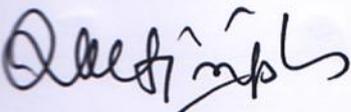
Sekretaris : Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T. 

Anggota : 1. Rahmania, S.T.,M.T. 

2. Ir. Abd Hafid, M.T. 

3. Anugrah, S.T.,M.M. 

Mengetahui :

Pembimbing I


Pembimbing II


Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

Adriani, S.T.,M.T

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.
NBM: 855 500

**PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUPLAI CADANGAN
PADA RUANGAN JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

Fitra Madani⁽¹⁾ dan Lisa Razali⁽²⁾

¹⁾*Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Unismuh Makassar*

²⁾*Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Unismuh Makassar*

Jl. Sultan Alauddin No.259 Telp.(0411)866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

ABSTRAK

Pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada ruangan jurusan teknik elektro universitas muhammadiyah makassar. Dibimbing oleh Zulfajri Basri Hasanuddin dan Adriani. Sel Energi surya adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya energi ini dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Dalam tujuan perancangan ini adalah untuk mengetahui kinerja panel surya sebagai energi cadangan di jurusan teknik elektro dan mengetahui tingkat efisiensi penyuplaian energi secara maksimal, agar kelak bisa diaplikasikan pada perancangan selanjutnya. Hasil pengujian alat tanpa beban menghasilkan tegangan rata-rata 13 VDC dengan arus 1 ampere . pengujian dengan menggunakan beban, maksimal penyuplaian energi cadangan tergantung beban yang digunakan didalam Jurusan Teknik Elektro. Analisa menggunakan beban komputer, printher,dan lampu dapat berfungsi sampai 80 menit dan disaat menit 90 semua beban padam dikarenakan energi listrik pada panel surya yang disimpan ke baterai telah habis, sedangkan tingkat efisiensi yang dihasilkan pada penyuplaian energi cadangan sebesar 29,99 %

Kata Kunci : Solar Sel, Tenaga Listrik, Jurusan.

ABSTRACT

Exploiting of surya energi as reserve supply technique majors room of elektro university of muhammadiyah makassar. Guided by Zulfajri Basri Hasanuddin and of Adriani. Cell of Energi surya is the source of energi which will never used up finished its availability of this energi can be exploited as alternative energi. In target of this scheme is to know panel performance of surya as technique majors reserve energi of elektro and know storey;level of efisiensi supply of energi maximally, so that to be later application can at scheme hereinafter. Result of examination of appliance without burden yield average pressure 13 VDC with current 1 ampere . examination by using burden, maximal of penyuplaian of reserve energi depended used burden in Majors Technique of Elektro. Analysis use computer burden, lamp printher,dan can function until 80 minute moment and minute 90 all extinct burden because of electrics energi at panel of surya kept by is ke baterai have used up finished, while the efficiency level generated in the supply of energy reserves amounts to 29,99 %.

Keyword : Solar Cell, Electric Power, Majors.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Penulisan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan program studi pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir ini adalah : “ *Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan Pada Ruangan Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar* ”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, sebab itu penulis sebagai manusia biasa tidak lupuk dari kesalahan dan kekurangan baik dari segi teknik penulisan maupun dari segi perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan lapang dada atas segala koreksi serta perbaikan guna menyempurnakan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat buat kita semua.

Skripsi ini dapat terwujud atas berkat bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibunda dan saudara-saudara yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan.

2. Bapak Hamzah Al Imran, ST.,MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Umar Katu, ST.,MT. sebagai Ketua Jurusan dan Ibu Adriani, ST.,MT. sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir H Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng selaku Pembimbing I dan Ibu Adriani, ST.,MT. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam bimbingan kami.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar atas segala waktunya yang telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar terkhusus angkatan 2012 (MISIEL) yang dengan keakraban dan persaudaran banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut diatas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, 09 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sel Surya	5
2.2 Semikonduktor dan Sel Surya	7
2.3 Proses Konversi <i>Solar Cell</i>	8

2.4	Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi	15
2.5	Pengaruh Sudut Datang Terhadap Radiasi yang diterima	17
2.6	Jenis Panel Surya	18
2.7	<i>Accumulator</i> (aki).....	20
	2.7.1 Proses Aki Mengeluarkan Arus	21
	2.7.2 Proses Aki Menerima Arus.....	21
2.8	Inverter	22
2.9	<i>Baterai Control Unit</i> (BCU)	24
2.10	Kabel	26
	2.7.1 Kabel NYM	26
	2.7.2 Kabel NYAF.....	27
2.11	Pipa.....	28
2.12	Alat Pengukur	29
	2.12.1 Alat Ukur Intensitas Cahaya.....	29
	2.12.2 Alat Ukur Listrik.....	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.2	Alat dan Bahan	33
3.3	Tahap Penelitian.....	36
3.4	Blok Diagram Rangkaian	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Umum.....	43
-----	-----------	----

4.2 Pembangkit Listrik Tenaga Matahari	43
4.3 Pengujian Alat Panel Surya Tanpa Beban.....	44
4.4 Pengujian Alat Dengan Berbeban	46
4.5 Perhitungan Daya Solar Sell.....	49
4.5.1 Daya Input Sel Surya.....	49
4.5.2 Daya Output Sel Surya	49
4.5.3 Efisiensi Sel Surya	50
4.5.4 Hubungan Daya dan Aki	50

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Modul Sel Surya.....	7
Gambar 2.2	Semikonduktor jenis p dan n Sebelum Disambung	9
Gambar 2.3	Perpindahan Elektrol dan Hole pada Semikonduktor	10
Gambar 2.4	Hasil Muatan Positif dan Negatif pada Semikonduktor	10
Gambar 2.5	Timbulnya Medan Listrik Internal E.....	11
Gambar 2.6	Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari	12
Gambar 2.7	Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari	13
Gambar 2.8	Kabel Dari Sambungan Semikonduktor Dihungkan KeLampu.....	14
Gambar 2.9	Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi.....	15
Gambar 2.10	Grafik besar radiasi harian matahari yang mengenai permukaan bumi	16
Gambar 2.11	Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang panel sel surya	17
Gambar 2.12	Panel Surya Monokristalin.....	18
Gambar 2.13	Panel Surya Polikristalin	19
Gambar 2.14	Panel Surya Silikon Amorphous	19
Gambar 2.15	Panel Surya Gallium Arsenide	20
Gambar 2.16	Aki / Accu	20
Gambar 2.17	Inverter	22
Gambar 2.18	Prinsip kerja inverter 1 Phasa.....	23
Gambar 2.19	Bentuk gelombang tegangan	23
Gambar 2.20	Battery Control Unit.....	24
Gambar 2.21	Kabel NYM.....	27
Gambar 2.22	Kabel NYAF	27

Gambar 2.23	Pipa PVC	28
Gambar 2.24	Alat Ukur Intensitas Cahaya LX1330B	29
Gambar 2.25	Jenis-jenis Alat Ukur Listrik	30
Gambar 3.1	Flow Chart.....	35
Gambar 3.2	Flow Chart Alat.....	35
Gambar 3.3	blok diagram rangkaian.....	34
Gambar 4.1	Rangkaian Alat Secara Fisik	36
Gambar 4.2	Rangkaian Panel Surya Tanpa Beban	37
Gambar 4.3	Panel Surya.....	37
Gambar 4.4	BCU.....	38
Gambar 4.5	Aki / Baterai	38
Gambar 4.6	Grafik perbandingan daya, arus dan tegangan	40
Gambar 4.7	Rangkaian Panel Surya berBeban	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Alat yang digunakan	33
Tabel 3.2	Bahan yang digunakan	34
Tabel 4.1	Data pengukuran sel surya 14 april 2018.....	44
Tabel 4.2	Data hasil pengujian beban komputer	47
Tabel 4.3	Data hasil pengujian beban komputer dan printher	48
Tabel 4.4	Data hasil pengujian beban komputer, printher dan lampu	48

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1 Tampak depan sel surya

Gambar 2 Tampak dalam sel surya

Gambar 3 Alat secara fisik

Gambar 4 Pengujian alat ke beban

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi Surya adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang akan di ubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Sel surya atau solar cell sejak tahun 1970- an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir.

Sel surya mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan. Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, dimana 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. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905.

Photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Ketersediaan energi listrik merupakan suatu keharusan untuk mendukung aktifitas manusia. Indonesia berada di garis katulistiwa yang membuat kepulauan kita disinari oleh cahaya matahari selama 10 sampai 12 jam perharinya.

Pemanfaatan energi matahari sangat mendukung di kepulauan tropis ini, hanya saja dalam 10 atau 12 jam tidak semuanya dalam keadaan cerah, terkadang cuaca sering kali tidak stabil dalam arti kondisi mendung, berawan, dan hujan.

Ruangan Jurusan Suatu Institusi yang dimana diketahui memiliki banyak aktifitas berupa administrasi, melayani keluhan-keluhan mahasiswa seperti yang dilakukan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Hal ini diharuskan fasilitas yang berada dalam ruangan harus aktif seperti komputer, laptop, printer, pendingin ruangan (kipas) dan pencahayaan ruangan (lampu).

