

LAPORAN TUGAS AKHIR
PEMBUATAN ALAT PENGUJIAN KARAKTERISTIK SEL
SURYA DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI



**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh Gelar Diploma Tiga (D-3)
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang**

HERWIN : 342 08 030
SEPRIANUS ANDRI : 342 08 038

PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR

2011

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

Dengan ini menyatakan bahwa laporan tugas akhir dengan:

Judul : Pembuatan Alat Pengujian Karakteristik Sel Surya Di
Lab Konversi Energi

Nama /stambuk : Herwin (342 08 030) / Seprianus Andri (342 08 038)

Jurusan : Teknik Mesin

Program Studi : Konversi Energi

Telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3) pada program studi Teknik Konversi Energi jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, 28 Oktober 2011

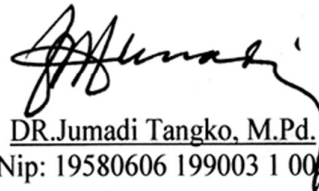
Mengesahkan;

Pembimbing I,



Sri Suwasti, S.ST.,M.T.
Nip: 19741123 200112 2 001

Pembimbing II,




DR. Jumadi Tangko, M.Pd.
Nip: 19580606 199003 1 002

Mengetahui;

a.n Direktur,

Ketua Jurusan Teknik Mesin,




Muh. Tekad, ST.,M.T.
Nip: 19650824 199003 1 003


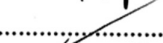
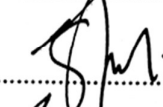
PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, hari Jumat, Tanggal 28 Oktober 2011, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa: Herwin, 342 08 030 dan Seprianus Andri, 342 08 038 dengan judul "Pembuatan Alat Pengujian karakteristik Sel Surya Di Laboratorium Konversi Energi".

Makassar, 28 Oktober 2011

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir :

- | | |
|-------------------------------|---------------|
| 1. Ir. Remigius T., M.Eng, Sc | Ketua |
| 2. Apollo, S.T., M.Eng | Sekretaris |
| 3. Ir. Abdi Wibowo, M.T. | Anggota |
| 4. Sonong, S.T., M.T. . | Anggota |
| 5. Sri Suwasti, S.ST., M.T. | Pembimbing I |
| 6. DR. Jumadi Tangko, M.Pd.. | Pembimbing II |

()
()
()
()
()
()

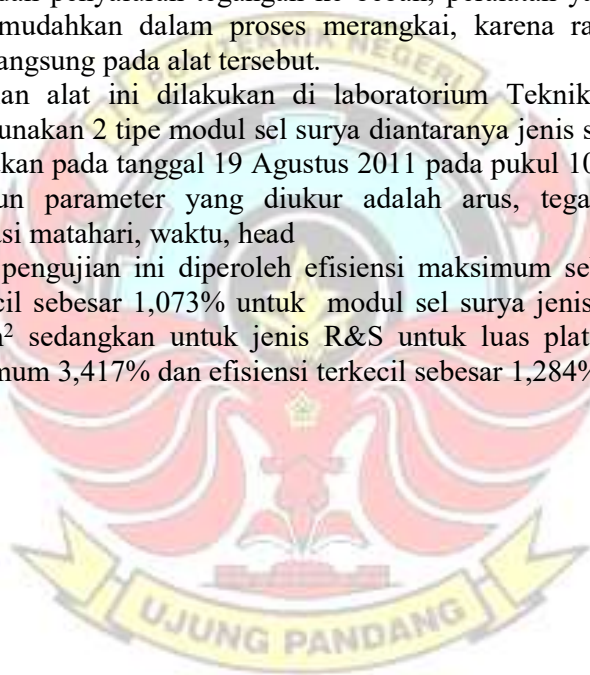
ABSTRAK

Pembuatan Alat Pengujian Karakteristik Sel Surya Di Laboratorium Konversi Energi, Herwin, Seprianus Andri. (Pembimbing I : Sri Suwasti, S.T, M.T dan Pembimbing II : DR. Jumadi Tangko, M.Pd).

Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif, dimana penggunaannya dapat dilihat pada sel surya dan sistem solar water heater. Pengujian karakteristik sel surya merupakan salah satu cara memanfaatkan energi panas dari matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan modul sel surya yang di dalamnya terdapat bahan semikonduktor tipe P-N (jungtion). Pembuatan alat pengujian karakteristik sel surya ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki regulator tegangan untuk mengatur pengisian aki dan penyaluran tegangan ke beban, peralatan yang tidak terpisah-pisah dan memudahkan dalam proses merangkai, karena rangkainya dapat dilihat secara langsung pada alat tersebut.

Pengujian alat ini dilakukan di laboratorium Teknik Kanversi Energi dengan menggunakan 2 tipe modul sel surya diantaranya jenis solarindo dan R&S yang dilaksanakan pada tanggal 19 Agustus 2011 pada pukul 10.00 WITA sampai selesai. Adapun parameter yang diukur adalah arus, tegangan, temperatur, intensitas radiasi matahari, waktu, head

Dalam pengujian ini diperoleh efisiensi maksimum sebesar 2,925% dan efisiensi terkecil sebesar 1,073% untuk modul sel surya jenis solarindo dengan luas plat $0,4m^2$ sedangkan untuk jenis R&S untuk luas plat $0,36m^2$ diperoleh efisiensi maximum 3,417% dan efisiensi terkecil sebesar 1,284%.



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini, yang berjudul “Pembuatan Alat Pengujian Karakteristik Sel Surya di Laboratorium Konversi Energi” yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapat dukungan dari berbagai pihak baik secara moril maupun materi. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya kepada mereka yang telah banyak membantu penulis. Ucapan terima kasih penulis hanturkan kepada Ayahanda dan Ibunda, yang telah membesarkan penulis serta seluruh saudara kami atas semangat dan dukungannya selama ini. Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Pirman, Msi. sebagai Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Muh. Tekad, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Jamal, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

4. Ibu Sri Suwasti, S.ST, M.T. selaku pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan dan masukan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak DR. Jumadi Tangko, M.Pd. selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan dan masukan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak/Ibu dosen, dan staf beserta seluruh civitas akademika yang telah memberikan bantuan selama masa studi di Jurusan Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Kedua orang tua dan saudara beserta seluruh keluarga kami yang juga sangat mendukung, baik itu dukungan moril maupun materil yang sangat berguna bagi kami..
8. Saudara Afwan Hamka yang membantu dalam menyelesaikan gambar dimensi Tugas Akhir kami.
9. Saudara Hopman yang setia dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
10. Saudari Nhoe yang selalu memberikan dukungan dan saran dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman khususnya Kelas “3B” Angkatan “08” dan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu pada kesempatan ini, atas bantuan dan kerja samanya dengan penulis selama mengikuti kegiatan perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih memerlukan perbaikan-perbaikan, hal ini tidak lain disebabkan karena keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis, karenanya berbagai masukan dan saran yang sifatnya membangun sangatlah diharapkan demi sempurnanya Tugas Akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan nilai tambah dan manfaat bagi kita semua, dan penulis pada khususnya. Akhirnya, semoga Allah SWT memberikan perlindungan kepada kita semua.

Makassar, Oktober 2011

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Persetujuan Pembimbing.....	ii
Lembar Penerimaan Panitia Ujian Sidang.....	iii
Abstrak.....	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar tabel.....	vii
Daftar gambar.....	viii
Daftar simbol.....	ix
Daftar lampiran.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Radiasi Matahari Sampai Ke Bumi.....	4
2.2 Energi Matahari.....	5
2.3 Semikonduktor Silikon Tipe-N Dan Tipe-P.....	7

2.3.1 Faktor Pengisian (<i>fill factor</i>) Sel Surya.....	9
2.3.2 Prinsip kerja Sel Surya.....	10
2.4 Radiasi pada Permukaan Material.....	11
2.5 Penyinaran Matahari di Kota Makassar Sulawesi Selatan.....	12
2.6 Faktor Pengoperasian Sel Surya.....	13
2.7 Karakteristik Sel Fotovoltaik	14
2.7.1 Intensitas Radiasi Matahari.....	17
2.7.2 Efisiensi Konversi Sel Fotovoltaik.....	18
2.8 Regulator Tegangan.....	19
2.9 Aki (Baterai).....	21
2.9.1 Klasifikasi Baterai.....	21
2.9.1.1 Baterai Primer.....	21
2.9.1.2 Baterai Sekunder.....	21
2.9.2 Parameter Baterai.....	22
2.10 Pompa.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	26
3.2 Instalasi Penelitian.....	27
3.3 Prosedur Penelitian.....	30
3.4 Diagram Aliran Penelitian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Pengujian Instalasi.....	33

4.2 Analisis Data.....	34
4.3 Pembahasan.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Data Penyinaran Matahari Di Makassar Sulawesi Selatan.....

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Karakteristik Sel Surya



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Penampang sel surya.....	6
Gambar 2 Skema terjadinya <i>photocurrent</i> pada sel surya.....	7
Gambar 3 Pembuatan sel surya.....	9
Gambar 4 a. Rangkaian tegangan terhadap arus.....	15
b. Kurva arus tegangan panel surya untuk beberapa radiasi.....	15
c. Kurva arus tegangan untuk arus tetap dan temperatur yang berbeda.....	17
Gambar 5 Regulator tegangan.....	20
Gambar 6 Rangkaian Regulator Tegangan.....	21
Gambar 7 Contoh aki yang digunakan.....	23
Gambar 8 Pompa washer.....	24
Gambar 9 Instalasi penelitian.....	27
Gambar 10 a. Tampak samping tempat pengujian sel surya.....	28
b. Tampak depan tempat pengujian sel surya.....	29
Gambar 11 Tempat alat ukur sel surya.....	30
Gambar 12 Flowchart / Diagram alir pembuatan pengujian sel surya.....	32
Gambar 13 Grafik hasil pengujian karakteristik sel surya.....	37

DAFTAR SIMBOL

Nama dan Simbol	Unit	Satuan
Tegangan Keluaran (V_{oc})	volt	Volt
Arus Keluaran (I_{sc})	ampere	A
Intensitas Radiasi Matahari (G)	Watt per meter kuadrat	W/m ²
Muatan Listrik (Q)	Coulomb	C
Temperatur (T)	Derajat Celcius	°C
Waktu (t)	second	s
Luas Permukaan (A)	Meter kuadrat	m ²
Daya Output (P_{out})	watt	W
Daya Input (P_{in})	watt	W
Efisiensi (η)	Percent	%
Debit air (Q)	Meter kubik per second	m ³ /s
Gaya Gravitasi (g)	Meter kuadrat per second	m ² /s
Daya Hidrolis (Ph),	watt	W
Massa jenis air (ρ)	Kilogram per meter kubik	kg/m ³
Head (H)	meter	M

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran A. Data Hasil Pengujian.....

Lampiran B. Gambar Grafik Hasil Dari Plotter.....

Lampiran C. Dokumentasi Kegiatan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dewasa ini kebutuhan listrik telah menjadi kebutuhan utama di seluruh pelosok dunia. kehadiran pembangkit listrik terkadang belum memecahkan kebutuhan akan listrik terutama pada daerah pelosok dimana selalu medan dijadikan alasan, pada kasus tertentu di Indonesia ini malah sebuah Dusun/Desa telah mengajukan permintaan aliran listrik namun belum mendapat respon dengan alasan tertentu. Sebagai daerah tropis, khususnya Makassar sangat baik untuk memanfaatkan energi matahari sebagai energi alternatif, karena intensitas matahari di daerah ini sangat tinggi. Melihat potensi energi Matahari tersebut maka sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai energi alternatif dalam hal ini pembuatan alat pengujian sel surya pada praktikum energi alternatif. Di sini sebuah energi alternatif yang mudah didapat di alam dan gratis bisa dijadikan energi alternatif yang tidak kalah dengan aliran listrik konvensional, karena dapat mengasup energi alat-alat elektronik rumah tangga seperti Televisi, radio dan lampu. Dengan memanfaatkan Energi yang tidak ada habisnya yaitu matahari, dengan memanfaatkan radiasi surya. Berdasarkan penjelasan mengenai sel surya dari Buletin Litbang Departemen Pertahanan Indonesia bahwa sel surya terbuat dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub

positif dan negatif. Tiap sel surya biasanya menghasilkan tegangan 0,5 volt. Sel surya merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek fotovoltaiik untuk merubah energi surya menjadi energi listrik. Potensi sel surya sebagai sumber energi alternatif menggantikan bahan bakar minyak dan gas adalah pilihan yang paling menjanjikan, karena dapat diperoleh dengan mudah tanpa mengeluarkan biaya.

Penelitian tentang pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternatif di Indonesia sudah dilakukan. Penelitian tersebut umumnya memanfaatkan energi matahari menjadi energi listrik. Energi matahari yang akan digunakan untuk melengkapi praktikum sel surya pada energi alternatif untuk pengambilan data, dibutuhkan Plotter dan Aki 12V untuk mengetahui karakteristik matahari secara langsung dan sebagai tempat untuk penyimpanan energi matahari yang dihasilkan oleh modul sel surya.

Telah kita ketahui bahwa alat praktikum yang ada sekarang masih mempunyai banyak kekurangan terutama untuk mengetahui karakteristik sel surya pada variasi intensitas matahari, dan alat yang terpisah-pisah sehingga membuat mahasiswa lambat dalam memulai praktikum sel surya. Oleh karena itu, untuk menjawab semua permasalahan di atas, maka kami mengambil judul tugas akhir **“Pembuatan Alat Pengujian Karakteristik Sel Surya di Lab Konversi Energi”** yang nantinya diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam melakukan praktikum sel surya.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas antara lain :

1. Bagaimana membuat alat praktikum sel surya yang efektif dan efisien?
2. Bagaimana mengetahui karakteristik energi listrik terhadap intensitas matahari?

