



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI KARAKTERISTIK PENCATUAN SOLAR CELL  
TERHADAP KAPASITAS SISTEM PENYIMPANAN ENERGI  
BATERAI**

**SKRIPSI**

EKI ADITYAWAN  
0606029416

FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
DESEMBER 2010



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**STUDI KARAKTERISTIK PENCATUAN SOLAR CELL  
TERHADAP KAPASITAS SISTEM PENYIMPANAN ENERGI  
BATERAI**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**EKI ADITYAWAN**  
0606029416

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
DESEMBER 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Eki Adityawan**

**NPM : 0606029416**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : Juni 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Eki adityawan  
NPM : 0606029416  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Studi Karakteristik Pencatuan Solar Cell terhadap Kapasitas Sistem Penyimpanan Energi Baterai

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Budi Sudiarto, ST., MT. ( )

Penguji : ( )

Penguji : ( )

Ditetapkan di : DEPOK

Tanggal : 11 JUNI 2010

## **KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH**

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Budi Sudiarto, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M.K., MT. yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini, serta membiayai peralatan yang digunakan pada skripsi ini;
- (3) Pihak Laboratorium Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik Departemen Teknik Elektro FTUI yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (4) Ayah dan ibu serta keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (5) Chairul huda ST. Msc yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (6) Ira yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini
- (7) Bapak Sudarman yang telah membantu dalam proses penyelesaian alat; dan
- (8) David Simanjuntak, Nadir Aljaidi, Wilman Agustiawan, Hermawan P.P, Arif Wirawan, Chairy Wahyu, Bestion Alzari, Abdul Aziz M., Ricky Eko dan Dalih Warviyan yang telah menyediakan waktu dan tenaga dalam pengambilan data skripsi ini;
- (9) Rekan-rekan asisten LTTPL serta mahasiswa Departemen Teknik Elektro yang telah banyak mendukung saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

(10) Naseh, Syaipul, Tarki, Indro yang sudah telah membantu dalam proses pengukuran yang telah dilakukan;

(11) Office boy FTUI, Departemen Teknik Elektro khususnya, yang telah membantu dalam proses pengukuran yang telah dilakukan

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juni 2010

Penulis

Eki Adityawan

NPM. 0606029416

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Eki Adityawan  
NPM : 0606029416  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-eksklusif Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**STUDI KARAKTERISTIK PENCATUAN SOLAR CELL TERHADAP  
KAPASITAS SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BATERAI**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : Juli 2010

Yang menyatakan

(Eki Adityawan)

STUDI KARAKTERISTIK PENCATUAN SOLAR CELL TERHADAP  
KAPASITAS SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BATERAI

**ABSTRAK**

Salah satu permasalahan dalam bidang energi listrik adalah keterbatasan sumber energi fosil yang merupakan sumber utama penghasil energi listrik di Indonesia. Untuk mengurangi dampak ketergantungan listrik terhadap ketersediaan fosil ini, maka dibutuhkan sumber energi listrik baru yang dapat diperbaharui. Solar cell merupakan salah satu sumber penghasil energi listrik, yang bersumber dari cahaya matahari yang tidak terbatas, dan ramah lingkungan. Dikarenakan sumber dari solar cell ini adalah matahari, maka keluaran dari solar cell inipun tidak stabil, karena berubah ubah sesuai dengan cuaca yang terjadi dan lingkungan disekitarnya, maka dibutuhkan suatu penyimpanan energi yang dapat menampung energi listrik keluaran solar cell. Baterai adalah salah satu peralatan yang dapat menyimpan energi listrik dan dapat menampung energi keluaran yang berasal dari solar cell. Pada penelitian ini akan dibahas karakteristik pencatuan solarcell terhadap kapasitas sistem penyimpanan energi baterai, yang meliputi hubungan antara intensitas dan suhu terhadap arus dan tegangan yang dibangkitkan, serta efisiensi dari sistem penyimpanan energi ini. Dari percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa intensitas cahaya dan suhu solar cell mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan.

**Kata kunci :** krisis energi, solar cell, pembangkit listrik, cahaya matahari, energi listrik, sistem penyimpanan energi listrik, baterai, intensitas cahaya, suhu

STUDY OF CHARACTERISTIC SOLAR CELL SUPPLY TO CAPACITY  
BATTERY AS ENERGY STORAGE

**ABSTRACT**

One of problems in electrical energy is the limited source of fossil, which is main source of electrical energy in indonesia. The solution for this problem can be solved by using renewable energy. Solar cell is one of electrical source, which is using sunlight as a source, sustainable and green energy. Because solar cell come from sunlight, so the output is unstable depending on weather and environment. One of solutions is using battery to store energy. Research was conducted to obtain solar cell characteristic on relation to battery charging. The study include relationship between intensity and temperature on the current and voltage generated, and calculate the efficiency from this electrical storage. From experiment, we can conclude that light intensity and temperature affect the solar cell current and voltage.