Fasilitas yang ada di dalam jurusan masih membutuhkan energi listrik dari PLN agar kinerja jurusan bisa beraktifitas. Ketika terjadinya pemadaman listrik yang tidak terduga membuat aktifitas di dalam jurusan terhenti sampai adanya suplai energi listrik dari PLN.

Berdasarkan permasalahan tersebut, terbesit ide untuk membuat tugas akhir yang berjudul “Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan Pada Ruang Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar”. Alat ini nantinya menyuplai listrik kejurusan ketika tidak adanya suplai listrik dari PLN. Sehingga di dalam jurusan kembali beraktifitas.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja panel surya (solar cell) sebagai energi cadangan jurusan Teknik Elektro?.
2. Bagaimana penggunaan panel surya cukup efisien dala penyuplai energi dijurusan Teknik Elektro ?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari perancangan ini yaitu:

1. Untuk menganalisa dan mengetahui kinerja panel surya sebagai energi cadangan dijurusan Teknik Elektro.
2. Untuk mengetahui tingkat efisiensi penyuplaian energi cadangan secara maksimal.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini meliputi.

1. Menganalisa energi yang dihasilkan panel surya sebagai energi cadangan jurusan teknik elektro.
2. Beban komputer, Printher, dan lampu yang digunakan sebagai penyupai energi cadangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari perancangan ini adalah:

1. Meningkatkan kualitas pelayanan dan aktifitas dalam jurusan Teknik Elektro Uniersitas Muhammadiyah Makassar.

2. Memperlancar pekerjaan jurusan dalam pelayanan mahasiswa.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan yang akan diuraikan dalam buku laporan proyek akhir ini terbagi dalam bab-bab yang akan dibahas sebagai berikut.

BAB I. PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang pokok pembahasan teori atau materi yang mendasari dalam pelaksanaan penelitian ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang tempat pelaksanaan penelitian serta metode yang diterapkan dalam tugas akhir ini.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang perancangan dan hasil perancangan dari alat tersebut, serta hasil pengujian yang telah penulis lakukan.

BAB V. PENUTUP

Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau kesimpulan dan saran akhir dari hasil perakitan dan pengujian alat yang telah dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sel Surya

Konversi energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik dilakukan oleh komponen yang disebut sel *photovoltaic* (selPV). Sel PV pada dasarnya semikonduktor dioda yang memiliki sambungan P-N. Dalam semikonduktor ini terbentuk tiga daerah berbeda, yaitu daerah tipe P, N dan pengosongan (depleksi). Pada daerah tipe P mayoritas pembawa muatannya adalah *hole*, sedangkan pada daerah tipe N mayoritas pembawa muatan adalah elektron. Daerah deplesi memiliki medan listrik internal dengan arah dari N ke P. Saat radiasi matahari mengenai sel surya maka akan terbentuk elektron dan *hole*. Karena pengaruh medan listrik internal pada daerah deplesi maka menyebabkan *hole* bergerak menuju daerah P dan elektron bergerak menuju daerah N. Perpindahan *hole* dan elektron ini menghasilkan arus yang disebut arus fotodifusi. Selain itu pada daerah deplesi dapat pula terjadi pasangan *hole* dan elektron karena pengaruh medan yang sama yang akan bergerak menuju ke arah mayoritasnya, sehingga menghasilkan arus generasi.

Irradiasi matahari (G) dapat diketahui dari data nilai rata-rata radiasi matahari yang sampai ke bumi, dengan nilai 1667 W/m². Nilai ini merupakan batas atas teoritis dari ketersediaan energy surya di bumi menurut Baharuddin di jurnal *Analisis Ketersediaan Radiasi Matahari di Makassar*. Untuk mengetahui daya (P) input sel surya adalah mempunyai irradiasi (G) dan luas panel surya (A) yang digunakan, maka dapat didefinisikan adalah:

$$P_{input} = G \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

G = Irradiasi Matahari (W/m²)

A = Luas Panel Sel Surya

Sedangkan Daya Output (P_{output}) sel surya dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{output} = V \times I \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

V = Tegangan Output (Volt)

I = Arus Output (Ampere)

Efisiensi (η) sel surya dapat diketahui ketika adanya Daya Input (P_{input}) dan Daya Output (P_{output}), dengan dapat dibuatkan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

P_{input} = Daya Input (Watt)

P_{output} = Daya Output (Watt)

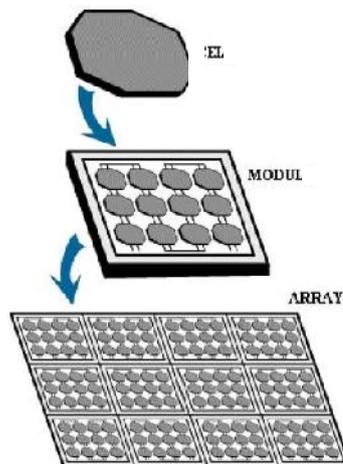
G = Irradiasi Matahari (W/m²)

(Sumber:<http://www.blogger.blogspot.com/2015/04/perhitungan-sederhana-solar-pamel.html/?m=1>)

Pada aplikasinya, tenaga listrik yang dihasilkan oleh satu modul sel surya masih cukup kecil, maka dalam pemanfaatannya beberapa modul digabungkan dengan cara hubungan seri maupun paralel yang disebut *array*.

Bentuk *array* ini yang banyak diaplikasikan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Modul sel surya ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut :

Bentuk *array* ini yang banyak diaplikasikan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Modul sel surya ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Modul Sel Surya

(Sumber: <http://www.slidehare.net/mobile/7779/07-pltssolarenergi-12-b>)

2.2 Semikonduktor dan Sel Surya

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik di antara sebuah konduktor dan isolator.(AlbertPaulMalvino,2003:35).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 pada energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) pada1894. 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. Celah pita ini besarnya berbeda-beda untuk setiap material semikonduktor, tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 eV ($1\text{eV}=1,60\times 10^{-19}\text{J}$).

Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi electromagnet, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda. Pendekatan yang berbeda dijabarkan oleh Einstein bahwa efek *photovoltaic* mengindikasikan cahaya merupakan partikel diskrit atau quanta energi. Dualitas cahaya sebagai partikel dan gelombang dirumuskan dengan persamaan:

$$E = \frac{h.c}{\lambda} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\begin{aligned} h.c &= (6,6256 \times 10^{-34} \text{Js})(2,9979 \times 10^8 \text{m/s}) \\ &= 1,9863 \times 10^{-26} \text{Jm} \end{aligned}$$

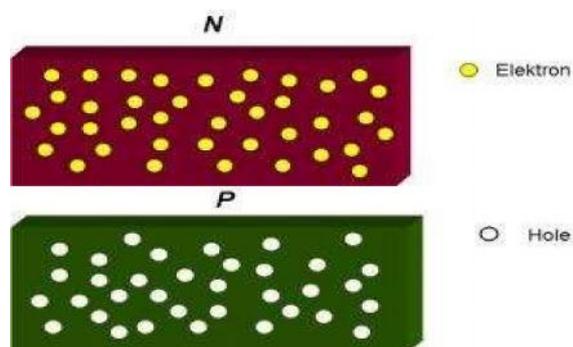
(Marcelo Alonso, 1992)

2.3 Proses Konversi *Solar Cell*

Proses pengubahan 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 = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p (p = positif) karena kelebihan muatan positif.

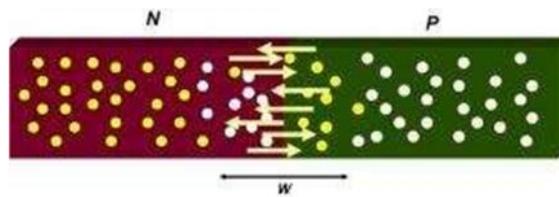
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Didalam semikonduktor alami ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau *hole* dapat meningkatkan 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 sebagai berikut.

- a. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



Gambar 2.2 Semikonduktor jenis p dan n Sebelum Disambung
(sumber: montaria chandra buwona)

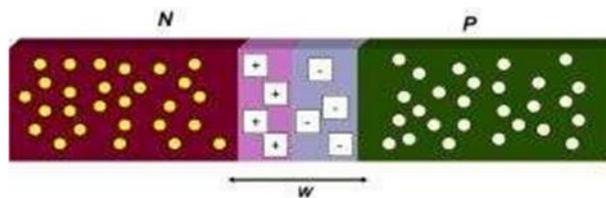
- b. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan *hole* dari semikonduktor p menuju semikonduktor n.



Gambar 2.3 Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor

(sumber: montaria chandra buwona)

- c. 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.

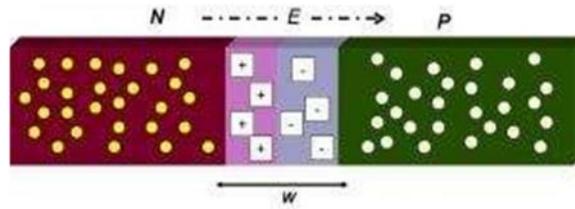


Gambar 2.4 Hasil Muatan Positif dan Negatif pada Semikonduktor

(sumber: montaria chandra buwona)

- d. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf W.
- e. Baik elektron maupun *hole* yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeban.
- f. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal Edarisisi

positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali *hole* ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n.