1.3 TUJUAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam perancangan ini adalah :

1. Membuat alat praktikum sel surya yang efektif dan efisien
2. Untuk mengetahui karakteristik sel surya pada praktikum energi alternatif.

1.4 MANFAAT

Manfaat yang ingin dicapai dalam proyek akhir ini adalah :

1. Membantu Mahasiswa Politeknik Negeri Ujung Pandang jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi dalam praktikum energi alternatif/sel surya yang efektif dan efisien.
2. Dapat mengetahui karakteristik sel surya yang dihasilkan oleh sinar matahari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

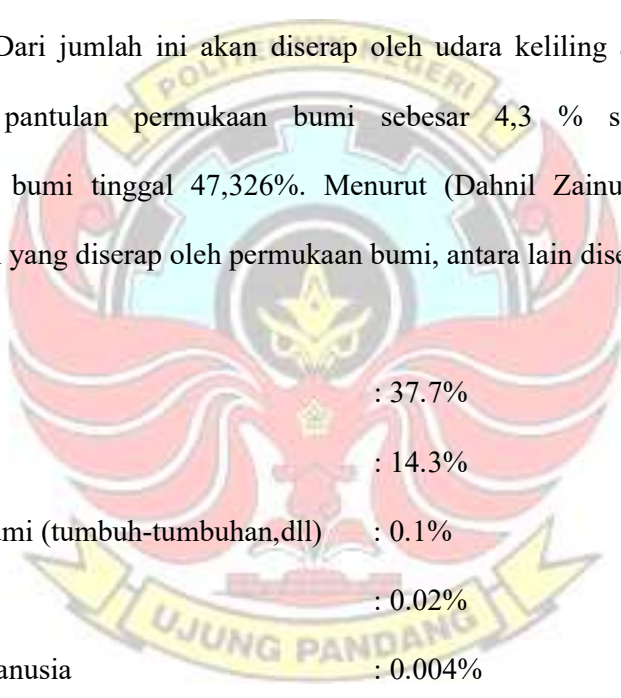
2.1 RADIASI MATAHARI SAMPAI KE BUMI

Radiasi Matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di matahari. Energi radiasi matahari berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spektrum radiasi matahari sendiri terdiri dari dua yaitu, sinar bergelombang pendek dan sinar bergelombang panjang. Sinar yang termasuk gelombang pendek adalah sinar x, sinar gamma, sinar ultra violet, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah. Jumlah total radiasi yang diterima di permukaan bumi tergantung 4 (empat) faktor yaitu :

1. Jarak matahari setiap perubahan jarak bumi dan matahari menimbulkan variasi terhadap penerimaan energi matahari
2. Intensitas radiasi matahari yaitu besar kecilnya sudut datang sinar matahari pada permukaan bumi. Jumlah yang diterima berbanding lurus dengan sudut besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga karena sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfir yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus.
3. Panjang hari (sun duration), yaitu jarak dan lamanya antara matahari terbit dan matahari terbenam.

4. Pengaruh atmosfer. Sinar yang melalui atmosfer sebagian akan diadsorbsi oleh gas-gas, debu dan uap air, dipantulkan kembali, dipancarkan dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi.

Sinar matahari yang berupa gelombang elektro magnetik pendek menuju atmosfer dianggap 100% sampai ke permukaan lapisan atmosfer. Tetapi radiasi ini tidak bias diteruskan keseluruhannya karena ada pantulan yang terjadi dan besarnya pantulan 31 %. Berarti radiasi yang dapat diteruskan ke daerah atmosfer hanya 69%. Dari jumlah ini akan diserap oleh udara keliling atmosfer sebesar 17,4% dan pantulan permukaan bumi sebesar 4,3 % sehingga sampai kepermukaan bumi tinggal 47,326%. Menurut (Dahnil Zainuddun, 1989: 9), sejumlah nilai yang diserap oleh permukaan bumi, antara lain diserap oleh:



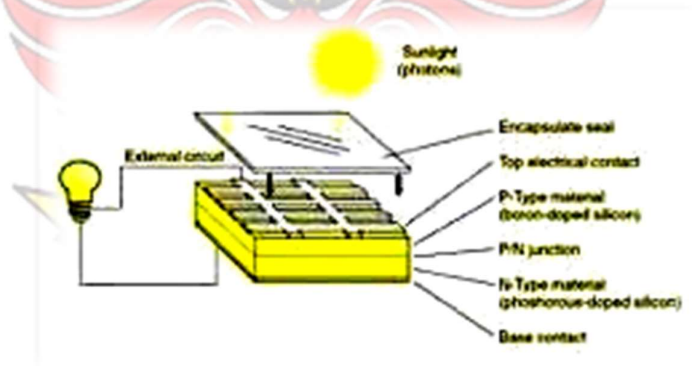
Laut	: 37.7%
Samudera	: 14.3%
Kehidupan bumi (tumbuh-tumbuhan,dll)	: 0.1%
Panas bumi	: 0.02%
Kehidupan manusia	: 0.004%
Angin gelombang	: 0.2%

2.2 ENERGI MATAHARI

Energi matahari dapat dikonversikan menjadi energi panas dan energi listrik. Sel surya atau sel photovoltaic, adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar dioda p-n junction, dimana, dalam hadirnya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik yang berguna. Perubahan ini disebut

efek photovoltaic. Bidang riset berhubungan dengan sel surya dikenal sebagai photovoltaic.

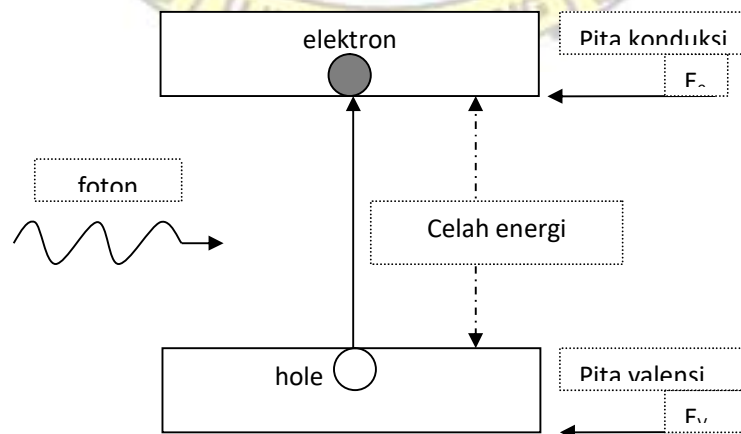
Energi panas ini dimanfaatkan untuk menunjang kegiatan sehari-hari, misalnya menjemur pakaian, mengeringkan ikan bagi para nelayan. Untuk keperluan diatas energi matahari digunakan secara langsung, selain itu energi matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan peralatan lain, yaitu dengan merubah radiasi matahari ke bentuk lain. Menurut (Dahnil Zainuddin, 1989: 2), ada dua macam cara merubah radiasi matahari ke dalam energi lain, yaitu melalui sel surya dan collector. Menurut (Darwin Sitompul, 191:83) Energi matahari sangat atraktif karena tidak bersifat polutif, tidak akan habis, dan gratis. Ada dua kelemahan dari matahari adalah sangat halus(dilute) dan tidak konstan.



Gambar 2.1 Penampang Sel surya

2.3 SEMIKONDUKTOR SILIKON TIPE-N DAN TIPE-P

Sel surya merupakan salah satu produk teknologi fotovoltaik yang dikembangkan pada bahan semikonduktor (silikon multikristal, monokristal dan amorf) yang mampu menyerap gelombang elektromagnetik dan konversi energi cahaya (*photon*) menjadi energi listrik secara langsung. Prinsip dasar sel surya merupakan kebalikan dari LED (*Light Emmiting Diode*) yang mengubah energi listrik menjadi cahaya atau boleh dikatakan identik dengan sebuah dioda cahaya (*photodiode*) sambung p-n (*p-n junction*) dengan cahaya energi (*band gap*) E_g , E_c (Gambar. 1.1). Ketika energi foton yang datang lebih besar dari celah energi ini maka foton akan diserap oleh semikonduktor untuk membentuk pasangan electron-hole sebagai pembawa muatan (*carrier*). Selanjutnya elektron dan hole bergerak berturut-turut ke arah lapisan N dan P sehingga timbul beda potensial dan photocurrent (arus yang dihasilkan oleh cahaya) ketika kedua muatan melintasi daerah sambung p-n.



Gambar .2.2 Skema terjadinya *photocurrent* pada sel surya

Ketika dikenali cahaya sebuah sel surya memiliki karakteristik sebagai berikut :

$$I = I_{SC} \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) - I_L \dots\dots\dots(2-1)$$

dengan :

I_L = Arus konstan yang dihasilkan oleh cahaya datang (A)

I_{SC} = Arus saturasi atau arus keluaran sel surya ketika rangkaian luarnya terhubung singkat (A)

k = Konstanta Boltzmann ($8,617 \times 10^{-5}$ eV/K)

q = Muatan listrik (C)

V = Tegangan keluaran (V)

Sedangkan karakteristik tegangan keluaran (V_{OC}) pada saat $I=0$ dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$V_{OC} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_{SC}} + 1 \right) \dots\dots\dots(2-2)$$

Secara teoritis besarnya daya yang dihasilkan adalah :

$$P_{th} = V_{OC} \cdot I_{SC} \dots\dots\dots(2-3)$$

dengan V_{OC} tegan rangkaian terbuka (*open circuid*) dan I_{SC} arus singkat (*short circuit*) sedangkan daya keluaran maksimumnya adalah :

$$P_{mp} = V_{mp} \cdot I_{mp} \dots\dots\dots(2-4)$$

V_{mp} = Tegangan dari daya keluaran maksimum

I_{mp} = Arus dari daya keluaran maksimum

Kondisi daya maksimum dapat tercapai ketika

$$\frac{\partial P}{\partial V} = 0 \dots\dots\dots(2-5)$$

dimana :

$$P = V \cdot I = V \cdot I_{SC} (e^{\beta V} - 1) - I_L \dots\dots\dots(2-6)$$

dengan $\beta = \frac{q}{kT}$ maka diperoleh :

$$(1 + \beta V_{mp}) e^{\beta V_{mp}} = 1 + \frac{I_L}{I_{SC}} \dots\dots\dots(2-7)$$

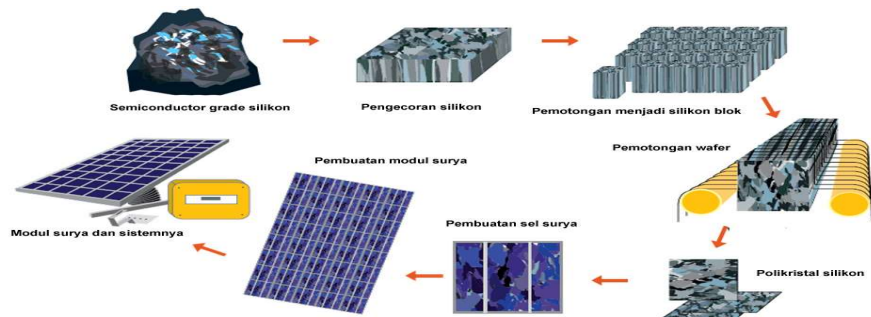
2.3.1 Faktor Pengisian (*fill factor*) Sel Surya

Faktor pengisian sel surya merupakan perbandingan antara daya keluaran maksimum terhadap daya teoritisnya atau dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$ff = \frac{P_{mp}}{P_{th}} = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \dots\dots\dots(2-8)$$

Kualitas dari sel surya biasanya dinyatakan dengan nilai *fill factor* (*ff*) yang menunjukkan besarnya kemampuan sel surya menyerap cahaya yang diterimanya atau sering juga dinyatakan dengan nilai efisiensi (dalam percobaan ini tidak diamati). Semakin besar nilai *fill factor* atau efisiensinya maka sel tersebut semakin baik (Toifur dkk, 2007).

3.



Gambar. 2.3 Pembuatan sel surya

2.3.2 Prinsip kerja sel surya.

Cahaya yang jatuh pada sel surya menghasilkan elektron yang bermuatan positif dan “hole” yang bermuatan negatif. Elektron dan “hole” mengalir membentuk arus listrik (Anonim, 2007). Sel surya merupakan sebuah piranti yang mampu mengubah secara langsung energi cahaya menjadi energi listrik. Proses perubahan energi ini terjadi melalui efek fotolistrik. Efek fotolistrik adalah peristiwa terpentalnya sejumlah elektron pada permukaan sebuah logam ketika disinari seberkas cahaya (Krane, 1992). Gejala efek fotolistrik dapat diterangkan melalui teori kuantum Einstein. Menurut teori kuantum Einstein, cahaya dipandang sebagai sebuah paket energi (foton) yang besar energinya bergantung pada frekuensi cahaya. Pada sel surya energi foton akan diserap oleh elektron sehingga elektron akan terpental keluar menghasilkan arus dan tegangan listrik (Anonim, 2007). Sel surya atau sel photovoltaic, adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar dioda p-n junction, di mana, dalam hadirnya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik yang berguna. Perubahan ini disebut efek photovoltaic. Bidang riset berhubungan dengan sel surya dikenal sebagai photovoltaics. Sel surya memiliki banyak aplikasi. Mereka terutama cocok untuk digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia, seperti di wilayah terpencil, satelit pengorbit bumi, kalkulator genggam, pompa air, dll. Sel surya (dalam bentuk modul atau panel surya) dapat dipasang di atap gedung di mana mereka berhubungan dengan inverter ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering.