**Key words :** energy crisis, solar cell, energy source, sunlight, electrical energy, electrical storage, battery, light intensity, temperature

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
<b>1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penulisan	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Metodologi Penulisan	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
<b>2. DASAR TEORI</b>	<b>4</b>
2.1. Pendahuluan	4
2.2. Solar Cell	4
2.2.1. Proses pembangkitan Arus pada Solar Cell	5
2.2.2. Efek Photovoltaic	6
2.2.3. Kurva IV	6
2.2.4. Arus Short Circuit	7
2.2.5. Tegangan Open Circuit	7
2.2.6. Efek Resistif	8
2.2.7. Efek Temperatur	9
2.2.8. Efek Intensitas Cahaya Matahari	10
2.3. Sistem Penyimpanan Energi	11
2.3.1. Tegangan Baterai	12
2.3.2. Kapasitas Baterai	13
2.3.3. Parameter charging dan discharging baterai	14
2.3.4. Battery State of Charge (BSOC)	15
2.3.5. Depth of Discharge (DOD)	16
<b>3. PENGUJIAN KARAKTERISTIK PENCATUAN SOLAR CELL PADA SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BATERAI</b>	<b>17</b>
3.1. Pencatuan Solar Cell pada Penyimpanan Energi Baterai	17
3.2. Konfigurasi Pengukuran Pencatuan Solar Cell pada Baterai	18
3.3. Pengujian yang dilakukan	20
3.3.1. Solar Cell	21
3.3.2. Amperemeter dan Voltmeter	22

3.3.3. DC Regulator	23
3.3.4. Baterai / Accumulator	24
3.3.5. Luxmeter	25
3.3.6. Termocouple Digital	25
<b>4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA</b>	<b>27</b>
4.1. Analisa Pengukuran Pencatuan Daya Dengan Solar Cell 80 Wattpeak	27
4.1.1. Analisa Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari	27
4.1.2. Analisa Pengukuran Suhu	29
4.1.3. Analisa Arus Terhadap Suhu dan Intensitas Cahaya	30
4.1.4. Analisa Tegangan Terhadap Suhu dan Intensitas Cahaya	34
4.2. Analisa Pengukuran Pencatuan Daya Dengan Solar Cell 130 Wattpeak	37
4.2.1. Analisa Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari	38
4.2.2. Analisa Pengukuran Suhu	39
4.2.3. Analisa Arus Terhadap Suhu dan Intensitas Cahaya	40
4.2.4. Analisa Tegangan Terhadap Suhu dan Intensitas Cahaya	43
4.3. Hubungan Suhu, Intensitas cahaya, arus dan tegangan	47
4.3.1. Hubungan Suhu, Intensitas Cahaya, Arus dan Tegangan pada Solar Cell 80 Wattpeak	47
4.3.2. Hubungan Suhu, Intensitas Cahaya, Arus dan Tegangan pada Solar Cell 130 Wattpeak	49
4.4. Efisiensi	51
<b>5. KESIMPULAN</b>	<b>52</b>
<b>DAFTAR ACUAN</b>	<b>54</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>56</b>

## DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1. Spesifikasi Solar Cell  
Tabel 4.1. Data intensitas cahaya matahari pada hari selasa, 20 april 2010  
Tabel 4.2. Data intensitas cahaya matahari pada hari Rabu, 4 mei 2010