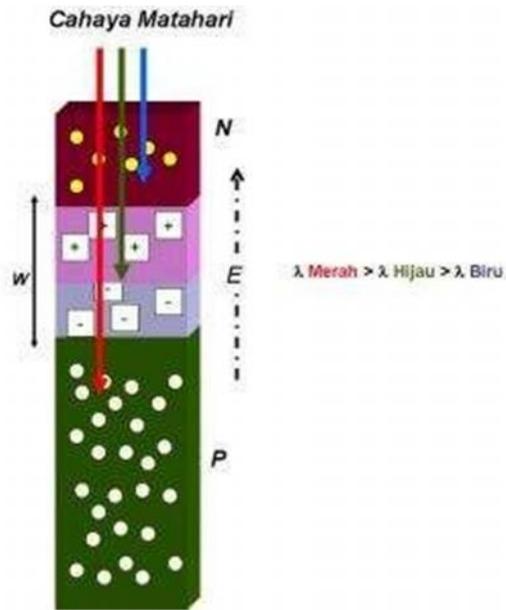


Gambar2.5 Timbulnya Medan Listrik Internal E

(sumber: montaria chandra buwona)

- g. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn beradMedan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan *hole* maupun elektron padaawal terjadinya daerah deplesi.a pada titik setimbang, yakni saatdi 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 E.

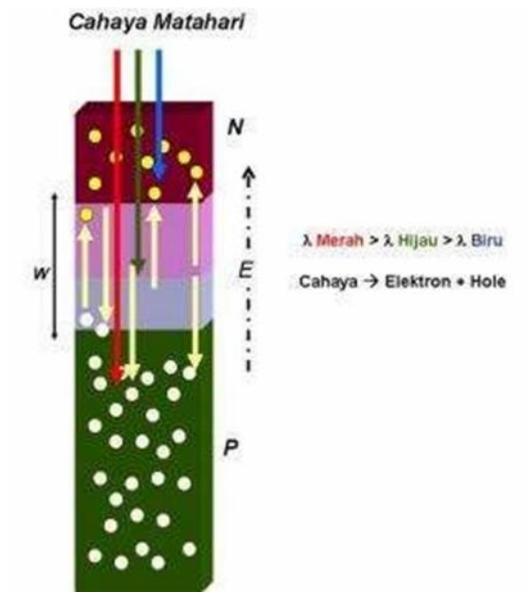
Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke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



Gambar2.6 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari

(sumber: montaria chandra buwona)

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



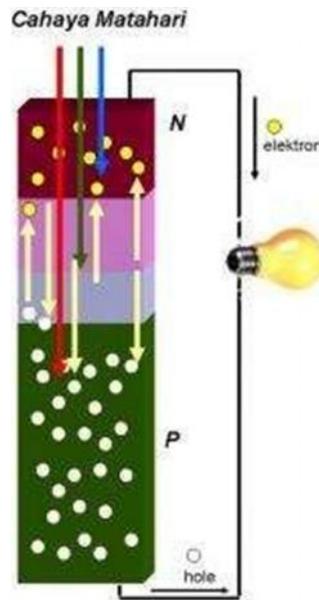
Gambar 2.7 Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari
(sumber: montaria chandra buwona)

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “ λ ” sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat foto generasi 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 semikonduktorn.

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E, elektron hasil foto generasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitupula dengan *hole* yang tertarik ke arah semikonduktor p.

Apabila rangkaian kabel dihubungkan kedua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke

kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar2.8 Kabel Dari Sambungan Semikonduktor Dihungkan Ke Lampu
(sumber: montaria chandra buwona)

Pada alat ini *solar cell* digunakan sebagai sumber energi pengganti listrik untuk mengisi ulang baterai sekunder (*charger*) yang digunakan untuk menghidupkan portal parkir otomatis. Dan untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari *solar cell* pada saat pengisian baterai langsung digunakan rumus:

$$P_{\text{panel}} = V_{\text{panel}} \times I_{\text{panel}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

P_{panel} = daya panel (dalam watt, W)

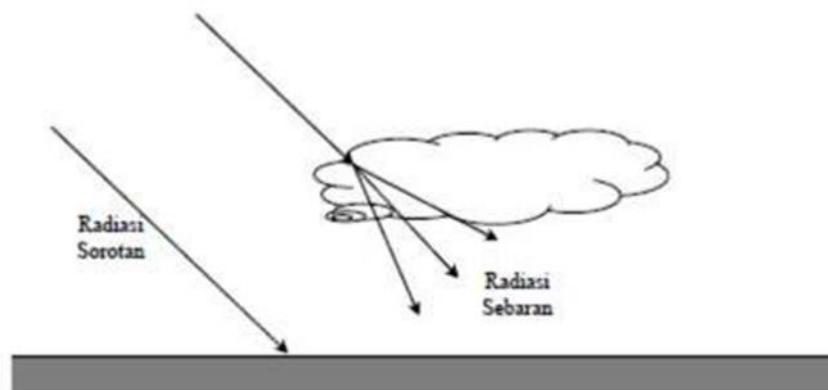
V_{panel} = ggl panel (dalam volt, V)

I_{panel} = arus panel (dalam Ampere, A)

(Robert L. Shrader, 1991: 27)

2.4 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

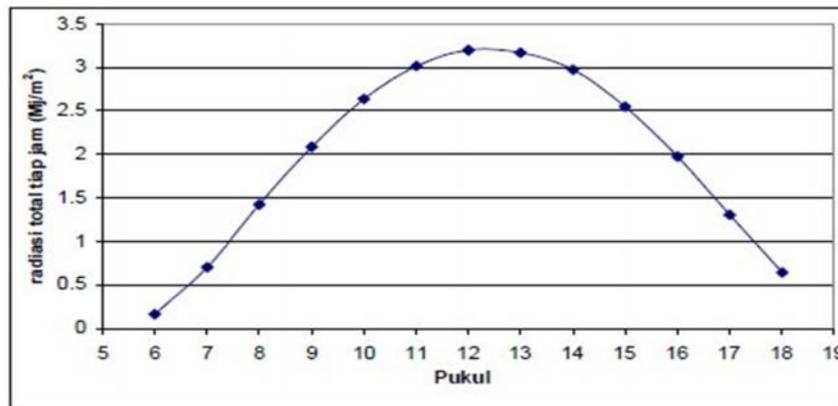
Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran.



Gambar2.9 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi
(Sumber : Yuwono,Budi. 2005)

Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar2.10. Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan

bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.



Gambar2.10 Grafik besar radiasi harian matahari yang mengenai permukaan bumi (Sumber : Yuwono,Budi. 2005)

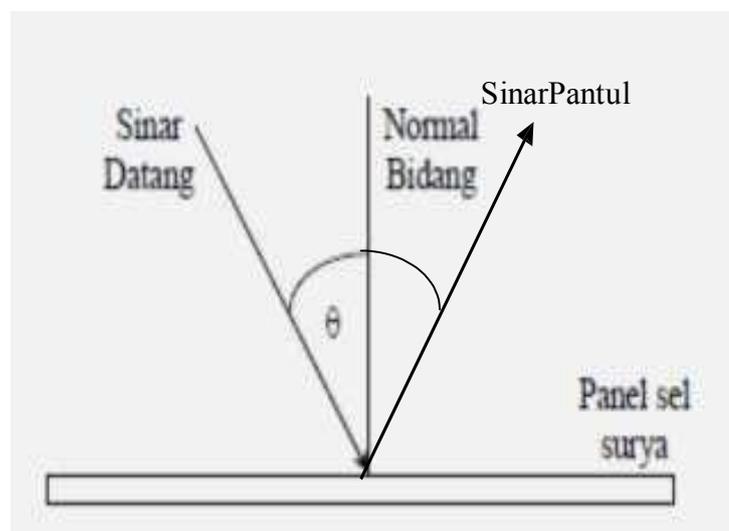
Ketersediaan radiasi matahari yang diukur distasitun IDMP yang berada di Kampus Unhas Makassar yang diukur selama enam tahun dari 1995 sampai dengan 2000 dan data yang diperoleh dari Meteonom yang diukur pada tahun 2005. Dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut :.

Tabel 2.1 Ringkasan nilai radiasi matahari dimakassar dari IDMP (1995-200) dan Meteonom (2005)

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
1996	137.86	188.33	214.97	254.00	209.65	208.28	209.92	176.30	192.09	178.65	146.97	186.25	2165.40
1997	144.72	195.87	223.54	264.20	217.98	216.56	220.46	185.12	201.72	175.04	144.09	182.51	2227.08
1998	137.86	168.71	195.69	224.03	213.45	214.01	209.92	175.97	177.83	181.89	161.39	210.71	2133.58
1999	120.61	147.63	171.21	196.01	186.74	187.25	183.71	153.96	155.58	159.12	141.21	184.37	1866.79
2000	132.29	180.70	206.32	243.84	201.19	191.07	201.50	169.24	184.41	171.48	141.08	178.81	2069.63
2005	92.88	103.49	143.56	161.97	154.78	155.52	165.14	170.38	174.93	180.73	151.02	105.65	1667.16

2.5 Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang diterima

Besarnya radiasi yang diterima panel sel surya dipengaruhi oleh sudut datang (*angle of incidence*) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan komponen tegak lurus bidang panel.