2.4 RADIASI PADA PERMUKAAN MATERIAL

Radiasi yang jatuh pada permukaan material pada umumnya akan mengalami refleksi, absorpsi dan transmisi. Dari tiga proses ini maka material akan memiliki reflektivitas (ρ), absorptivitas (α), dan transmisitas (τ). Secara sederhana dapat ditulis : $\tau + \rho + \alpha = 1$

Refleksi adalah pemantulan dari sebagian radiasi tersebut. Refleksi tergantung pada harga indeks bias dan sudut datang radiasi. Refleksi secara umum ada dua (Dahnil Zainuddin, 1989: 42) yaitu :

1. Refleksi spektakular, terjadi seperti pantulan sinar pada sebuah cermin datar dimana sudut datang sama dengan sudut pantul.
2. Refleksi difusi, terjadi berupa pantulan ke segala arah Transmisi memberikan nilai besar radiasai yang dapat diteruskan oleh suatu lapisan permukaan. Kemampuan penyerapan (Absorptivitas) dari suatu permukaan merupakan hal yang penting dalam pemanfaatan radiasi seperti pada pemanfaatan radiasi surya. Harga absorptivitas berlainan untuk sudut datang radiasi yang berlainan. Menurut British Building Research untuk sudut datang dibawah 75° harga absorptivitas terletak antara 0,8 sampai 0,9 dari absorptivitas yang dimiliki oleh suatu benda. Absorbsivitas memberikan nilai besarnya radiasi yang dapat diserap. Misalnya pada bagian absorber pada sebuah pengumpul radiasi surya. Ketiga proses tersebut diatas yaitu, absorpsi, refleksi, dan transmisi adalah hal yang penting dalam proses pemanfaatan radiasi surya karena ini menyangkut efektifitas pemanfaatan pada sebuah pengumpul radiasi surya.

2.5 PENYINARAN MATAHARI DI KOTA MAKASSAR SULAWESI SELATAN

Setiap daerah dapat memanfaatkan energi matahari menjadi energi listrik, tetapi untuk dapat membangun pembangkit listrik tenaga surya harus memperhatikan letak geografis suatu daerah. Jika dilihat dari letak geografis yang sangat dekat dengan lintasan matahari, khususnya di daerah Sulawesi Selatan kota Makassar yang terletak pada garis lintang $5^{\circ}04'$, dan garis bujur $119^{\circ}33'$ dengan tinggi di atas permukaan air laut $17m^3$. Wilayah Sulawesi Selatan merupakan wilayah yang sangat dekat dengan lintasan matahari, sehingga intensitas radiasi matahari akan lebih besar dibandingkan dengan daerah-daerah yang memiliki garis lintang yang lebih besar dari garis lintang wilayah Sulawesi Selatan, dengan demikian kemungkinan pengembangan pemanfaatan energi matahari di daerah ini lebih potensial dibandingkan dengan daerah lain, karena ditinjau dari lamanya penyinaran matahari setiap bulannya. Berikut ini data lama penyinaran matahari di kota Makassar Sulawesi Selatan Tahun 2008/2010

Tabel 1. Data Lama Penyinaran Matahari di kota Makassar Sulawesi Selatan 2008/2010

BLN THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
2008	50	30	67	68	77	75	72	79	82	75	61	30
2009	30	42	62	72	78	90	77	99	92	81	78	45
2010	29	61	65	64	58	57	67	61	64	58	68	25

Ket : Dalam bentuk persen (%)

Sumber : Badan Metereologi dan Geofisika (BMKG) Sulawesi Selatan, 2011

2.6 FAKTOR PENGOPERASIAN SEL SURYA

a. Ambient air temperature

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 250°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV sel akan melemahkan tegangan, setiap kenaikan temperatur sel surya 10°C (dari 250°C) akan berkurang sekitar 0,4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali(2x) lipat untuk kenaikan temperatur sel / 100°C .

b. Radiasi matahari

Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada arus (I) sedikit pada tegangan.

c. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan tiup angin disekitar lokasi larik potovholtaik dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca larik potovholtaik.

d. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, uap air udara(Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari deretan fotovoltaik.

e. Orientasi panel atau larik PV

Orientasi dari rangkaian PV (larik) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energi maksimal. Selain arah orientasi, sudut orientasi dari panel/ deretan PV juga sangat

mempengaruhi hasil energi maksimum. Sebagai guideline: untuk lokasi yang terletak di belahan utara latitude, maka panel/deretan PV sebaiknya diorientasikan ke selatan, orientasi ke timur barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel/deretan PV, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari yang maksimal.

f. Posisi letak sel surya (larik) terhadap matahari (titik angel)

Sudut orientasi matahari dapat mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000\text{W/m}^2$ atau 1KW/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang PV, maka ekstra luasan panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap letak matahari yang berubah setiap jam dalam sehari). Solar panel PV pada equator (latitude 0^0) yang diletakkan mendatar (titik angel = 0) akan menghasilkan energi maksimum, sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicarikan “tilt angel” yang optimum.

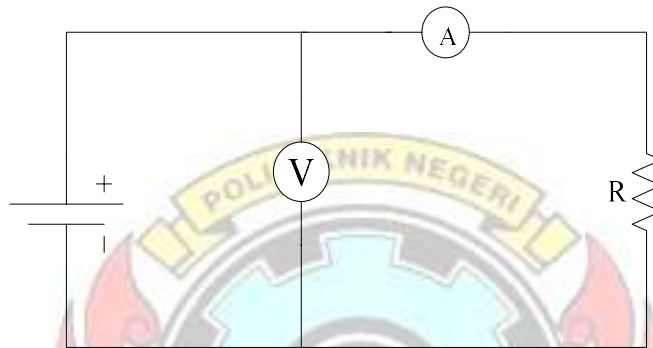
2.7 KARAKTERISTIK SEL FOTOVOLTAIK

Dalam hal ini kita akan melihat secara mendetail karakteristik sebuah solar sell khususnya hubungan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sebuah sel surya dengan kondisi beban yang digunakan serta output yang dihasilkan dengan jumlah cahaya yang menerpa luasan sell fotovoltaik tersebut. Adapun parameter-parameter output solar sell:

❖ Tegangan terhadap Arus.

Jika kita menggunakan suatu sumber arus listrik, maka kita perlu mengetahui sifat-sifat tegangan dan arus terhadap perubahan beban.

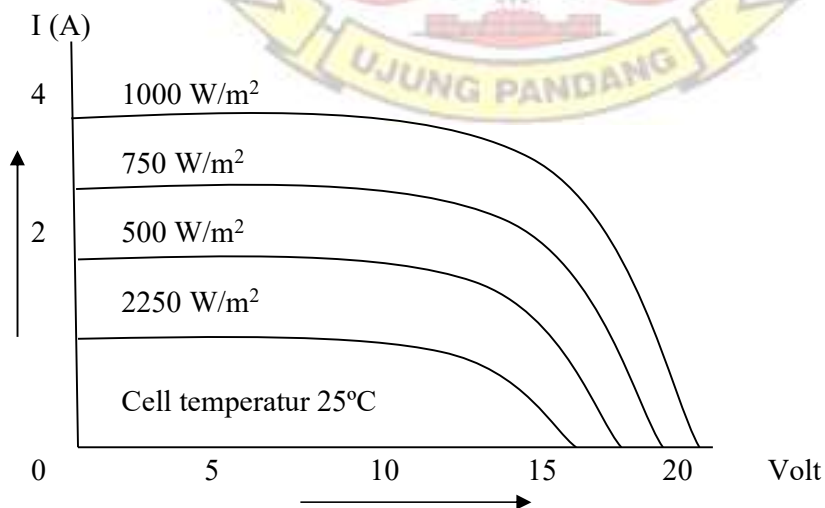
Untuk mengetahui karakteristik tegangan terhadap arus, maka dapat dirangkai seperti pada gambar di bawah ini!



Gambar 2.4 Contoh salah satu rangkaian tegangan terhadap arus

Dengan memberikan penyinaran yang kira-kira sama dengan nilai intensitas radiasi matahari maksimum di atas permukaan bumi (1000W/m^2).

Dengan demikian dapat diperoleh kurva seperti pada gambar 2.4 dibawah ini!



Gambar 2.5 Kurva arus tegangan panel surya untuk beberapa radiasi

Pada kurva tersebut diatas dapat terlihat bahwa tegangan turun dengan sangat lamban, akan tetapi arusnya bertambah cepat, ini berlanjut sampai mencapai titik tertentu, yang sering disebut dengan titik lutu kurva. Jika dilanjutkan akan menurunkan resistansi beban, maka tegangan akan semakin turun, tetapi kuat arus akan tetap hampir konstan pada waktu resistansi beban mencapai nol, tegangan juga akan nol.

Sebuah sel fotovoltaik hanya mampu menghasilkan daya listrik yang kecil, untuk keperluan aplikasi maka harus disesuaikan dengan daya yang harus diperoleh dari sel fotovoltaik yang tidak dapat diukur daya keluarannya. Untuk keperluan daya yang lebih besar dapat dihasilkan dengan merangkai beberapa sel fotovoltaik secara seri atau paralel. Susunan beberapa modul disebut *array*. Sebelum menentukan efisiensi daripada solar cell maka dapat dicari dengan menggunakan metode di bawah ini :

$$P_{in} = G \times A \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana: P_{in} = daya input sel fotovoltaik (Watt)

G = intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A = luasan sel fotovoltaik (m²).

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots (2.10)$$

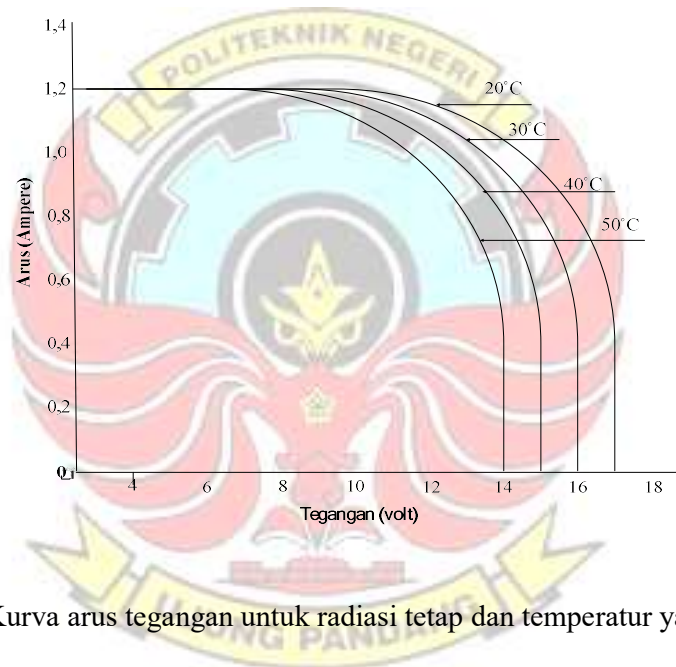
Dimana : P_{out} = daya output sel fotovoltaik (watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

2.7.1 Intensitas Radiasi Matahari

Dalam melakukan pengoperasian sel fotovoltaik tak selamanya berlaku ideal, hal ini disebabkan karena intensitas radiasi matahari yang berbeda-beda yang diterima sel fotovoltaik sehingga dengan demikian kita harus mengetahui karakteristik output sel terhadap intensitas radiasi matahari yang berbeda-beda.



Gambar 2.6 Kurva arus tegangan untuk radiasi tetap dan temperatur yang berbeda

Pada kurva tersebut diatas dapat terlihat bahwa tegangan turun dengan sangat lamban, dan arusnya tetap (konstan), ini berlanjut sampai mencapai titik tertentu yang sering disebut dengan titik lute kurva. Jika dilanjutkan akan menurunkan resistansi beban, maka tegangan akan semakin turun, tetapi kuat arus akan tetap hampir konstan pada waktu resistansi beban mencapai nol, tegangan juga akan nol.

2.7.2 Efisiensi Konversi Sel Fotovoltaik

Batas efisiensi sebuah sel fotovoltaik kira-kira 25% sedangkan efisiensi sesungguhnya yang diperoleh dari praktek akan lebih rendah dan sebagian efisiensi bergantung dari bahan pembuatannya. Efisiensi sel fotovoltaik didefinisikan sebagai hasil perbandingan antara daya output dan daya input serta radiasi matahari yang mengenai sel. Berikut ini adalah persamaan secara matematik :

Sehingga efisiensinya adalah :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana : P_{in} = daya input panel surya (W)

G = intensitas matahari (W/m^2)

A = luas panel sel surya (m^2)

P_{out} = daya output panel sel surya (W)

V = tegangan (V)

I = arus (A)

η = Efisiensi (%)

Sel fotovoltaik (solar sel) merupakan suatu alat yang dapat mengkonversi energi listrik arus searah, solar sel ini terbuat dari bahan semikonduktor, antara lain silikon dan germanium yang mana bersifat sebagai konduktor yang baik serta isolasi yang baik.