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Foton yang menciptakan elektron hole  
Gambar 2.2. Pergerakan elektron dan hole  
Gambar 2.3. Pertemuan elektron-hole  
Gambar 2.4. Kurva IV solar cell yang menunjukkan arus short circuit  
Gambar 2.5. Kurva IV solar cell yang menunjukkan tegangan open circuit  
Gambar 2.6. Karakteristik resistansi  
Gambar 2.7. Resistansi seri dan shunt pada rangkaian solar cell  
Gambar 2.8. Efek temperature pada karakteristik IV solar cell  
Gambar 2.9. Kurva IV terhadap perubahan intensitas cahaya matahari  
Gambar 2.10. Kurva tegangan baterai saat discharge untuk beberapa baterai  
Gambar 2.11. Tegangan open circuit Vs sisa kapasitas baterai Lead Acid pada 25 celcius
- Gambar 3.1. Blok Diagram Percobaan  
Gambar 3.2. Rangkaian percobaan  
Gambar 3.3. Solar cell  
Gambar 3.4. Amperemeter dan voltmeter  
Gambar 3.5. DC Regulator  
Gambar 3.6. Baterai / Accumulator  
Gambar 3.7. Luxmeter  
Gambar 3.8. Termocouple digital
- Gambar 4.1. Grafik perubahan suhu terhadap waktu pada hari selasa, 20 april 2010  
Gambar 4.2. Grafik arus terhadap waktu pada selasa, 20 april 2010  
Gambar 4.3. Hubungan antara arus dan intensitas cahaya pada hari selasa, 20 april 2010  
Gambar 4.4. Grafik arus terhadap temperatur pada hari selasa, 20 april 2010  
Gambar 4.5. Grafik tegangan terhadap waktu pada hari selasa, 20 april 2010  
Gambar 4.6. Grafik tegangan dan intensitas cahaya pada hari selasa, 20 april 2010  
Gambar 4.7. Grafik tegangan terhadap suhu pada hari selasa, 20 april 2010  
Gambar 4.8. Grafik perubahan suhu terhadap waktu pada rabu 4 mei april  
Gambar 4.9. Grafik arus terhadap waktu pada rabu, 4 mei 2010  
Gambar 4.10. Hubungan antara arus dan intensitas cahaya pada pengukuran rabu, 4 mei 2010  
Gambar 4.11. Grafik terhadap temperatur pada hari rabu, 4 mei 2010  
Gambar 4.12. Grafik tegangan terhadap waktu pada hari rabu, 4 mei 2010  
Gambar 4.13. Grafik tegangan dan intensitas cahaya pada hari rabu, 4 mei 2010  
Gambar 4.14. Tegangan terhadap suhu pada hari rabu, 4 mei 2010  
Gambar 4.15. Grafik hubungan antara intensitas, suhu dan arus  
Gambar 4.16. Grafik hubungan antara intensitas, suhu dan tegangan  
Gambar 4.17. Grafik hubungan antara intensitas, suhu dan arus  
Gambar 4.18. Grafik hubungan antara intensitas, suhu dan tegangan

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 20 april
2. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 21 april
3. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 27 april
4. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 28 april
5. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 3 mei
6. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 4 mei
7. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 20 april
8. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 21 april
9. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 27 april
10. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 28 april
11. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 3 mei
12. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 4 mei
13. Data intensitas cahaya dan suhu 20 april
14. Data intensitas cahaya dan suhu 21 april
15. Data intensitas cahaya dan suhu 27 april
16. Data intensitas cahaya dan suhu 28 april
17. Data intensitas cahaya dan suhu 3 mei
18. Data intensitas cahaya dan suhu 4 mei



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Dari kebutuhan yang sifatnya mendasar seperti untuk kebutuhan rumah tangga hingga untuk kebutuhan komersial, hampir semuanya membutuhkan energi listrik. Tetapi saat ini, ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia. Terjadinya pemutusan sementara dan pembagian energi listrik secara bergilir merupakan dampak dari terbatasnya energi listrik yang dapat disalurkan oleh PLN.

Salah satu upaya untuk mengatasi krisis energi listrik adalah mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil. Hal ini dikarenakan energi fosil yang ada, jumlahnya terbatas dan energi fosil ini juga merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui, jadi butuh jutaan tahun untuk menciptakannya. Karena kelangkaan tersebut, tentu saja akan berdampak terhadap segi ekonominya. Keterbatasan tersedianya sumber energi fosil sebagai penghasil energi listrik, telah mendorong penelitian dan pengembangan kearah penggunaan sumber energi alternative, salah satunya adalah sumber energi matahari. Potensi dari sumber matahari dapat memberikan sumbangan yang besar, bila dapat dimanfaatkan secara optimal dengan mendesain suatu system pengubah energi yang dapat mensuplai kebutuhan energi. Penggunaan sumber energi matahari ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain tersedianya sumber energi yang cuma-cuma, ramah lingkungan sehingga bebas polusi, dan tak terbatas. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian yang lebih detail untuk memahami system listrik yang berasal dari sumber energi matahari ini.

Satu masalah yang muncul pada penggunaan energi matahari ini adalah energi yang dihasilkan berubah-ubah tergantung pada musim dan lingkungan. Hal ini akan sangat dirasakan pada daerah-daerah dimana intensitas mataharinya berubah-ubah secara ekstrim. Oleh karena itu dibutuhkan suatu system penyimpanan energi yaitu accumulator atau baterai. Energi matahari yang dihasilkan dari

matahari dapat digunakan untuk *mencharging* daya ke accumulator untuk selanjutnya dari accumulator tersebut dapat digunakan untuk mencatu beban.

Dengan latar belakang tersebut, penulis berupaya untuk mencari karakteristik pencatuan solarcell terhadap kapasitas system penyimpanan energi baterai. Dan diharapkan penulisan skripsi ini akan sangat berguna bagi kepentingan umum.