Gambar 2.11 Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang panel sel surya

(Sumber : Yuwono,Budi. 2005)

Panel akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut θ seperti gambar 2.7 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor $\cos \theta$.

$$I_r = I_{r0} \cos \theta \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana: I_r = Radiasi yang diserap panel

I_{r0} = Radiasi yang mengenai panel

θ = Sudut antara sinar datang dengan normal bidang panel

2.6 Jenis Panel Surya

Ada beberapa jenis panel surya yang dijual dipasaran:

1. Jenis pertama, yaitu jenis yang terbaik dan yang terbanyak digunakan masyarakat saat ini, adalah jenis monokristalin. Panel ini memiliki tingkat efisiensi antara 12 sampai 14%.



Gambar 2.12 Panel Surya Monokristalin

2. Jenis kedua adalah jenis polikristalin atau multikristalin, yang terbuat dari kristal silikon dengan tingkat efisiensi antara 10 sampai 12%.



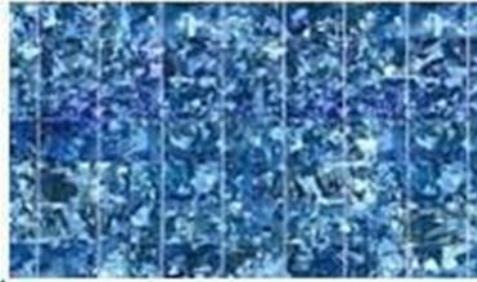
Gambar 2.13 Panel Surya Polikristalin

3. Jenis ketiga adalah silikon jenis amorphous, yang berbentuk film tipis. Efisiensinya sekitar 4-6%. Panel surya jenis ini banyak dipakai dimainan anak-anak, jam dan kalkulator.



Gambar 2.14 Panel Surya Silikon Amorphous

4. Jenis keempat adalah panel surya yang terbuat dari GaAs (Gallium Arsenide) yang lebih efisien pada temperatur tinggi.



Gambar 2.15 Panel Surya Gallium Arsenide
(sumber: .design-impact.)

2.7 *Accumulator (Aki)*

Aki adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Contoh-contoh aki adalah baterai dan kapasitor. Aki termasuk dalam jenis sel sekunder, artinya sel ini dapat dimuati ulang ketika muatannya habis. Ini karena reaksi kimia dalam sel dapat dibalikkan arahnya. Jadi sewaktu sel dimuati, energi listrik diubah menjadi energi kimia, dan sewaktu sel bekerja, energi kimia diubah menjadi energi listrik.



Gambar 2.16 Aki / Accu

Jenis aki yang digunakan adalah aki basah seperti yang terlihat pada gambar 2.5. Adapun cara kerja aki basah sebagai berikut:

2.7.1 Proses aki mengeluarkan arus

Pada saat baterai dalam keadaan *discharge* maka hampir semua asam melekat pada pelat-pelat dalam sel sehingga cairan elektrolit konsentrasinya sangat rendah dan hampir melulu hanya terdiri dari air (H_2O), akibatnya berat jenis cairan menurun menjadi sekitar $1,1 \text{ kg/dm}^3$ dan ini mendekati berat jenis air yang 1 kg/dm^3 . Sedangkan baterai yang masih berkapasitas penuh berat jenisnya sekitar $1,285 \text{ kg/dm}^3$. Dengan perbedaan berat jenis inilah kapasitas isi baterai

bisa diketahui apakah masih penuh atau sudah berkurang yaitu dengan menggunakan alat hidrometer. Hidrometer ini merupakan salah satu alat yang wajib ada di bengkel aki (bengkel yang menyediakan jasa setrum/cas aki). Selain itu pada saat baterai dalam keadaan discharge maka 85% cairan elektrolit terdiri dari air (H_2O) dimana air ini bisa membeku, bak baterai pecah dan pelat-pelat menjadi rusak.

2.7.2 Proses aki menerima arus

Baterai yang menerima arus adalah baterai yang sedang disetrum/dicas alias sedang diisi dengan cara dialirkan listrik DC, dimana kutub positif baterai dihubungkan dengan arus listrik positif dan kutub negatif dihubungkan dengan arus listrik negatif. Tegangan yang dialiri biasanya sama dengan tegangan total yang dimiliki baterai, artinya baterai 12 V dialiri tegangan 12 V DC, baterai 6 V dialiri tegangan 6 V DC, dan dua baterai 12 V yang dihubungkan secara seri dialiri tegangan 24 V DC (baterai yang dihubungkan seri total tegangannya adalah jumlah dari masing-masing tegangan baterai).

Kebutuhan baterai minimum (baterai hanya digunakan 50% untuk pemenuhan kebutuhan listrik). Dengan demikian kebutuhan daya dikalikan 2 kali lipat. Hubungan daya dan aki dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{aki} = V_{aki} \times I_{aki} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

$$P_{aki} = \text{DayaAki (Watt)}$$

$$V_{aki} = \text{Tegangan Aki (Volt)}$$

$$I_{aki} = \text{Arus Aki (Ampere)}$$

2.8 Inverter

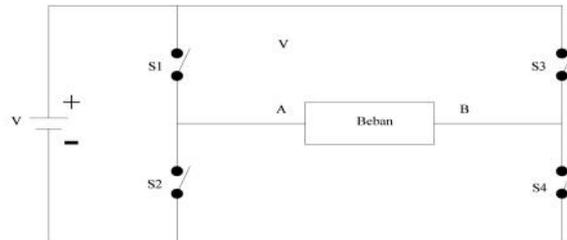
Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya/selsurya menjadi AC. Gambar 2.6 merupakan contoh inverter.



Gambar 2.17 Inverter

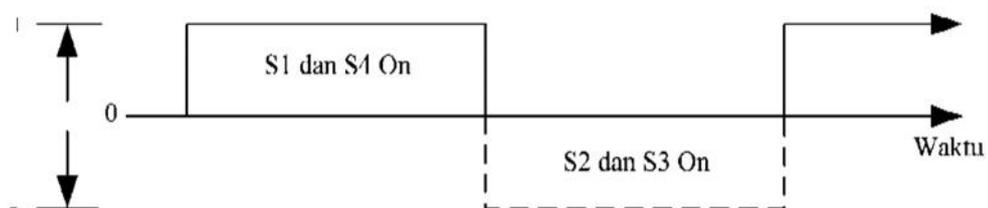
Pada dasarnya inverter merupakan sebuah alat yang membuat tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang tegangan yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk sinusoidal melainkan berbentuk gelombang dengan persegi. Pembentukan

tegangan AC tersebut dilakukan dengan menggunakan dua pasang saklar. Gambar 2.4 merupakan gambar yang akan menerangkan prinsip kerja inverter dalam pembentukan gelombang tegangan persegi.



Gambar 2.18 Prinsip kerja inverter 1 Phasa

Dari gambar 2.7 dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan arus bolak-balik, maka kerja saklar S1 sampai S4 yang disupply oleh tegangan DC harus bergantian. Ketika saklar S1 dan S4 hidup maka arus akan mengalir dari titik A ke titik B sehingga terbentuklah tegangan positif. Setelah itu gantian saklar S2 dan S3 yang hidup dan arus akan mengalir dari titik B ke titik A sehingga terbentuklah tegangan negatif. Pembentukan gelombang hasil ON-OFF keempat saklar tersebut dapat terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.19 Bentuk gelombang tegangan

Dengan mengubah arah arus yang mengalir ke beban (pada $\frac{1}{2}$ periode pertama arus mengalir dari titik A ke titik B dan pada $\frac{1}{2}$ periode kedua arus

mengalir dari B ke A) maka akan didapatkan bentuk gelombang arus bolak-balik. Inverter mengatur frekuensi keluarannya dengan cara mengatur waktu ON-OFF saklar-saklarnya. Sebagai contoh apabila S1 dan S4 ON selama 0,5 detik begitu juga dengan S2 dan S3 secara berganti-gantian maka akan dihasilkan gelombang bolak-balik dengan frekuensi 1 Hz. Pada dasarnya saklar S1-S4 dan S2-S3 dihidupkan dengan jangka waktu yang sama. Jadi apabila dalam satu periode $T_0 = 1$ detik, maka S1-S4 ON selama 0,5 detik dan S2-S3 ON selama 0,5 detik dan didapatkan frekuensi sebesar 1 Hz.

2.9 *Baterai Control Unit (BCU)*



Gambar 2.20 Battery Control Unit

Gambar 2.9 merupakan BCU. BCU adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

Solar charge controller menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Solar panel 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *over-charging* dan

ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.

Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut:

- 1) Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.
- 2) Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak '*full discharge*', dan *overloading*.
- 3) Monitoring temperatur baterai

Untuk membeli *solar charge controller* yang harus diperhatikan adalah:

- 1) Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
- 2) Kemampuan (dalam arus searah) dari *controller*. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
- 3) *Full charge* dan *low voltage cut*

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel sel surya berhenti.

Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel sel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya

karena biasanya ada '*diode protection*' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel sel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

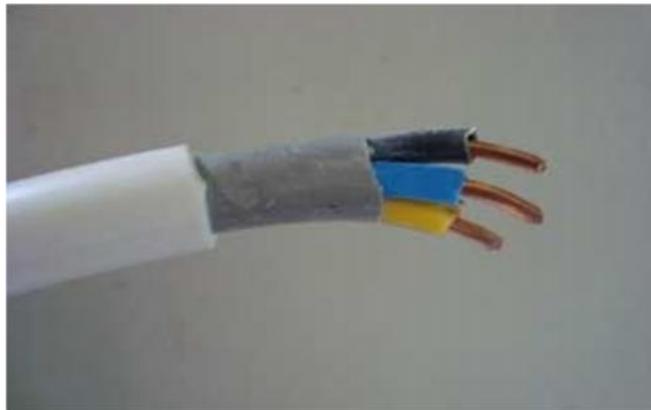
Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro. Di pasaran sudah banyak ditemui *charge controller* 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.

2.10 Kabel

Kabel adalah suatu alat penghantar arus listrik yang terbuat dari logam, misalkan aluminium, tembaga, dan besi. Kabel diselimuti dengan isolator berbahan karet. Kabel ini biasa digunakan untuk pemasangan instalasi listrik pada industri maupun rumah tangga.

2.10.1 Kabel NYM

Digunakan untuk kabel instalasi listrik rumah atau gedung dan sistem tenaga. Kabel NYM berinti lebih dari 1, memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna putih atau abu-abu), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA. Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah. Contohnya dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.21 Kabel NYM

2.10.2 Kabel NYAF

Gambar 2.13 merupakan contoh kabel NYAF. Kabel NYAF merupakan jenis kabel fleksibel dengan penghantar embaga serabut berisolasi PVC. Digunakan untuk instalasi panel yang memerlukan fleksibilitas tinggi.



Gambar 2.22 kabel NYAF

2.11 Pipa

Polyvinyl chloride (PVC) adalah pipa yang terbuat dari plastik dan beberapa kombinasi vinyl lainnya. Memiliki sifat yang tahan lama dan tidak gampang dirusak. Pipa PVC juga tidak berkarat atau membusuk. Oleh karena itu, PVC ini paling sering digunakan dalam sistem irigasi/perairan dan pelindung kabel.

Di Indonesia standard ukuran yang dipakai untuk system perairan rumah tangga atau lainnya adalah standar Japanese Industrial Standard (JIS), sedangkan untuk PDAM biasanya memakai standard Nasional SNI. Ukuran pipa PVC bermacam-macam dengan standard JIS (satuan inch) yang dimulai dari AW 1/2" sampai AW 10" (atau lebih), D 1 1/4" sampai D 10" (atau lebih) dan C 5/8" sampai C 5". Adapun arti kode dari pipa PVC adalah sebagai berikut:

- 1) AW bahannya paling tebal, biasanya dipakai untuk perairan yang memiliki tekanan (seperti pakai pompa)
- 2) D bahannya tidak terlalu tebal, bisa untuk tekanan yang tidak terlalu besar atau bisa dipakai untuk buangan.
- 3) C bahannya paling tipis, biasanya untuk buangan air, tidak bisa untuk tekanan

Untuk menggunakan pipa PVC, harus ditahu digunakan untuk apa, Karena pada umumnya setiap ukuran pipa PVC mempunyai fungsi tersendiri. Adapun fungsi dari tiap ukuran pipa PVC adalah sebagai berikut:

- 1) C 5/8 digunakan untuk pelindung kabel listrik.

- 2) AW 1/2, 3/4 biasa digunakan untuk supply air di rumah tangga. Untuk ukuran yang lebih besar biasanya dipakai kalau memang membutuhkan debit air yang lebih besar.
- 3) D 2 1/2 , 3 , 4 biasa digunakan untuk air buangan di rumah tangga. Bisa saja pakai C tapi lebih baik gunakan type D kalau pipanya tidak ditanam di tembok, takutnya kalau ada apa-apa misalnya wc buntu dan perlu disedot, bisa pecah kalau tidak kuat.
- 4) C 3, 4 biasa digunakan untuk pembuangan air yang memiliki tekanan rendah.

Adapun contoh pipa PVC dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.23 Pipa PVC

2.12 Alat Pengukur

2.12.1 Alat Ukur Intensitas Cahaya

Alat Ukur Intensitas Cahaya LX1330B merupakan alat pengukur intensitas cahaya atau biasa disebut digital lux meter model genggam yang mampu mengukur intensitas cahaya hingga 200.000 lux, pengukur intensitas cahaya ini memiliki tingkat akurasi tinggi dan respon yang sangat cepat dan sensitif.

alat ukur intensitas cahaya LX1330B ini dapat melakukan pengukuran intensitas cahaya mulai dari 0 sampai dengan 200.000 Lux, Alat Ukur Intensitas

Cahaya LX1330B ini memiliki fitur easy switch yang memudahkan anda untuk mengganti satuan unit pengukuran antara Lux atau Footcandle hanya dengan menekan satu tombol. Lux meter digital ini hanya membutuhkan konsumsi daya dari baterai berkapasitas 9V untuk melakukan tugasnya, yang bisa bertahan hingga 200 jam atau bahkan lebih lama. Fitur canggih lainnya yang sudah disematkan pada lux meter digital ini adalah fitur Data Hold, Auto Zero dan masih banyak lagi. *Alat Ukur Intensitas Cahaya LX1330B* ini akan membantu mengatur kondisi lingkungan anda seperti yang anda inginkan, khususnya pada masalah pencahayaan.

Alat ukur intensitas cahaya ini banyak digunakan pada bidang sinematografi dan desainer tata cahaya, untuk menentukan tingkat cahaya yang optimal untuk sebuah adegan. alat alat pengukur intensitas cahaya juga banyak digunakan pada bidang-bidang pencahayaan umum lainnya, untuk membantu mengurangi jumlah intensitas cahaya yang terbuang di rumah, polusi cahaya di luar, dan untuk memastikan tingkat intensitas cahaya yang tepat untuk pertumbuhan tanaman.

Adapun contoh alat ukur intensitas cahaya dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.24 Alat Ukur Intensitas Cahaya LX1330B

2.12.1 Alat Ukur Listrik

Alat ukur listrik adalah alat yang digunakan untuk mengukur besaran-besaran listrik seperti kuat arus listrik (I), beda potensial listrik (V), hambatan listrik (R), daya listrik (P), dll. Alat ukur listrik ini ada yang berupa alat ukur analog dan ada juga yang berupa alat ukur digital. Berikut adalah gambar alat-alat ukur listrik yang dibedakan berdasarkan fungsinya



Gambar 2.25 Jenis-jenis Alat Ukur Listrik

1. Ampermeter

Ampermeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik dalam suatu rangkaian tertutup. Dalam pemasangannya, ampermeter ini harus dihubungkan paralel dengan sebuah hambatan shunt R_{sh} . Pemasangan hambatan shunt ini tidak lain bertujuan untuk meningkatkan batas ukur galvanometer agar dapat mengukur kuat arus listrik yang lebih besar dari nilai standarnya.

2. Voltmeter

Voltmeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur beda potensial atau tegangan pada ujung-ujung komponen elektronika yang sedang aktif, seperti kapasitor aktif, resistor aktif, dll. Selain itu, alat ini juga bisa digunakan untuk mengukur beda potensial suatu sumber tegangan, seperti batere, catu daya, aki, dll. Voltmeter dapat dibuat dari sebuah galvanometer dan sebuah hambatan eksternal R_x yang dipasang seri. Adapun tujuan pemasangan hambatan R_x ini tidak lain adalah untuk meningkatkan batas ukur galvanometer, sehingga dapat digunakan untuk mengukur tegangan yang lebih besar dari nilai standarnya.

3. Ohmmeter

Ohmmeter adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur hambatan suatu komponen, seperti resistor, dan hambatan kawat penghantar. Tidak seperti ampermeter dan voltmeter, ohmmeter dapat bekerja sesuai dengan fungsinya jika pada alat tersebut terdapat sumber tegangan, misalnya batere.

BAB III

METODE PERANCANGAN

3.1 Waktu dan tempat penelitian

Waktu yang dibutuhkan dalam penelitian selama 4 bulan dari bulan Januari 2018 sampai bulan April 2018. Di Jurusan Teknik Elektro dan depan ruangan 3.1 Universitas Muhammadiyah Makassar.

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini diperlukan sejumlah alat dan bahan untuk merakit alat. Adapun alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

Tabel 3.1 alat yang digunakan

No	Alat	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Keterangan
1	Tang	Lancip,kombinasi,dankupas.	1	Buah	-
2	Palu	-	1	Buah	-
3	Obeng	Plus dan Minus	1	Buah	-
4	Kunci Pas	12	1	Buah	-
5	BorListrik	-	1	Buah	-
6	Mata Bor	10	1	Buah	-

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan

No.	Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Keterangan
1	Panel Sel Surya	50 WP	1	Buah	-
2	Aki/Baterai	100 Ah	1	Buah	-
3	BCU	-	1	buah	-
4	Inverter	1000 Watt	1	Buah	-
5	Kabel NYAM	2x1,5 mm ²	10	Meter	-
6	Kabel NYAF	1.5 mm ²	5	Meter	-
7	LX1330B	-	1	Buah	-
8	Alat Ukur V dan A	-	1	Buah	-

Alat untuk merancang panel surya sebagai suplai candangan jurusan yaitu :

1. Solar cell

Solar cell yang digunakan didini pertipe MY SOLAR dengan maximum power sampai 50 W, tegangan yang dihasilkan bisa sampai 17 VDC.