Bila cahaya matahari yang berupa energi foton datang mengenai sisi permukaan lebih besar dari pada energi celah atau gap yang memisahkan pita valensi dan pita konduksi melalui junction P-N, maka hole yang berada pada sistem tipe P bergerak ke sisi tipe N. Jika energi foton yang diterima dan diserap cukup besar maka hole akan tertahan di sisi tipe N, sehingga mengakibatkan perbedaan tegangan antara kedua sisi tersebut (sisi tipe P dan sisi tipe N). Bila sisi P dan N dari semikonduktor dihubungkan dengan suatu beban tersebut sehingga dengan demikian diperoleh energi listrik.

2.8 REGULATOR TEGANGAN

Regulator tegangan adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah (dc) yang diisi ke aki dan diambil dari aki ke beban. Aki dapat bertahan lebih lama jika regulator tegangan bekerja dengan baik dan sesuai dengan tegangan aki. Adapun yang perlu diperhatikan dalam memilih regulator tegangan adalah:

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

Adapun fungsi regulator tegangan adalah sebagai berikut:

- a. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging, dan overvoltage.

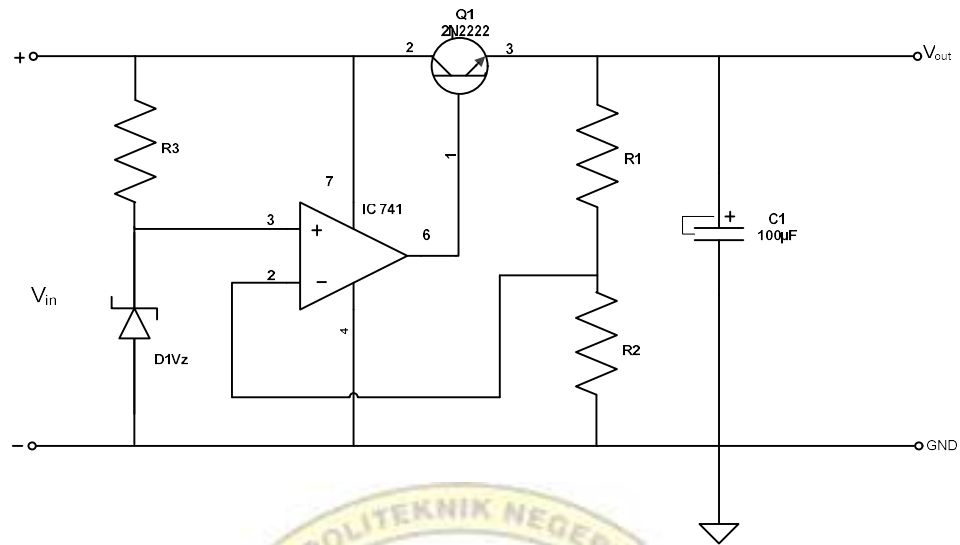
- b. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan overloading.
- c. Monitoring temperatur baterai.



Gambar 2.7 Regulator Tegangan

Seperti yang telah disebutkan di atas regulator tegangan yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah terisi penuh maka secara otomatis pengisian arus dari panel sel surya tegangan akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Regulator tegangan 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 (load). 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.



Gambar 2.8 Rangkaian Regulator Tegangan

2.9 AKI (Baterai)

Baterai adalah suatu alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai terdiri dari tiga komponen penting, yaitu batang karbon sebagai anoda (kutub positif baterai), seng (Zn) sebagai katoda (kutub negatif baterai), dan pasta sebagai elektrolit (penghantar).

2.9.1 Klasifikasi Baterai

2.9.1.1 Baterai Primer.

Baterai Primer adalah suatu baterai yang tidak dapat lagi digunakan kembali setelah reaksi kimia pada baterai tersebut sudah habis.

2.9.1.2 Baterai sekunder.

Baterai sekunder adalah suatu baterai yang dapat digunakan lagi setelah reaksi kimia pada baterai tersebut sudah habis, agar dapat digunakan kembali baterai jenis ini harus dilakukan pengisian kembali.

Baterai sekunder yang sampai sekarang masih digunakan adalah baterai tipe asam timbal (Pb) sedangkan larutan elektrolitnya dari larutan asam belerang (H_2SO_4). Jenis yang digunakan dalam sistem ini adalah jenis sekunder. Baterai sekunder merupakan jenis baterai yang praktis dan ekonomis dibandingkan baterai jenis primer. Sebab setelah pemakaian baterai ini dapat kembali diisi ulang dan sangat stabil dalam penggunaannya. Melihat sifatnya yang dapat diisi terus menerus maka baterai ini ideal bila digunakan sebagai “No break power supply”.

2.9.2 Parameter Baterai.

Kapasitas baterai adalah kemampuan baterai tersebut menampung daya listrik dalam waktu atau jumlah muatan dalam sel yang mampu oleh arus dalam jangka waktu tertentu dan biasanya dalam satuan ampere-hour (Ah). Sebagai contoh, bila kapasitas baterai 32 Ah digunakan untuk beban 3,5 ampere, maka baterai tersebut dapat melayani beban kurang lebih 9 jam, sedangkan watt-hour yang dimiliki apabila melayani selama 9 jam adalah sebesar 12 volt x 32 Ah atau 384 watt-hour.

Keberadaan baterai sebagai penyimpan dalam suatu sistem adalah sebagai penyimpan daya. Daya yang disimpan baterai yang akan digunakan saat tidak ada matahari atau pada waktu kita ingin mengoperasikan beban setiap saat artinya ada kontinuitas pelayanan ke beban.

Baterai penyimpan asam timbal adalah jenis baterai tertua yang dipakai sampai sekarang masih dipakai secara luas. Baterai ini biasa digunakan pada mobil 12 volt per-unit sel. Setiap sel terdiri dari lempeng (+) , lempeng (-) dan masing-masing lempeng dipasang secara berselang seling dan dipisahkan oleh

sekat (separator) yang biasanya terbuat dari karet, kayu atau plastik. Semua lempeng (+) dihubungkan (disatukan) sehingga menjadi satu unit yang disebut strap (penghubung antar sel). Begitu pula dengan lempeng (-) dan masing-masing strap tersebut dihubungkan pada terminalnya masing-masing. Terminal itulah yang akan keluar dari baterai.



Gambar 2.9 Salah satu contoh Aki yang digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh sel surya.

2.10 POMPA

Pompa adalah alat untuk menggerakkan cairan. Pompa menggerakkan cairan dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (energi). Pompa untuk udara biasa disebut Kompresor, kecuali untuk beberapa aplikasi bertekanan rendah, seperti di Ventilasi, Pemanas, dan Pendingin ruangan maka sebutannya menjadi fan atau Penghembus (Blower) .

Dalam pemilihan jenis pompa yang harus diperhatikan jenis liquid apa yang akan di pompakan juga ketinggian atau yang biasa di sebut dengan head pompa. masalah power yang di miliki juga harus di perhatikan karena jangan sampai kita memilih atau membeli pompa yang memerlukan daya yang lebih

besar daripada yang kita miliki. Berikut adalah klasifikasi pompa berdasarkan tekanannya :

1. Pompa tekanan statis
2. Pompa Tekanan Dinamis

Dari klasifikasi pompa seperti yang disebutkan di atas dapat digunakan pompa tekanan statis yaitu pompa washer (pembersih), karena daya yang dihasilkan pada sel surya sangat kecil dan sangat cocok untuk pengujian dengan menggunakan pompa washer.



Gambar 2.10 pompa washer

Untuk menentukan parameter-parameter yang diukur dari pompa washer dapat digunakan persamaan secara matematik sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana: Q = Debit air (m³/s)

V = Volume (liter)

t = waktu (sekond)

$$N_H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana : ρ = Massa Jenis air (kg/m^3)

g = gravitasi bumi (m/s^2)

Q = Debit Air (m^3/s)

H = Ketinggian (m)



BAB III

PEMBUATAN ALAT PENGUJIAN KARAKTERISTIK SEL SURYA DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI

3.1 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Perancangan dan waktu pembuatan solar cell akan dilaksanakan bulan Juni sampai September di Laboratorium Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

Alat yang digunakan:

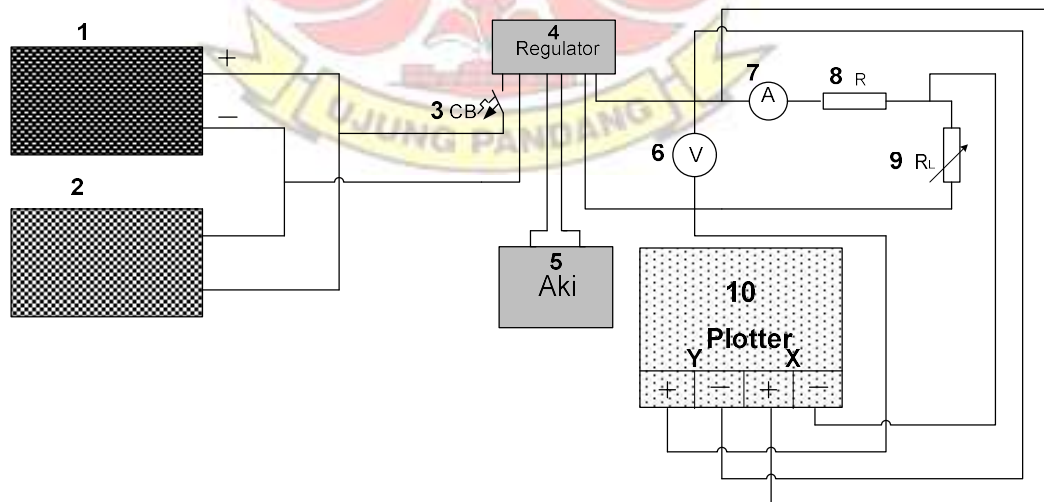
1. Gunting Besi
2. Palu
3. Bor
4. Las Listrik (Busur Api Listrik)
5. Penitik / Penggores
6. Mistar Baja
7. Gergaji Besi
8. Mesin Gerinda
9. Batu Gerinda
10. Kuas
11. Obeng Plat dan tang jepit



Bahan yang digunakan:

1. Modul Sel surya
2. Besi Siku 30 x 30 mm 2 batang
3. Besi Plat tebal 1,5 mm 1 lembar
4. Fiber tebal 3mm
5. Elektroda berselaput nikko Ø2,0 mm x 350 mm
6. Cat
7. Saklar lampu
8. Fitting lampu
9. Baut skrup
10. Lampu
11. Kabel penghubung

3.2 INSTALASI PENELITIAN



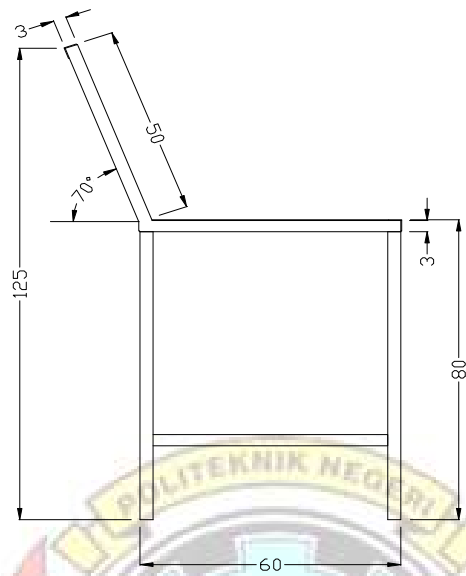
Gambar 3.11 Rangkaian percobaan sel surya

Keterangan :

1. Sel Fotovoltaik jenis solarindo
2. Sel Fotovoltaik jenis Rdan S
3. CB (Circuit Breaker)
4. Controler
5. Aki
6. Voltmeter (V)
7. Amperemeter (A)
8. Tahanan pengganti (R)
9. Beban (R_L)
10. Plotter



Gambar 3.12 tampak samping dari rangka tempat pengujian sel surya.



Gambar 3.13 tampak samping dari rangka tempat pengujian sel surya.



Gambar 3.14 Tempat alat ukur sel surya

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

Persiapan Awal

1. Perancangan dan Perakitan Alat

Perancangan dan perakitan alat bertujuan untuk mempermudah dalam penelitian. Pengumpulan data pembanding dan literatur merupakan salah satu obyek perencanaan serta pengadaan alat dan bahan yang diperlukan. Setelah pengadaan alat dan bahan yang diperlukan telah siap, maka dilakukan pembuatan instalasi penelitian seperti pada gambar diatas.

2. Pemeriksaan Alat

Sebelum melakukan penelitian, maka terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap peralatan yang diuji sebagai berikut :

- a. Memeriksa alat ukur yang akan digunakan
- b. Memeriksa flotter dan dipastikan berfungsi dengan baik
- c. Memeriksa piranometer apakah berfungsi dengan baik
- d. Memeriksa kembali semua instalasi dan memastikan tidak ada yang terputus.

3. Kalibrasi Alat Ukur

Untuk menghindari kesalahan, maka sebelum pengukuran dilakukan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat ukur Voltmeter dan Amperemeter. Kalibrasi ini dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus kemudian dikoreksi hasil perhitungan secara teori dan disesuaikan dengan alat ukur standar. Hasil koreksi ini dapat dijadikan sebagai pembanding dan koreksi hasil perhitungan daya.

Cara Pengambilan Data

1. Tegangan dan Arus

Panas matahari yang dihasilkan dari panel sel surya masuk ke dalam alat ukur tegangan dan arus yaitu Voltmeter dan Amperemeter sehingga nilai dari tegangan dan arus dapat diketahui.

a. Temperatur

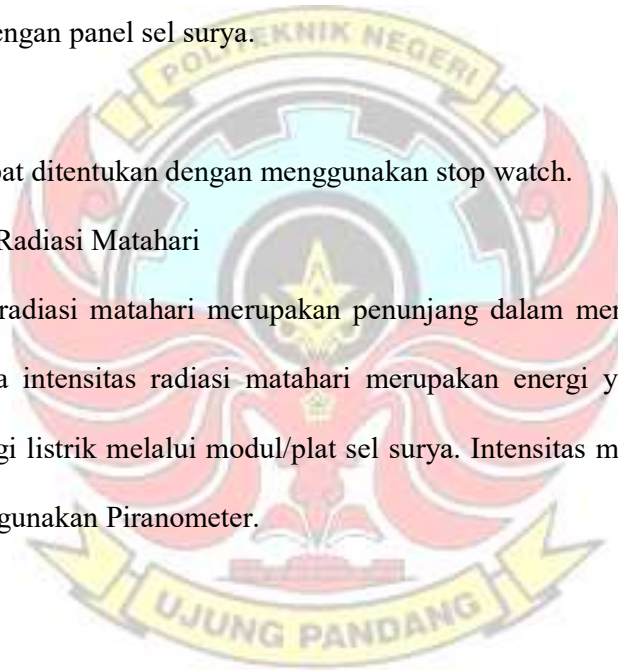
Temperatur matahari diukur dengan menggunakan Termometer yang di pasang berdekatan dengan panel sel surya.

b. Waktu

Waktu dapat ditentukan dengan menggunakan stop watch.

c. Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari merupakan penunjang dalam menghasilkan energi listrik, karena intensitas radiasi matahari merupakan energi yang akan diubah menjadi energi listrik melalui modul/plat sel surya. Intensitas matahari ini diukur dengan menggunakan Piranometer.



3.4 DIAGRAM ALIRAN PENELITIAN

Prosedur pembuatan alat praktikum energi alternatif di lab konversi energi dengan sistem alami, diperlihatkan seperti pada diagram alir pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.15 Diagram Aliran Proses perancangan solar cell

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah perancangan dilakukan, pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat terhadap karakteristik sel surya dengan variasi beban (tahanan geser, lampu, kipas, dan pompa). Hal ini menunjukkan apakah perancangan ini sesuai dengan deskripsi yang diinginkan. Adapun langkah-langkah yang akan dikerjakan selama penelitian adalah sebagai berikut :

4.1 PENGUJIAN INSTALASI

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performansi hasil perancangan apakah sudah menghasilkan energi listrik dengan baik atau tidak. Untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dari sistem ini dapat menggunakan volt ampere, selain itu diuji apakah tegangan yang dihasilkan oleh sel surya dapat menghasilkan energi listrik yang dapat diberi beban R (Tahanan Geser), beban Lampu, beban kipas dan beban pompa.

Langkah-langkah pengujian alat adalah sebagai berikut:

1. Mengecek alat ukur dan mengkalibrasinya.
2. Menyiapkan rangkaian pengujian.
3. Menyiapkan tabel pengamatan untuk mencatat data sesuai dengan parameter yang dicari.

4.2 ANALISIS DATA

Dari hasil pengujian maka kita dapat menghitung parameter-parameter yang belum diketahui dari hasil data pengukuran.

Sebagai contoh perhitungan dapat digunakan data pada tabel 4.1 no 1 pada beban tahanan geser dan beban pompa di bawah ini:

❖ Menghitung Daya Input (P_{in}) sel surya pada tabel 4.1 no.1

Luas Plat 1 = $0,4 \text{ m}^2$ (untuk jenis Solarindo).

Luas Plat 2 = $0,36 \text{ m}^2$ (untuk jenis R & S).

$$\begin{aligned} P_{in} &= G \cdot A \text{ (W)} \\ &= 994 \text{ (W/m}^2\text{)} \times 0,4 \text{ (m}^2\text{)} \\ &= 397,6 \text{ W} \end{aligned}$$

❖ Menghitung Daya Output (P_{out}) sel surya pada tabel 4.1 no.1

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \text{ (W)} \\ &= 14 \text{ volt} \times 0,75 \text{ ampere} \\ &= 10,5 \text{ watt} \end{aligned}$$

❖ Menghitung Efisiensi sel surya

$$\begin{aligned} \eta_s &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{10,5}{397,6} \times 100\% \\ &= 2,641\% \end{aligned}$$

❖ Menghitung Daya Hidrolik (N_H) pada pompa

Dik :

$$H_s = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$H_d = 109 \text{ cm} = 1090 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$t = 51 : 46 \text{ s}$$

$$V = 1 \text{ liter}$$

$$\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Dit :

a. Debit aliran air (Q) =?

b. Head total (H_T) =?

c. Daya hidrolik (N_H) =?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{a. } Q &= \frac{V}{t} = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{51,46 \text{ s}} \\ &= 1,94 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

b. $H_T = H_d - H_s$

$$= 1090 - 150$$

$$= 940 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$= 0,94 \text{ mH}_2\text{O}$$

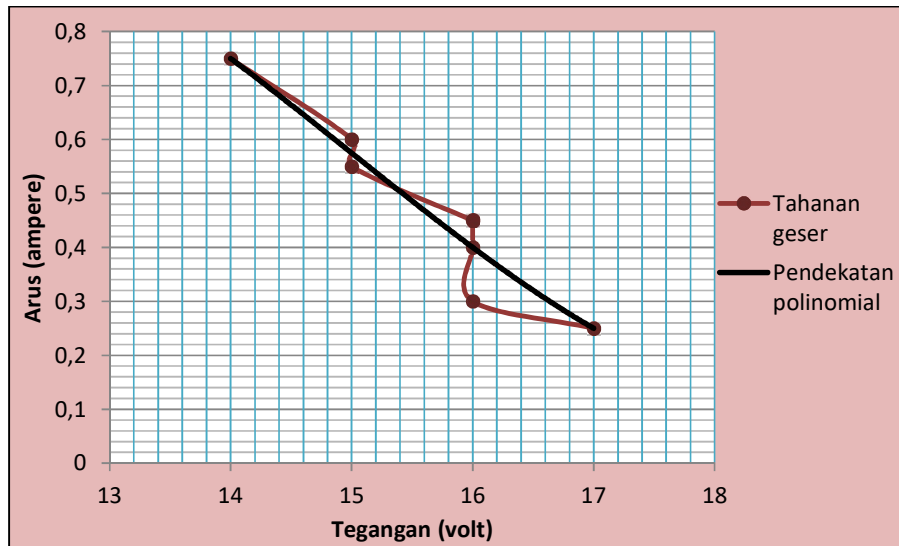
$$\begin{aligned} \text{c. } N_H &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H \\ &= 1000 \times 9,81 \times 1,94 \cdot 10^{-5} \times 0,94 \\ &= 0,18 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode atau cara perhitungan yang sama, maka hasil perhitungan untuk data percobaan berbeban, dan rangkaian seri yang lainnya dapat dilihat pada tabel hasil analisa data percobaan.

4.3 PEMBAHASAN

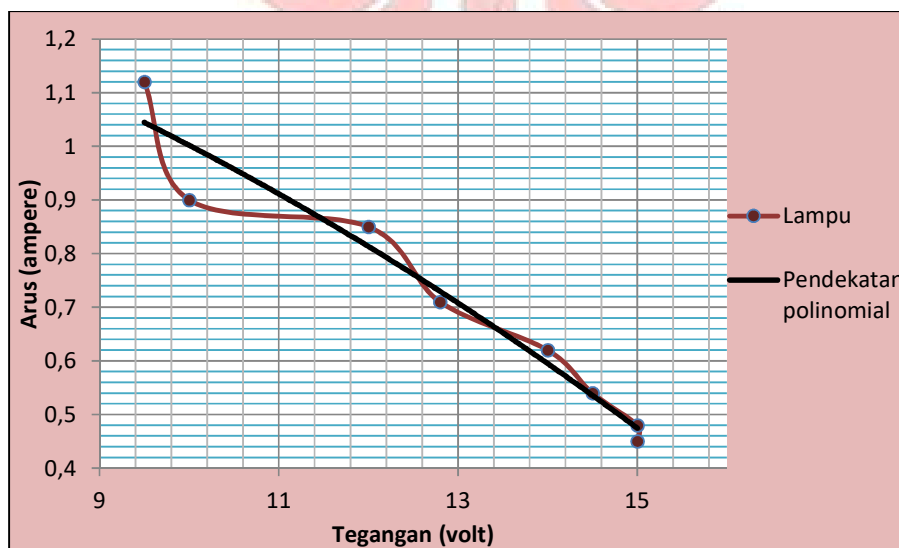
Dari pengujian pada beberapa kondisi, maka :

Pada kondisi sel surya tersebut terhubung ke aki, jika kondisi cerah daya yang dibangkitkan cukup besar. Sel surya tersebut mampu menyuplai tegangan ke beberapa beban dan melakukan pengisian pada aki, karena tegangan sel surya lebih besar dibanding dengan aki, pada kondisi mendung daya yang dibangkitkan sel surya kecil, namun tidak ada arus balik ke sel surya, sebaliknya aki akan memberikan tegangannya untuk melayani beban, karena adanya kontrol regulator pada papan rangkaian yang mengatur pengisian dan penyaluran daya pada beban dan aki. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



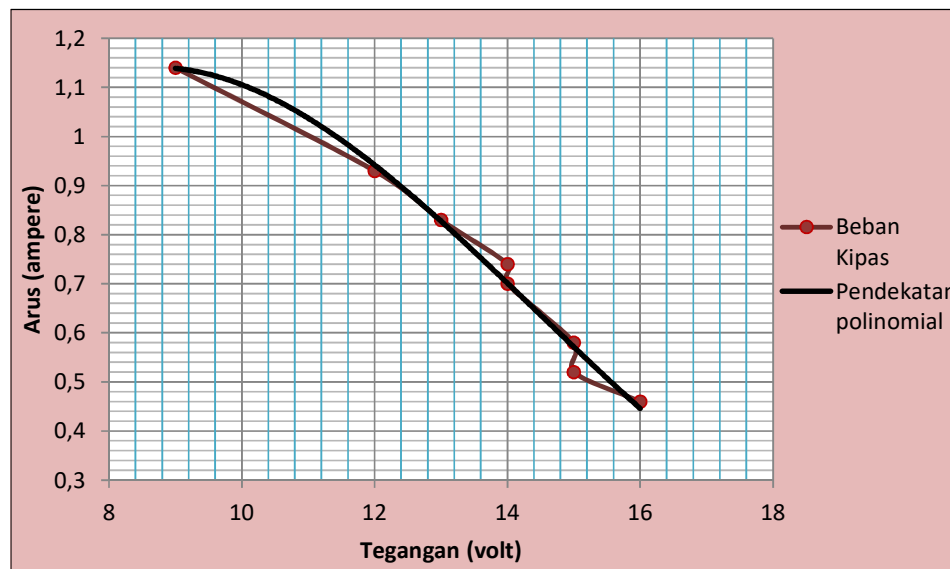
Gambar 16. Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada plat 1 dengan beban tahanan geser (R)

Pada grafik diatas memperlihatkan hubungan antara arus dengan tegangan, dimana tegangannya semakin besar dengan diikuti penurunan beban yang mengakibatkan arusnya semakin kecil



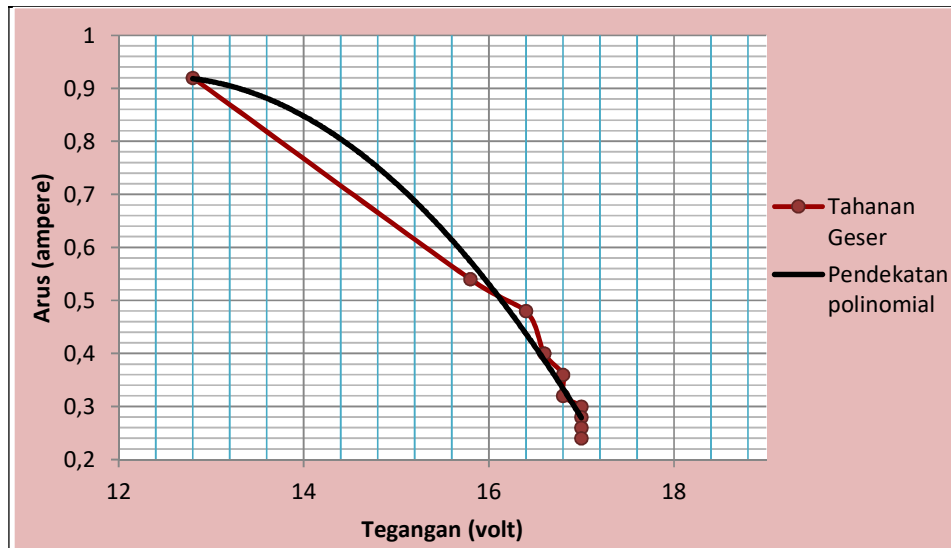
Gambar 17. Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada plat 1 dengan beban lampu 10W

Grafik diatas memperlihatkan hubungan antara tegangan dengan arus. Dimana tegangan turun dengan sangat cepat pada titik 9,5 dan pada titik 12 tegangan turun dengan sangat lambat dan jika diteruskan akan menurunkan resistansi beban.