Gambar 4.3 Panel Surya

2. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller atau bisa disebut BCU sebagai mengontrol dan penyearah tegangan yang dihasilkan panel yang kemudian dihubungkan ke Aki.



Gambar 4.4 BCU

3. Aki / Baterai

Baterai atau aki yang digunakan bertipe YUASA 28D26R-N50 yang memiliki tegangan 12 V dan bisa digunakan 50 Ah.



Gambar 4.5 AKI / Baterai

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian pemanfaatan energi cadangan jurusan Teknik Elektro menggunakan sel surya, yaitu :

1. Studi pendahuluan

Mengadakan bimbingan dengan dosen pembimbing mengenai judul dan topik pembahasan yang diarahkan untuk merancang pemanfaatan energi surya sebagai suplay energi cadangan jurusan Teknik Elektro.

2. Data kepustakaan

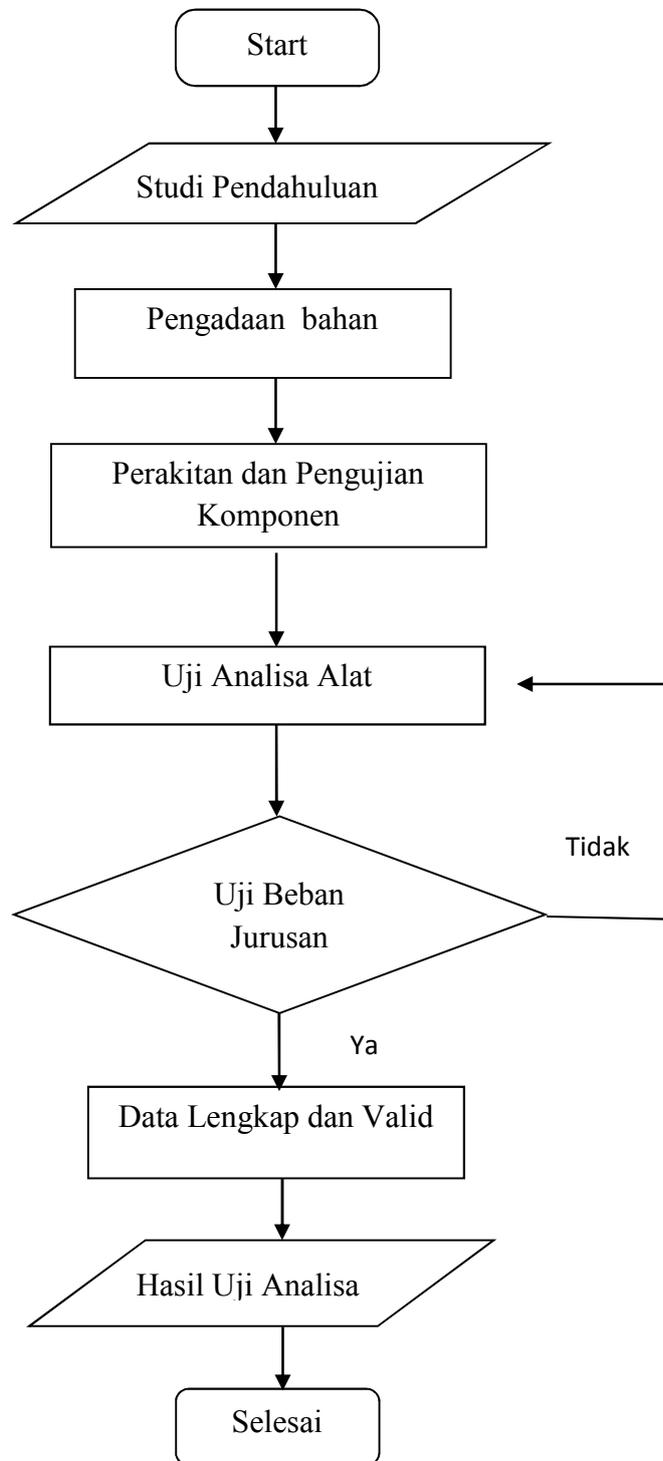
Pengumpulan data-data dengan jalan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, tulisan- tulisan, dan bahan- bahan kuliah yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berkaitan dengan materi yang menjadi pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini.

3. Penelitian Lapangan (*field research*)

Penelitian yang dilakukan secara langsung dengan cara melakukan pengukuran pada terminal-terminal keluaran panel surya. Untuk mendapatkan tegangan panel surya. Untuk pengukuran intensitas cahaya matahari pengukuran dilakukan diluar rangkaian. Setelah itu mengukur pemakaian tegangan, arus dan daya yang digunakan didalam jurusan elektro.

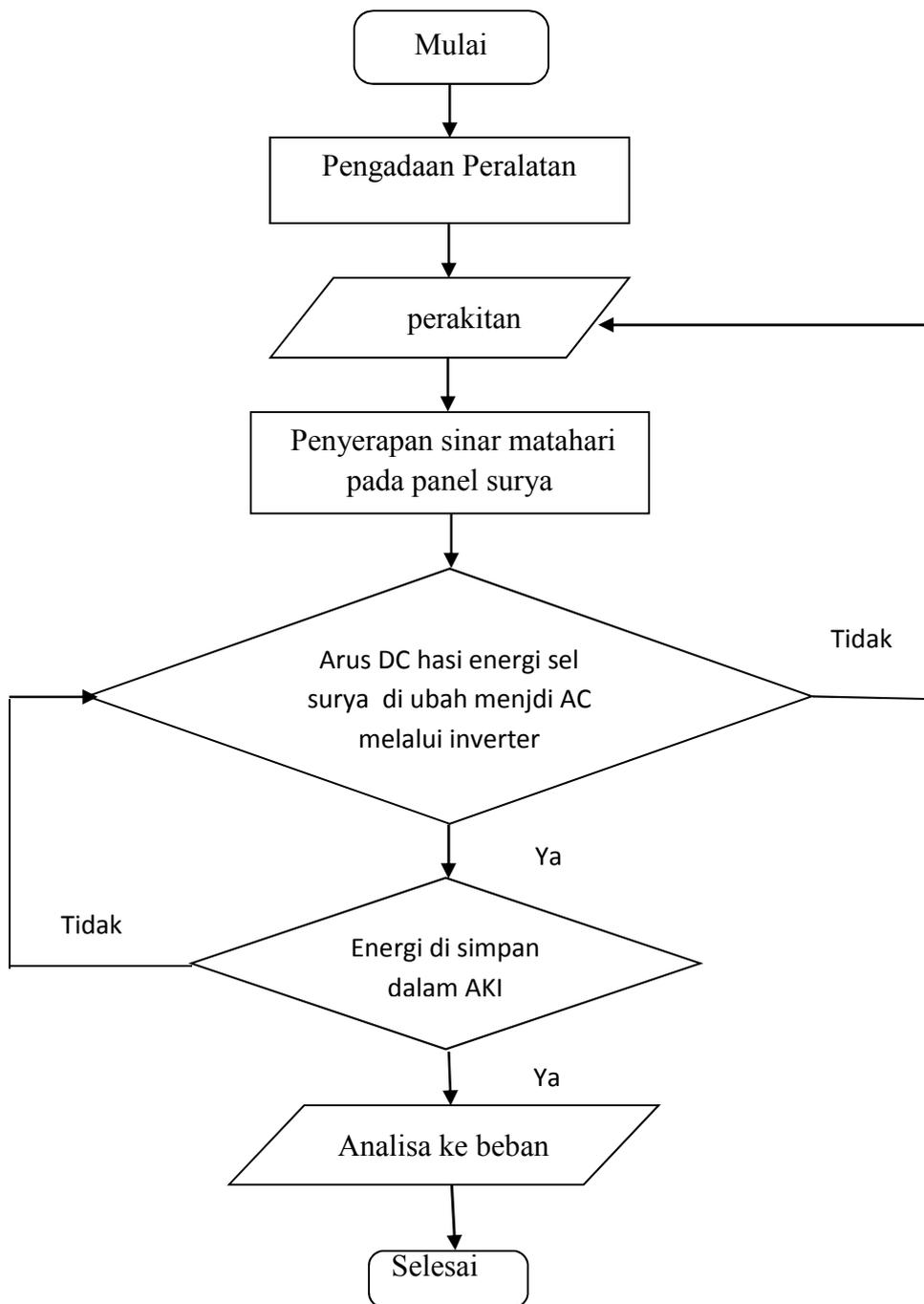
4. Tahap Perancangan

Memodifikasi sebuah solar cell menggunakan alat seperti solar cell 50 W, BCU 30 Ampere, Aki 12 VDC / 50Ah, Voltmeter Analog, dan Amperemeter analog. solar cell dihubungkan ke alat ukur Voltmeter dan Amperemeter guna untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya. Kemudian disambungkan ke BCU dan ke aki sebagai penyimpan daya yang dihasilkan panel surya.