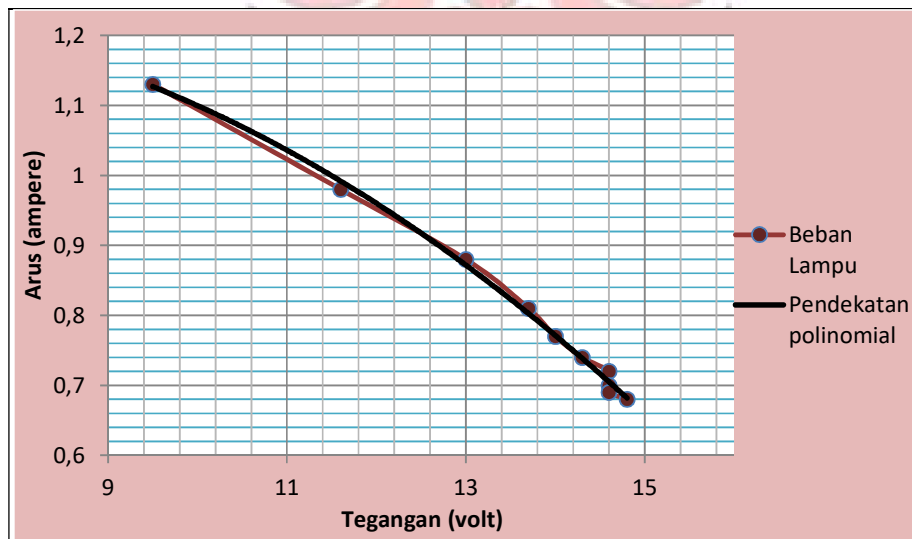
Gambar 18. Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada plat 1 dengan beban kipas 0,25A

Grafik diatas memperlihatkan hubungan antara tegangan dengan arus. Dimana tegangan turun dengan sangat cepat pada titik 9 dan pada titik 12 tegangan turun dengan sangat lambat yang membuat arusnya semakin kecil karena ada penurunan pada resistansi beban.



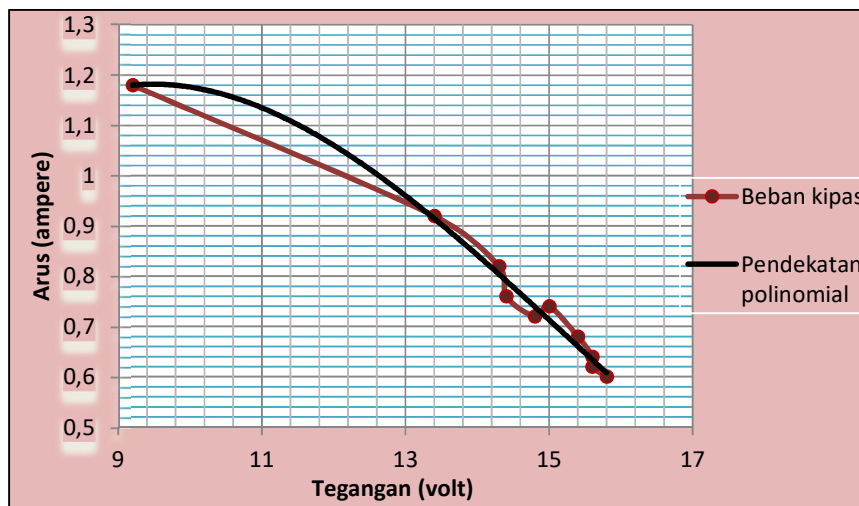
Gambar 19. Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada plat 2 dengan beban tahanan geser (R)

Grafik diatas memperlihatkan hubungan antara arus dengan tegangan. Dimana tegangan turun dengan sangat cepat pada titik 12,8 dan pada titik 16,4 tegangan turun dengan sangat lambat dan jika diteruskan akan menurunkan resistansi beban.



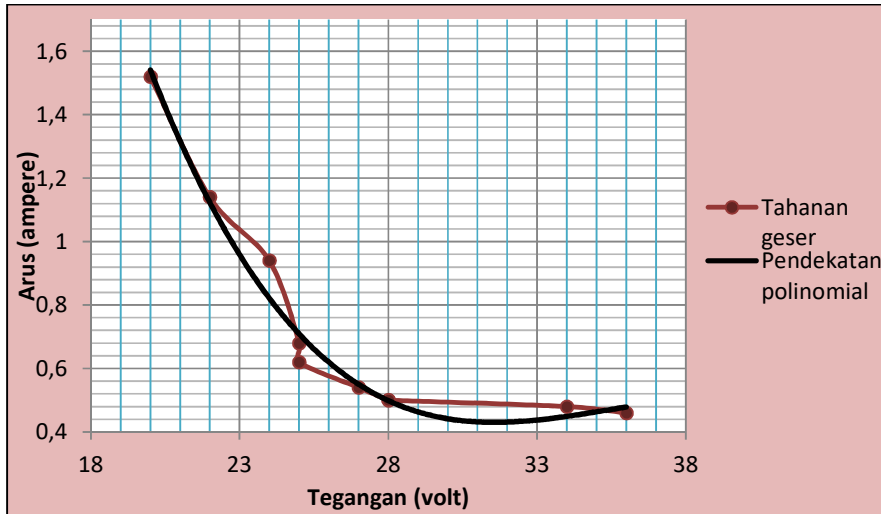
Gambar 20 Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada plat 2 dengan beban lampu 10W

Grafik diatas memperlihatkan hubungan antara tegangan dengan arus. Dimana arus turun sangat cepat pada titik 1,13 dengan tegangan 9,5. Arus mengalami penurunan sangat lambat pada titik 0,8 dan hampir konstan pada titik 0,7.



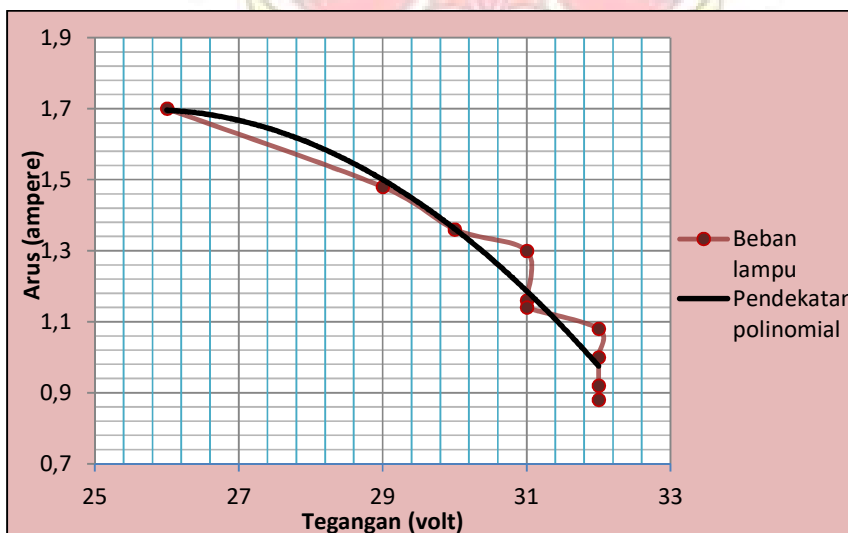
Gambar 21 Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada plat 2 dengan beban kipas 0,25A

Grafik diatas memperlihatkan hubungan antara tegangan dengan arus. Dimana arus turun dengan sangat cepat pada titik 1,18 dengan tegangan 9,2. Kemudian arus turun sangat lambat dan pada titik 0,7 terjadi penyimpangan yang disebabkan kesalahan alat ukur.



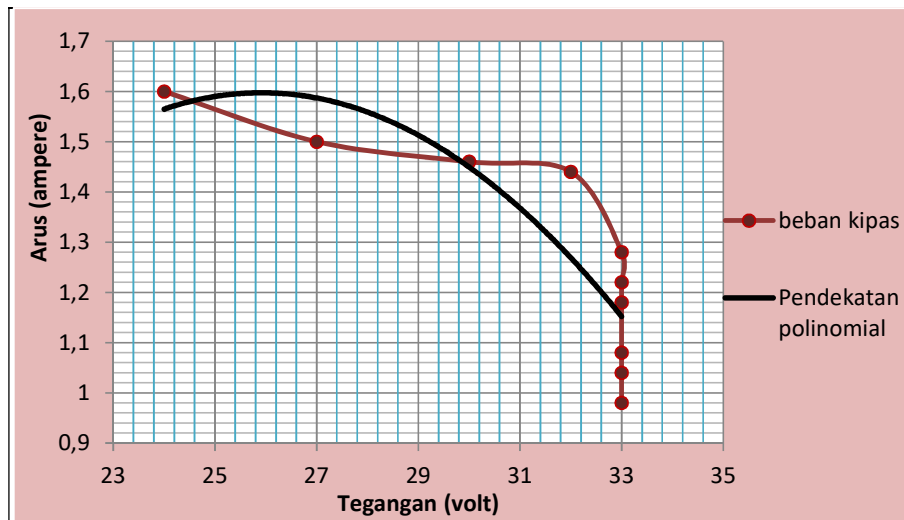
Gambar 22. Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada rangkaian seri dengan beban tahanan geser (R)

Grafik diatas memperlihatkan hubungan antara tegangan dengan arus. Dimana arusnya turun dengan sangat cepat pada titik 1,52 dan pada titik 0,68 arus turun dengan sangat lambat dan jika diteruskan arusnya akan hampir konstan.



Gambar 23. Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada rangkaian seri dengan beban lampu 8W

Grafik diatas memperlihatkan hubungan antara tegangan dengan arus. Dimana tegangannya semakin besar akan tetapi arusnya semakin kecil ini disebabkan karena kenaikan resistansi beban.



Gambar 24. Grafik hubungan antara tegangan dan arus pada rangkaian seri dengan beban kipas 0,25A

Grafik diatas memperlihatkan hubungan antara tegangan dengan arus. Dimana tegangan semakin besar seiring dengan penurunan arus terhadap bertambahnya beban.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Pembuatan alat pengujian ini dibuat dengan menggunakan Fiber untuk dapat melihat dengan jelas rangkaian dari percobaan, selain itu mahasiswa dapat memulai praktikum dengan cepat, karena peralatan yang digunakan sudah tersimpan dalam satu tempat (meja praktikum).
2. Pada pengujian karakteristik sel surya dengan menggunakan plotter juga dapat dibuktikan dengan pengambilan data dari setiap percobaan dengan beban yang berbeda – beda dari beberapa data secara manual, sehingga dapat dilihat pengaruh beban terhadap tegangan dan arus. Selain itu, pada pengujian karakteristik sel surya dengan variasi beban dapat pula digunakan pompa washer sebagai beban.

5.2 SARAN

1. Diharapkan kepada pihak Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya Teknik Mesin Program Studi Konversi Energi agar dapat memperhatikan peralatan praktikum di laboratorium konversi energi dimana banyaknya peralatan praktikum yang kurang baik misalnya: alat ukur dan kabel penghubung.
2. Jika dilihat dari perkembangan zaman, maka kami mengharapkan kepada adik-adik Mahasiswa khususnya Teknik konversi Energi untuk dapat mengembangkan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Metereologi dan Geofisika (BMKG) 2011. Sulawesi Selatan

Brian Yulianto, Serba-serbi Energi, Penerbit ISTECS 2005.

Deni Almanda, 2005. *Prospek PLTS di Indonesia*, Energi Indonesia (Artikel-artikel Populer), Fisika LIPI, Jakarta.

Sargent EH dkk (2005). "Solution-processed PbS quantum dot infrared photodetectors and photovoltaics". *Nature Materials* 4 (2): 138-42.

Sinamo Sertu Alim Senina, 2007. *Puslitbang Iptekhan Balitbang Dephan*

Sitorus Parulian, 2010. "Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Menggunakan Solar Sel 100 WP Sebagai Sumber Energi Alternatif" Jurusan Teknik Elektro UNP

Wibowo Abdi, 2010. Energi Alternatif, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Wikipedia encyclopedia, Solar cell, 2005 (http://en.wikipedia.org/wiki/solar_cell)



Lampiran A :

DATA HASIL PENGUJIAN

Tabel 2. Hasil percobaan tanpa beban pada plat 1

No	Tegangan (V)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	13	595	36,5	10:10	Cerah
2	13	594	35,4	10:13	Cerah
3	13	594	37,8	10:16	Cerah
4	13	592	36,2	10:19	Cerah
5	14	604	37,1	10:22	Cerah
6	17	735	38,8	10:25	Cerah
7	17	731	38,5	10:28	Cerah
8	17	738	38,5	10:31	Cerah
9	17	729	38,5	10:34	Cerah
10	17	732	38,6	10:37	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 3. Hasil percobaan tanpa beban pada plat II

No	Tegangan (V)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	18	851	37,6	10:40	Cerah
2	18	870	35,6	10:43	Cerah
3	18	875	35,6	10:46	Cerah
4	17	859	35,1	10:49	Cerah
5	15	849	34,7	10:52	Cerah
6	17	847	34,1	10:55	Cerah
7	17	846	37,1	10:58	Cerah
8	17	847	39	11:01	Cerah
9	18	878	41,5	11:04	Cerah
10	18	877	41,5	11:07	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 4. Hasil percobaan pada plat 1 dengan beban tahanan geser

No	Tegangan (V)	Arus (I)	Temperatur (°C)	G (W/m ²)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	14	0,75	36,1	994	11:29	Cerah
2	15	0,6	35,4	993	11:32	Cerah
3	15	0,55	34,6	993	11:35	Cerah
4	16	0,45	35,1	992	11:38	Cerah
5	16	0,45	35,4	994	11:41	Cerah
6	16	0,4	36,2	993	11:44	Cerah
7	16	0,3	36,1	993	11:47	Cerah
8	17	0,25	33,8	990	11:52	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 5. Hasil percobaan pada plat 1 dengan beban lampu 8W