Gambar 3.1 Flow Chart Tahapan Penelitian

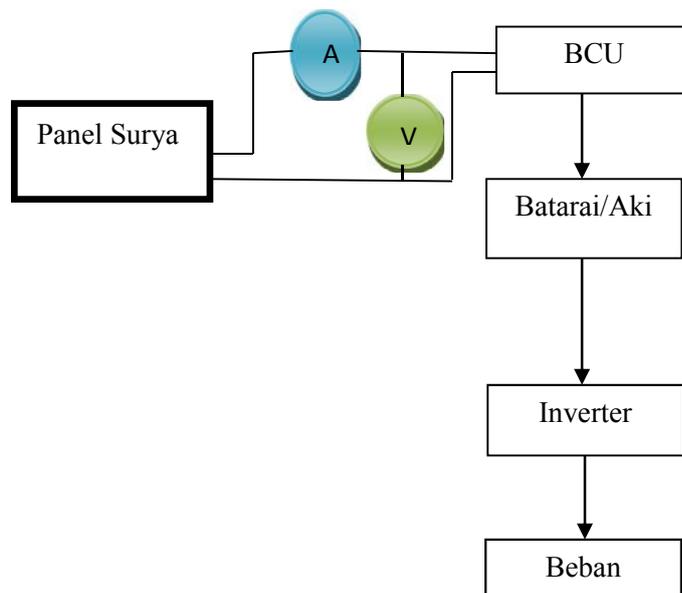
Pertama dilakukan studi pendahuluan dalam mengumpulkan pembahasan topik yang akan dibahas tentang pemanfaatan energi surya sebagai suplay cadangan rungan jurusan Teknik elektro. Mengumpulkan alat dan bahan apa yang akan dibuat dalam penyupalian energi candangan jurusan. melakukan perakitan komponen setelah terkumpulnya alat dan bahan panel surya.kemudian dilakukan uji analisa beban yang berada dalam jurusan Teknik Elektro dengan menggunakan beberapa alat pengukuran jika uji analisa beban tidak berhasil maka maka kembali ke uji analisa alat. Setelah data lenkap dan valid maka mengambil hasil uji analisa dan selesai tahapan penelitian.



Gambar 3.1 Flow Chart Alat

Prtama menyiapkan alat dan bahan setelah alat dan bahan sudah lengkap kemudian di lanjutkan ke perakitan atau merangkai alat tersebut.setelah selesai di rangkai cara kerjanya mulai dari solar sel menyerap sinar matahari kemudian tegangan DC dari hasil sel surya masuk ke inverter atau BCU untuk di ubah ke tegangan AC.apabila energy listrik yang masuk ke invrter tidak berhasil maka kembali ke perakitan, jika energy listrik yang masuk ke dalam inverter berhasil maka energy listrik di teruskan ke penyimpanan aki. Jika energy listrik yang masuk ke aki tidak stabil maka kembali ke inverter dan jika energy yang masuk ke aki sudah stabil kemudian di lanjutkan ke analisa beban kemudian selesai.

3.4 Blok diagram rangkaian



Gambar 3.3 blok diagram rangkaian pengukuran panel surya

Panel sel surya menangkap sinar matahari untuk diubah menjadi energy listrik dan mengukur intensitas cahaya matahari. Kemudian mengukur energi

listrik dihasilkan panel surya dengan menggunakan Volt meter dan Ampere meter. kabel dijamber kedalam BCU hal ini, dimaksudkan agar tegangan yang masuk kebaterei lebih stabil sehingga tidak merusak aki/baterei. Kemudian energi listrik disimpan kedalam aki.

Energi listrik dari aki 12 VDC kemudian diubah menjadi tegangan AC oleh inverter 2000 watt, keluaran dari inverter kemudian ke control dan diteruskan kebeban.

BAB IV

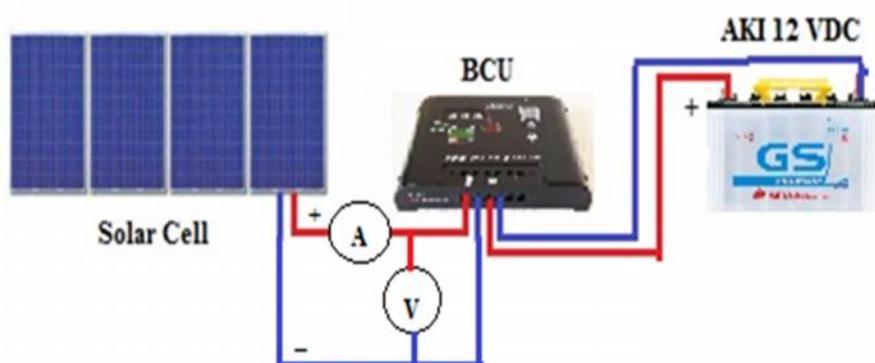
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Langkah awal dilakukan dalam pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada ruangan jurusan teknik elektro universitas muhmmadiyah makassar, adalah merancang pembangkit listrik tenaga matahari. Selanjutnya melakukan pengujian alat tanpa beban dan pengujian berbeban.

4.2 Pembangkit Listrik Tenaga Matahari

Untuk menganalisis pemanfaatan energi surya sebagai suplai energi cadangan yaitu melakukan memodifikasi sebuah solar cell. Memodifikasi sebuah solar cell menggunakan alat seperti solar cell 50 W, BCU 30 Ampere, Aki 12 VDC / 50Ah, Voltmeter Analog, dan Amperemeter analog.



Gambar 4.2 Rangkaian Panel Surya Tanpa Beban

Pada gambar 4.2 diatas yaitu rangkaian panel surya tanpa beban menjelaskan bahwa solar cell dihubungkan ke alat ukur voltmeter dan amperemeter guna

untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya. Kemudian disambungkan ke BCU dan ke aki sebagai penyimpan daya yang dihasilkan panel surya.

4.3 Pengujian Alat Panel Surya Tanpa Beban

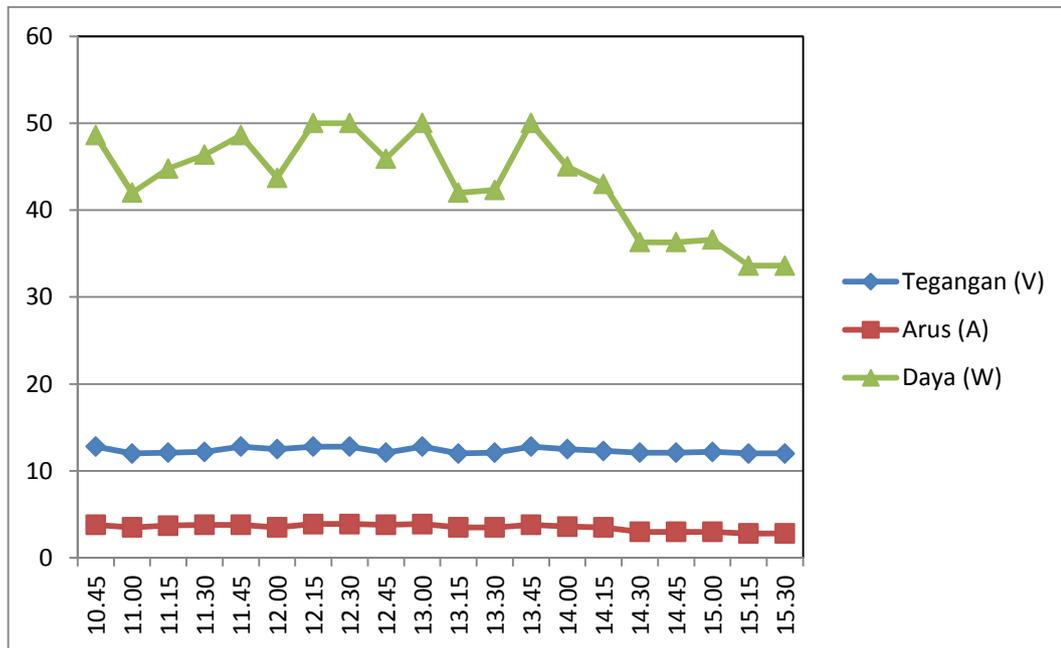
Pengukuran tanpa beban pada keluaran sel surya dilakukan ditaman kampus unismuh makassar pada tanggal 14 april 2018. Pengujian ini menghasilkan keluaran seperti tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data pengukuran sel surya 14 april 2018

Waktu Pengukuran	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Intensitas cahaya (Lux)
10.45	12,8	3,8	48,6	51000
11.00	12	3,5	42	50100
11.15	12,1	3,7	44,77	52700
11.30	12,2	3,8	46,36	58000
11.45	12,8	3,8	48,6	47500
12.00	12,5	3,5	43,7	53800
12.15	12,8	3,9	50	59200
12.30	12,8	3,9	50	58500
12.45	12,1	3,8	45,9	47800
13.00	12,8	3,9	50	58200
13.15	12	3,5	42	26000
13.30	12,1	3,5	42,3	39800
13.45	12,8	3,8	50	61700
14.00	12,5	3,6	45	47800

14.15	12,3	3,5	43	41500
14.30	12,1	3	36,3	38200
14.45	12,1	3	36,3	31900
15.00	12,2	3	36,6	37100
15.15	12	2,8	33,6	25600
15.30	12	2,8	33,6	21400

Seperti yang terlihat pada tabel 4.1 dapat digambarkan dengan grafik. Tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh sel surya tidak stabil. Pada pukul 12.15 dan 12.30 menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 12,8 volt dengan arus sampai 3,8 Ampere, hal ini disebabkan karena kondisi cuaca pada saat pengukuran berubah-ubah sehingga sinar yang diterima oleh sel surya juga berubah-ubah. Terlihat pada grafik perbandingan energi yang dihasilkan pada panel surya setiap pengukuran 15 menit. Sehingga untuk memaksimalkan adalah dengan menggunakan peralatan yang mampu mendeteksi nilai daya yang dihasilkan panel surya, baterai nantinya sebagai penyimpanan daya untuk sewaktu-waktu dapat digunakan dalam penyuplaian energi listrik jika cuaca mendung maupun hujan.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan daya, arus dan tegangan.

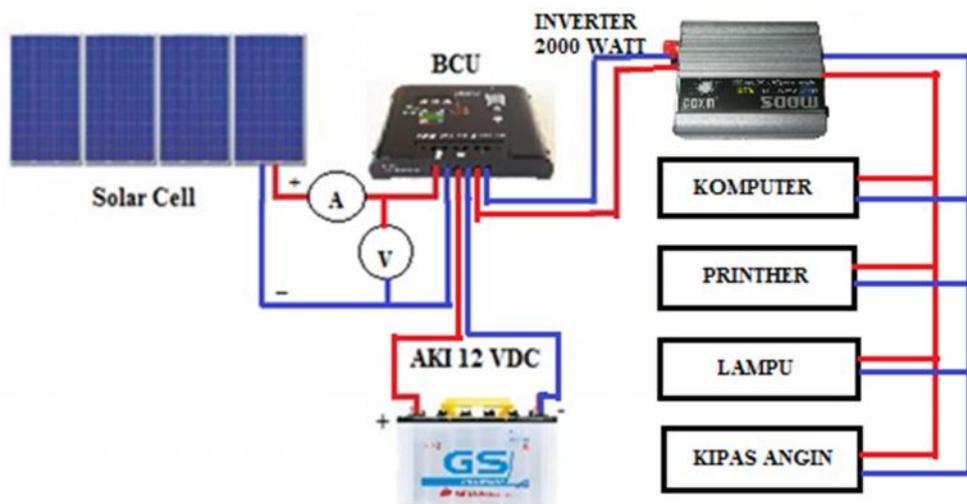
Pada gambar grafik pengukuran setiap 15 menit menunjukkan perubahan pada tegangan, arus dan daya pada sel surya. Terjadi penurunan daya yang dihasilkan ketika cuaca tidak terang.

4.4 Pengujian Alat dengan Beban

Setelah merancang panel surya kemudian dilakukan pengujian penyuplaian beban yang terdapat pada jurusan teknik elektro universitas muhammadiyah makassar. Ada beberapa alat yang membutuhkan energi listrik didalam jurusan teknik elektro yang dapat memperlancar aktifitas didalam prodi jurusan teknik elektro seperti komputer, printer, kipas angin, dan lampu.

Pada pengujian ini beban membutuhkan tegangan 220 VAC sedangkan pada panel surya energi yang dihasilkan 12 VDC. Sehingga dibutuhkan sebuah inverter pengubah tegangan dari 12 VDC ke 220 VAC. Inverter yang digunakan untuk

penyuplai energi cadangan pada jurusan teknik elektro memiliki daya maksimal 2000 Watt.



Gambar 4.15 Rangkaian panel surya berbeban

Dalam pengujian ini dilakukan untuk mengetahui lama pengoperasian beban menggunakan aki dan dilakukan selama 3 hari dengan beban berbeda.

Tabel 4.2 Data hasil pengujian beban Komputer

Menit Ke-	Keterangan
10	Menyala
30	Menyala
50	Menyala
70	Menyala
90	Menyala
110	Mati

Pada tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa dengdadn beban komputer lama pengoprasian menggunakan panel suya sampai menit ke 90 dan di saat menuju menit ke 100 pengoprasian energi cadangan mati.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian beban komputer dan printher

Menit Ke-	Keterangan
10	Menyala
30	Menyala
50	Menyala
70	Menyala
80	Menyala
100	Mati

Pada tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa dengan beban komputer dan printer lama pengoprasian menggunakan panel surya sampai menit ke 90 dan di saat menuju menit ke 100 pengoprasian energi cadangan mati.

Tabel 4.4 Data hasil pengujian beban komputer, printher, dan lampu

Menit Ke-	Keterangan
10	Menyala
30	Menyala
50	Menyala
70	Menyala
80	Menyala
90	Mati

Dari beberapa pengujian yang dilakukan dengan menggunakan beban dapat disimpulkan lama pengoperasian energi surya sebagai suplai cadangan tergantung beban yang dibutuhkan didalam jurusan teknik elektro universitas muhammadiyah makassar. Seperti pada tabel 4.4 dengan menggunakan beban.

4.5 Perhitungan Daya Solar Cell

4.5.1 Daya Input Sel Surya

$$P_{\text{input}} = G \times A \text{ persamaan(2.1)}$$

Diketahui:

Nilai G di ambil dari nilai rata-rata radiasi matahari pada penjelasan bab 2 hal 5

$$G = 1667 \text{ W/m}^2$$

$$A = 1 \times 1 = 1 \text{ m}^2$$

Penyelesaian

$$\begin{aligned} P_{\text{input}} &= G \times A \\ &= 1667 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ m}^2 \\ &= 1667 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.5.2 Daya Output Sel Surya

$$P_{\text{output}} = V \times I \text{ persamaan(2.2)}$$

Diketahui:

$$V \text{ output} = 17,6 \text{ Volt}$$

$$I_{\text{Output}} = 2,86 \text{ Ampere}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} P_{\text{output}} &= V \times I \\ &= 17,6 \text{ Volt} \times 2,86 \text{ Ampere} \\ &= 50 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.5.3 Efisiensi Sel Surya

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 1000 \text{ persamaan(2.3)}$$

Diketahui:

$$P_{\text{input}} = 1667 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{output}} = 50 \text{ Watt}$$

Penyelesaian:

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 1000$$

$$\eta = \frac{50 \text{ W}}{1667 \text{ W}} \times 1000$$

$$\eta = 29,99 \%$$

Dari persamaan – persamaan diatas, dapat terlihat adanya hubungan antara luasan panel sel surya dengan daya output serta input yang dihasilkan, Semakin luas panel surya maka semakin kecil efisiensi yang dihasilkan.

4.5.4 Hubungan Daya dan Aki

Karena aki yang digunakan pada perancangan ini ialah aki 50 Ah 12 VDC, maka di peroleh daya yang tersimpan di aki dengan cara:

$$\text{Daya Aki} = V \times I \text{ persamaan(2.7)}$$

$$\text{Daya Aki} = 12 \text{ Volt} \times 50 \text{ Ah}$$

$$= 600 \text{ Whour}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada jurusan teknik elektro universitas muhammadiyah makassar dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengujian alat panel surya ketika tanpa beban menghasilkan tegangan sampai 17,5 VDC dan arus sampai 1.5 Ampere dengan daya yang dihasilkan sampai maksimal 25.5 Watt. Dan Pengujian alat ketika berbeban dengan beban yang digunakan seperti komputer, printher, dan lampu. Penyuplaian energi cadangan maksimal selama 90 menit.
2. Tingkat efisiensi yang di hasilkan pada penyuplaian energi cadangan sebesar 33,60%.

Saran

Pada kesempatan ini juga kami ingin menyampaikan beberapa saran, yaitu :

1. Jika pada saat kami hanya dapat menyupli energi cadangan ke beban didalam jurusan elektro hanya sampai 1 jam 30 menit. Maka kedepanya pemanfaatan energi surya bukan lagi sebagai energi cadangan melainkan energi utama dalam penyuplaian ke beban jurusan teknik elektro
2. Kami juga menyarankan dalam penyuplaian energi cadangan jurusan menggunakan alat secara otomatis dalam penyuplaian energi listrik ketika energi utama dari PLN padam.

DAFTAR PUSTAKA

- Green MA., Emery K, King DL, Hisikawa Y, Warta W, 2006. *Solar Cell Efficiency Tables (Version 27)*, Progress Photovoltaics : Research and Applications, 2006; 14:45-51
- Keogh, M. William and Blackers, W. Andrew, 2001. *Accurate Measurement, Using Natural Sunlight, of Silicon Solar Cells*, Research and Applications 2001; 12;1-19, Centre for Sustainable Energy Systems, The Australian National University, Canberra, Australia
- Mecherikunnel. 1980. *Spectral Distribution of Solar Radiaton*.
- Muslim, H. Soepari. 2008. *Teknik Pembangkit Listrik, Jilid 1,2 dan 3*. Departemen Pendidikan Nasional.
- Mughni Syahid, Drs Irianto,MT, Epyk Sunarno,S,ST.MT. (2014). *Rancangan bangun charger baterai dan otometik transfer switch*. politeknik elektronika negeri Surabaya.
- Marcelo Alonso, 1992: 309
- Pahlevi, Reza (2014). *Pengujian karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya*. Skripsi. Universitas muhammadiyah Surakarta.
- Stevenson, William Jr. 1984 *Analisis Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
- Yuwono,Budi. 2005 Skripsi Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C5. Surakarta: halaman 11)

L

A

M

P

I

R

A

N



Tampak Depan Sel Surya



Tampak Dalam Panel Daya



Alat secara fisik



Pengujian alat kebeban