No	Tegangan (V)	Arus (I)	Temperatur (°C)	G (W/m ²)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	9,5	1,12	38,1	983	12:05	Cerah
2	10	0,9	35	981	12:08	Cerah
3	12	0,85	36,3	981	12:11	Cerah
4	12,8	0,71	35,6	979	12:14	Cerah
5	14	0,62	35,1	980	12:17	Cerah
6	14,5	0,54	35,9	978	12:20	Cerah
7	15	0,48	36,7	977	12:23	Cerah
8	15	0,45	37,7	976	12:36	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 6. Hasil percobaan pada plat 1 dengan beban kipas 0,25A

No	Tegangan (V)	Arus (I)	Temperatur (°C)	G (W/m)	Waktu (s)	Cerah
1	9	1,14	36,4	961	12:40	Cerah
2	12	0,93	35,6	954	12:43	Cerah
3	13	0,83	36,7	951	12:46	Cerah
4	14	0,74	37,4	954	12:49	Cerah
5	14	0,7	37,1	952	12:52	Cerah
6	15	0,58	36,5	949	12:55	Cerah
7	15	0,52	36,3	950	12:58	Cerah
8	16	0,46	36,8	947	1:01	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 7. Hasil percobaan dengan beban pompa

No	Waktu (s)	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	T (°C)
1	51:46:00	15	109	16	0,86	811	39,9

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 8. Hasil percobaan pada plat 2 dengan beban tahanan geser

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	12,8	0,92	972	36,6	10:45	Cerah
2	15,8	0,54	942	36,2	10:48	Cerah
3	16,4	0,48	960	36,1	10:51	Cerah
4	16,6	0,4	965	36,1	10:54	Cerah
5	16,8	0,36	962	36,2	10:57	Cerah
6	16,8	0,32	941	36,3	11:00	Cerah
7	17	0,3	941	36,7	11:03	Cerah
8	17	0,28	951	37,9	11:06	Cerah
9	17	0,26	956	36,5	10:45	Cerah
10	17	0,24	948	36,4	10:48	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 9. Hasil percobaan pada plat 2 dengan beban Lampu 10W

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	9,5	1,13	944	36,9	11:10	Cerah
2	11,6	0,98	941	37,3	11:13	Cerah
3	13	0,88	930	35,5	11:16	Cerah
4	13,7	0,81	933	37,5	11:19	Cerah
5	14	0,77	934	36,7	11:22	Cerah
6	14,3	0,74	923	35,8	11:25	Cerah
7	14,6	0,72	936	36,5	11:28	Cerah
8	14,6	0,7	923	36,6	11:31	Cerah
9	14,6	0,69	935	36,9	11:10	Cerah
10	14,8	0,68	931	36,8	11:13	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 10. Hasil percobaan pada plat 2 dengan beban Kipas 0,25A

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	9,2	1,18	916	36,9	11:35	Cerah
2	13,4	0,92	930	38,3	11:38	Cerah
3	14,3	0,82	933	37,1	11:41	Cerah
4	14,4	0,76	918	37,6	11:44	Cerah
5	14,8	0,72	912	37,4	11:47	Cerah
6	15	0,74	914	37,6	11:50	Cerah
7	15,4	0,68	911	37,7	11:53	Cerah
8	15,6	0,64	916	37,5	11:56	Cerah
9	15,6	0,62	910	37,2	11:59	Cerah
10	15,8	0,6	913	37,5	12:02	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 11. Hasil percobaan pada plat 2 dengan beban Pompa

No	Tegangan (V)	Arus (I)	H ₁	H ₂	G (W/m ²)	Q(liter)	Temperatur (°C)
1	7,4	1,12	15	114	848	1	38,4

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 12. Hasil percobaan pada plat 1 dan 2 secara seri dengan beban tahana geser

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	32	1,52	387	35,8	11:10	Berawan
2	34	1,14	254	33,6	11:12	Berawan
3	24	0,94	275	33,2	11:14	Berawan
4	25	0,68	262	33,1	11:16	Berawan
5	25	0,62	286	33,3	11:18	Berawan
6	27	0,54	330	33,1	11:20	Berawan
7	28	0,5	620	35,2	11:22	Cerah
8	28	0,5	382	33,7	11:24	Berawan
9	34	0,48	780	33,9	11:26	Cerah
10	36	0,46	347	34,7	11:28	Berawan

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 13. Hasil percobaan pada plat 1 dan 2 secara seri dengan beban Lampu 10W

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	26	1,7	870	35,2	11:30	Cerah
2	29	1,48	912	36,7	11:33	Cerah
3	30	1,36	908	37,6	11:36	Cerah
4	31	1,3	905	37,1	11:39	Cerah
5	31	1,16	872	37,4	11:42	Cerah
6	31	1,14	884	37,7	11:45	Cerah
7	32	1,08	891	38,2	11:48	Cerah
8	32	1	909	38,3	11:51	Cerah
9	32	0,92	931	39,4	11:54	Cerah
10	32	0,88	750	37,8	11:57	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 14. Hasil percobaan pada plat 1 dan 2 secara seri dengan beban Kipas 0,25A

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Kondisi cuaca
1	24	1,6	652	36,1	12:00	Cerah
2	27	1,5	660	36,4	12:03	Cerah
3	30	1,46	762	34,3	12:06	Cerah
4	32	1,44	880	36,3	12:09	Cerah
5	33	1,28	834	38,3	12:12	Cerah
6	33	1,22	846	38,3	12:15	Cerah
7	33	1,18	832	39,1	12:18	Cerah
8	33	1,08	813	38,7	12:21	Cerah
9	33	1,04	818	38,5	12:24	Cerah
10	33	0,98	798	38	12:27	Cerah

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 15. Hasil percobaan pada plat 1 dan 2 secara seri dengan beban Pompa

No	Tegangan (V)	Arus (I)	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	G(W/m ²)	V(liter)	Temperatur (°C)
1	25	1,4	15	134	890	1	40,3

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

Tabel 16. Hasil analisa sel surya pada percobaan tanpa beban plat I

No	Tegangan (V)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Pin
1	13	595	36,5	10:10	238
2	13	594	35,4	10:13	237,6
3	13	594	37,8	10:16	237,6
4	13	592	36,2	10:19	236,8
5	14	604	37,1	10:22	241,6
6	17	735	38,8	10:25	294
7	17	731	38,5	10:28	292,4
8	17	738	38,5	10:31	295,2
9	17	729	38,5	10:34	291,6
10	17	732	38,6	10:37	292,8

Tabel 17. Hasil analisa sel surya pada percobaan tanpa beban plat II

No	Tegangan (V)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Pin
1	18	851	37,6	10:40	306,36
2	18	870	35,6	10:43	313,2
3	18	875	35,6	10:46	315
4	17	859	35,1	10:49	309,24
5	15	849	34,7	10:52	305,64
6	17	847	34,1	10:55	304,92
7	17	846	37,1	10:58	304,56
8	17	847	39	11:01	304,92
9	18	878	41,5	11:04	316,08
10	18	877	41,5	11:07	315,72

Tabel 18. Hasil analisa pada percobaan plat 1 dengan beban tahanan geser

No	Tegangan (V)	Arus (I)	Temperatur (°C)	G (W/m ²)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	14	0,75	36,1	994	11:29	397,6	10,5	2,641
2	15	0,6	35,4	993	11:32	397,2	9	2,266
3	15	0,55	34,6	993	11:35	397,2	8,25	2,077
4	16	0,45	35,1	992	11:38	396,8	7,2	1,815
5	16	0,45	35,4	994	11:41	397,6	7,2	1,811
6	16	0,4	36,2	993	11:44	397,2	6,4	1,611
7	16	0,3	36,1	993	11:47	397,2	4,8	1,208
8	17	0,25	33,8	990	11:52	396	4,25	1,073

Tabel 19. Hasil analisa pada percobaan plat 1 dengan beban lampu

No	Tegangan (V)	Arus (I)	Temperatur (°C)	G (W/m ²)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	9,5	1,12	38,1	983	12:05	393,2	10,64	2,706
2	10	0,9	35	981	12:08	392,4	9	2,294
3	12	0,85	36,3	981	12:11	392,4	10,2	2,599
4	12,8	0,71	35,6	979	12:14	391,6	9,088	2,321
5	14	0,62	35,1	980	12:17	392	8,68	2,214
6	14,5	0,54	35,9	978	12:20	391,2	7,83	2,002
7	15	0,48	36,7	977	12:23	390,8	7,2	1,842
8	15	0,45	37,7	976	12:36	390,4	6,75	1,729

Tabel 20. Hasil analisa pada percobaan plat 1 dengan beban kipas

No	Tegangan (V)	Arus (I)	Temperatur (°C)	G (W/m ²)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	9	1,14	36,4	961	12:40	384,4	10,26	2,669
2	12	0,93	35,6	954	12:43	381,6	11,16	2,925
3	13	0,83	36,7	951	12:46	380,4	10,79	2,836
4	14	0,74	37,4	954	12:49	381,6	10,36	2,715
5	14	0,7	37,1	952	12:52	380,8	9,8	2,574
6	15	0,58	36,5	949	12:55	379,6	8,7	2,292
7	15	0,52	36,3	950	12:58	380	7,8	2,053
8	16	0,46	36,8	947	1:01	378,8	7,36	1,943

Tabel 21. Hasil analisa pada percobaan plat 1 dengan beban pompa

No	Waktu (s)	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	Tegangan (V)	Arus (I)	V (liter)	Q(m ³ /s)	N _H (watt)
1	38:68	15	109	11	0,86	1	2,343x10 ⁻⁵	0,21578076

Tabel 22. Hasil analisa pada percobaan plat 2 dengan beban tahanan geser

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	12,8	0,92	972	36,6	10:45	349,92	11,776	3,365
2	15,8	0,54	942	36,2	10:48	339,12	8,532	2,516
3	16,4	0,48	960	36,1	10:51	345,6	7,872	2,278
4	16,6	0,4	965	36,1	10:54	347,4	6,64	1,911
5	16,8	0,36	962	36,2	10:57	346,32	6,048	1,746
6	16,8	0,32	941	36,3	11:00	338,76	5,376	1,587
7	17	0,3	941	36,7	11:03	338,76	5,1	1,505
8	17	0,28	951	37,9	11:06	342,36	4,76	1,39
9	17	0,26	956	36,5	10:45	344,16	4,42	1,284
10	17	0,24	948	36,4	10:48	341,28	4,08	1,195

Tabel 23. Hasil analisa pada percobaan plat 2 dengan beban lampu

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	9,5	1,13	944	36,9	11:10	339,84	10,735	3,159
2	11,6	0,98	941	37,3	11:13	338,76	11,368	3,356
3	13	0,88	930	35,5	11:16	334,8	11,44	3,417
4	13,7	0,81	933	37,5	11:19	335,88	11,097	3,304
5	14	0,77	934	36,7	11:22	336,24	10,78	3,206
6	14,3	0,74	923	35,8	11:25	332,28	10,582	3,185
7	14,6	0,72	936	36,5	11:28	336,96	10,512	3,12
8	14,6	0,7	923	36,6	11:31	332,28	10,22	3,076
9	14,6	0,69	935	36,9	11:10	336,6	10,074	2,993
10	14,8	0,68	931	36,8	11:13	335,16	10,064	3,003

Tabel 24. Hasil analisa pada percobaan plat 2 dengan beban kipas

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	9,2	1,18	916	36,9	11:35	329,76	10,856	3,292
2	13,4	0,92	930	38,3	11:38	334,8	12,328	3,682
3	14,3	0,82	933	37,1	11:41	335,88	11,726	3,491
4	14,4	0,76	918	37,6	11:44	330,48	10,944	3,312
5	14,8	0,72	912	37,4	11:47	328,32	10,656	3,246
6	15	0,74	914	37,6	11:50	329,04	11,1	3,373
7	15,4	0,68	911	37,7	11:53	327,96	10,472	3,193
8	15,6	0,64	916	37,5	11:56	329,76	9,984	3,028
9	15,6	0,62	910	37,2	11:59	327,6	9,672	2,952
10	15,8	0,6	913	37,5	12:02	328,68	9,48	2,884

Tabel 25. Hasil analisa pada percobaan plat 2 dengan beban pompa

No	Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (I)	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	V(liter)	Q(m/s ²)	Nh(watt)
1	40:46:00	10	1,12	15	114	1	1,943x10 ⁻⁵	0,1887022

Tabel 26. Hasil analisa pada percobaan rangkaian seri dengan beban tahanan geser

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	20	1,52	387	35,8	10:10	294,12	30,4	10,336
2	22	1,14	254	33,6	10:13	193,04	25,08	12,992
3	24	0,94	275	33,2	10:16	209	22,56	10,794
4	25	0,68	262	33,1	10:19	199,12	17	8,538
5	25	0,62	286	33,3	10:22	217,36	15,5	7,131
6	27	0,54	330	33,1	10:25	250,8	14,58	5,813
7	28	0,5	620	35,2	10:28	471,2	14	2,971
8	28	0,5	382	33,7	10:31	290,32	14	4,822
9	34	0,48	780	33,9	10:34	592,8	16,32	2,753
10	36	0,46	347	34,7	10:37	263,72	16,56	6,279

Tabel 27. Hasil analisa pada percobaan rangkaian seri dengan beban lampu

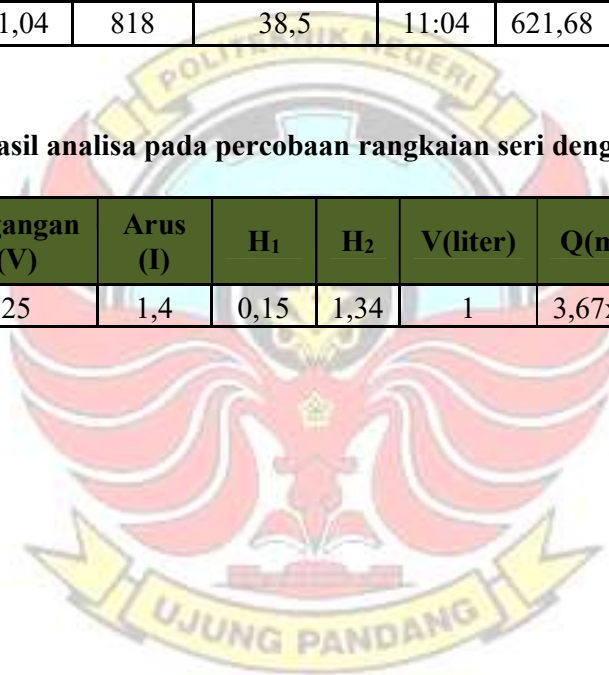
No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	26	1,7	870	35,2	11:10	661,2	44,2	6,685
2	29	1,48	912	36,7	11:13	693,12	42,92	6,192
3	30	1,36	908	37,6	11:16	690,08	40,8	5,912
4	31	1,3	905	37,1	11:19	687,8	40,3	5,859
5	31	1,16	872	37,4	11:22	662,72	35,96	5,426
6	31	1,14	884	37,7	11:25	671,84	35,34	5,26
7	32	1,08	891	38,2	11:28	677,16	34,56	5,104
8	32	1	909	38,3	11:31	690,84	32	4,632
9	32	0,92	931	39,4	11:34	707,56	29,44	4,161
10	32	0,88	750	37,8	11:37	570	28,16	4,94

Tabel 28. Hasil analisa pada percobaan rangkaian seri dengan beban kipas

No	Tegangan (V)	Arus (I)	G (W/m ²)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	P _{in}	P _{out}	Ef(%)
1	24	1,6	652	36,1	10:40	495,52	38,4	7,749
2	27	1,5	660	36,4	10:43	501,6	40,5	8,074
3	30	1,46	762	34,3	10:46	579,12	43,8	7,563
4	32	1,44	880	36,3	10:49	668,8	46,08	6,89
5	33	1,28	834	38,3	10:52	633,84	42,24	6,664
6	33	1,22	846	38,3	10:55	642,96	40,26	6,262
7	33	1,18	832	39,1	10:58	632,32	38,94	6,158
8	33	1,08	813	38,7	11:01	617,88	35,64	5,768
9	33	1,04	818	38,5	11:04	621,68	34,32	5,521

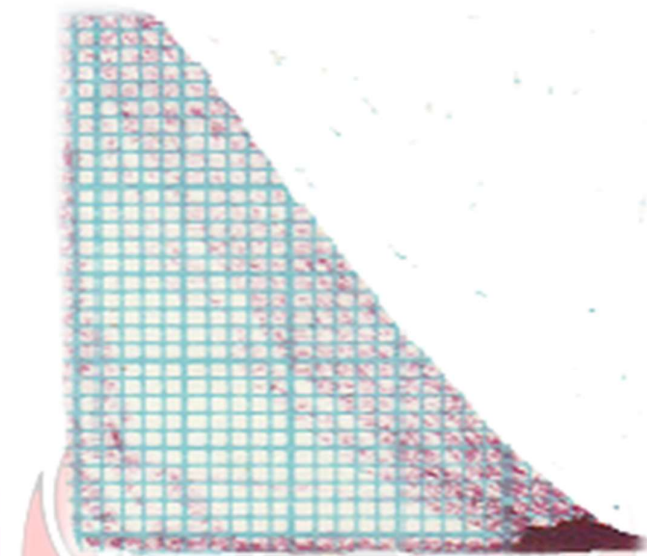
Tabel 29. Hasil analisa pada percobaan rangkaian seri dengan beban pompa

No	Waktu (s)	Tegangan (V)	Arus (I)	H ₁	H ₂	V(liter)	Q(m/s ²)	N _H (watt)
1	21:35	25	1,4	0,15	1,34	1	3,67x10 ⁻⁵	0,4268

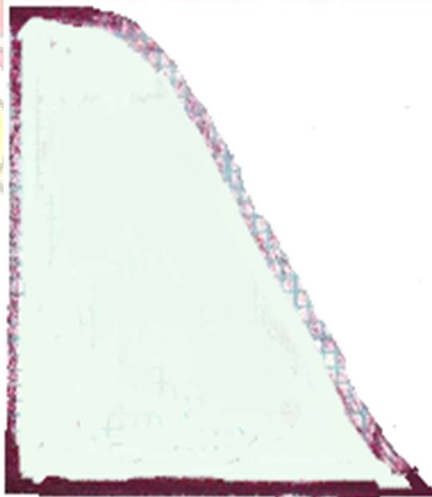


Lampiran B :

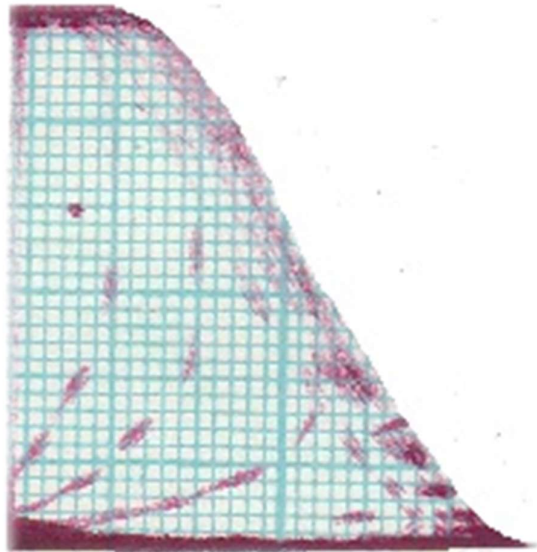
GAMBAR GRAFIK HASIL DARI PLOTTER



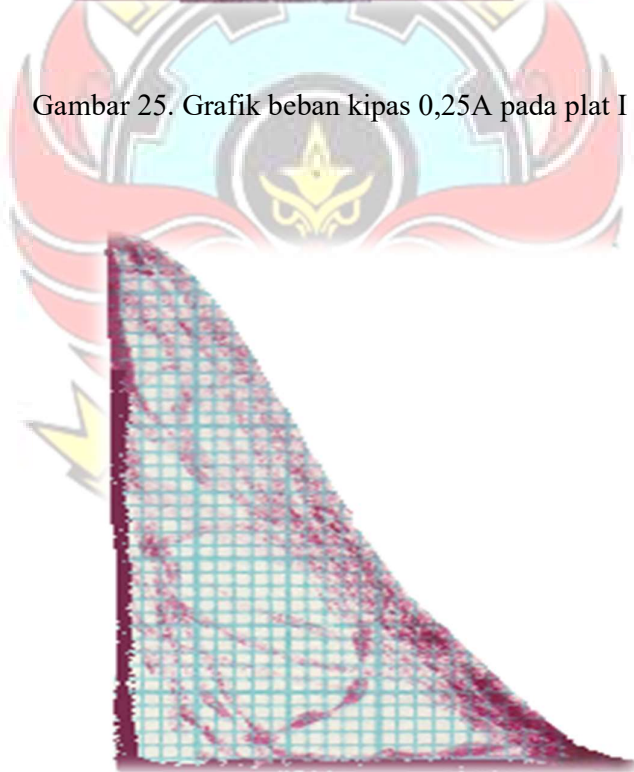
Gambar 23. Grafik beban tahanan geser (R) pada plat I



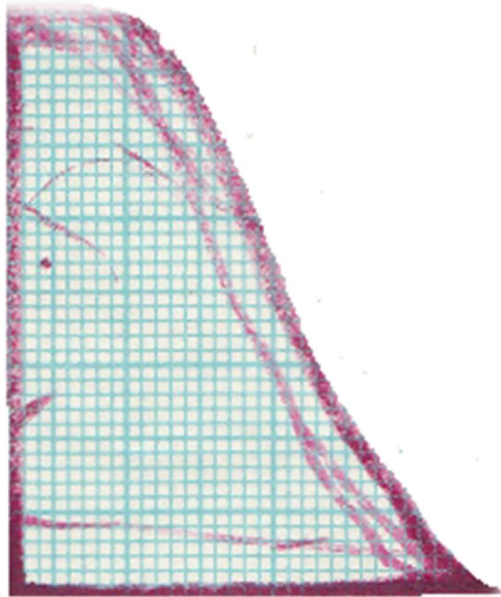
Gambar 24. Grafik beban lampu 10W pada plat I



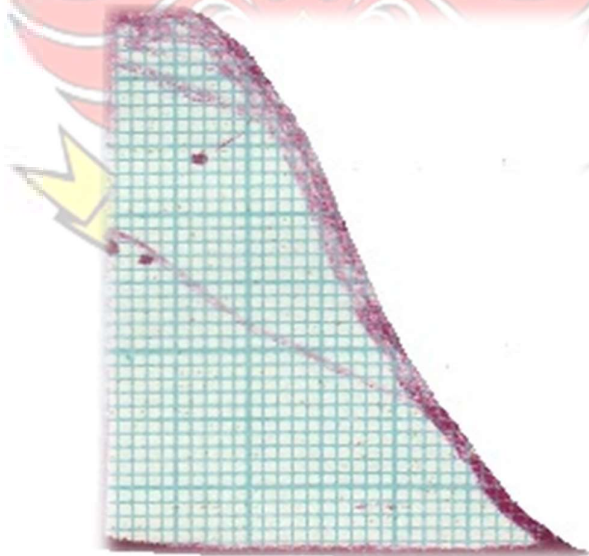
Gambar 25. Grafik beban kipas 0,25A pada plat I



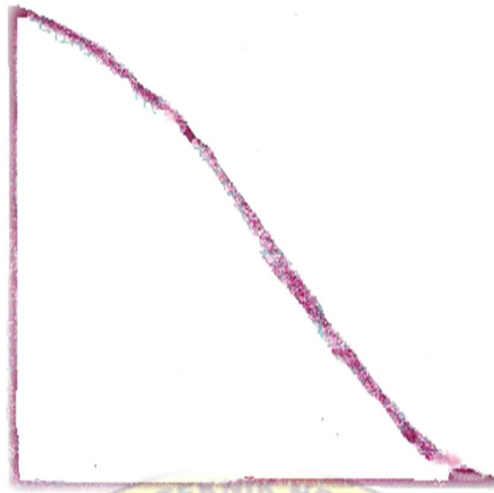
Gambar 26. Grafik beban tahanan geser (R) pada plat II



Gambar 27. Grafik beban lampu 10W pada plat II



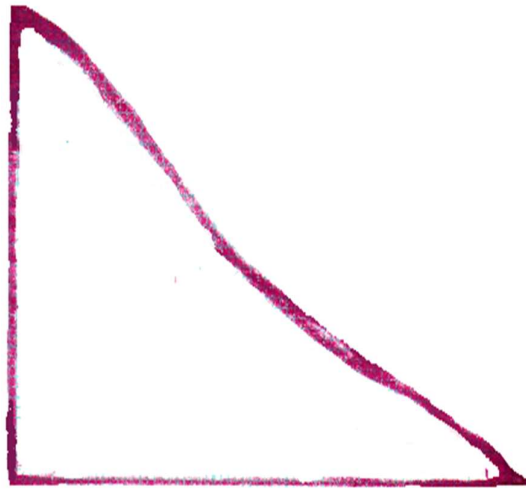
Gambar 28. Grafik beban kipas 0,25A pada plat II



Gambar 29. Hubungan seri pada beba tahan geser (R)



Gambar 30. Hubungan seri pada beban lampu 10W



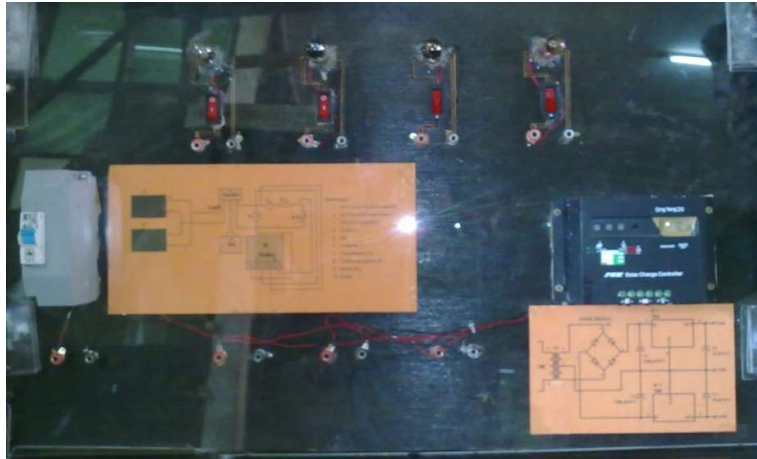
Gambar 31. Grafik hubungan seri pada beban kipas 0,25A



Lampiran C :

DOKUMENTASI KEGIATAN

1. Pembuatan tempat alat ukur sel surya



Fiber untuk tempat instalasi pengujian sel surya



Roda untuk menggerakkan tempat alat ukur



Salah satu penutup untuk tempat alat ukur



Pengelasan dinding meja alat ukur



Pengecetan meja tempat alat ukur

2. Pembuatan instalasi pada fiber



Proses perangkaian pada fiber

3. Pengujian instalasi



Pengujian rangkaian pada tiap beban

4. Proses pengambilan data



Pengambilan data untuk beberapa beban dengan menggunakan plotter