## **1.2 Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk membahas karakteristik pencatuan solarcell terhadap kapasitas system penyimpanan energi baterai, sebagai salah satu upaya mengatasi krisis energi, sehingga sumber energi matahari atau *solar cell* dapat menjadi sumber energi listrik yang dipergunakan untuk kebutuhan sehari hari.

## **1.3 Pembatasan Masalah**

Pada pembahasan disini agar lebih terarah sesuai dengan tujuan, maka pokok pembahasan perlu dibatasi oleh batasan batasan sebagai berikut :

1. karakteristik sel photovoltaic dan daerah kerja system photovoltaic
2. pengaruh perubahan intensitas cahaya dan suhu terhadap arus dan tegangan solar cell
3. tilt angle PV yang digunakan sebesar  $0^\circ$
4. penelitian hanya dilakukan pada bulan april dan mei 2010
5. pengaruh harmonic tidak dibahas
6. aspek ekonomi tidak dibahas

## **1.4 Metodologi Penulisan**

Tulisan ini disusun dengan metoda :

1. metoda kepustakaan yaitu berdasarkan literature yang meliputi buku buku dan makalah makalah tentang system photovoltaic
2. metoda penelitian yaitu pengambilan data data dari pengujian yang dilakukan diFTUI

### **1.5 Sistematika Penulisan**

penulisan skripsi ini dibagi dalam lima bab. Bab satu membahas mengenai latar belakang, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan skripsi ini. Bab dua membahas mengenai dasar teori yang melingkupi pembahasan tentang solar cell dan karakteristiknya seperti proses pembentukan arus, tegangan open circuit, arus short circuit, fill factor, efisiensi, efek resistif parasit, dan efek temperatur serta efek intensitas cahaya matahari. Bab tiga membahas mengenai percobaan yang dilakukan, rangkaian percobaan dan alat alat yang digunakan. Bab empat membahas mengenai data dan analisis pengujian terhadap karakteristik pencatuan solarcell terhadap kapasitas system penyimpanan energi baterai. Bab lima merupakan kesimpulan dari skripsi ini.



## **BAB 2 DASAR TEORI**

### **2.1 Pendahuluan**

Photovoltaic adalah proses / metode sederhana dalam memanfaatkan energi matahari. Divais photovoltaic (solar cell) dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik, dengan tanpa bising, polusi, kuat, handal dan tahan lama. Energi listrik yang dihasilkan tersebut dapat langsung digunakan, atau disimpan terlebih dahulu dalam sistem penyimpanan energi seperti baterai, untuk kemudian dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari hari. Hubungan antara modul dan baterai perlu diperhatikan, karena output dari modul berubah ubah, sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan tidak konstan, dan perlu diketahui bahwa karakteristik dari tegangan dan arus kerja modul tergantung pada tingkat intensitas radiasi dan suhu.

selain masalah PV, baterai juga memiliki karakteristik tersendiri. Setiap baterai memiliki karakteristik yang berbeda, tergantung merek dagang dan fabrikasinya. Ketika sedang charging (proses pemuatan/pengisian baterai), perlu diperhatikan arus charging yang masuk, karena untuk masing masing baterai memiliki arus maksimal yang harus dipenuhi, sehingga perlu dihindari adanya arus berlebih yang masuk kebaterai pada saat charging baterai dari solar cell. Maka perlu dipelajari lebih lanjut mengenai karakteristik dari PV, dan juga karakteristik dari baterai.

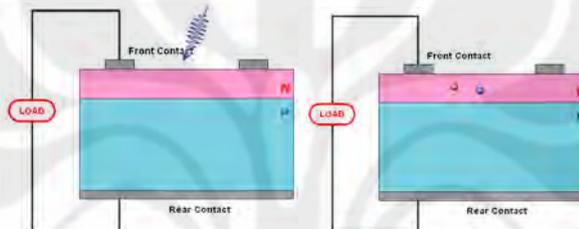
### **2.2 Solar Cell**

Solar cell adalah divais yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Jadi secara langsung arus dan tegangan yang dihasilkan oleh solar cell bergantung pada penyinaran matahari. Pada solar cell ini dibutuhkan material yang dapat menangkap matahari, dan energi tersebut digunakan untuk memberikan energi keelektron agar dapat berpindah melewati band gapnya ke pita konduksi, dan kemudian dapat berpindah kerangkaian luar. Melalui proses tersebutlah arus listrik dapat mengalir dari solar cell. Umumnya divais dari solar cell ini menggunakan prinsip PN junction

### 2.2.1 Proses Pembangkitan Arus pada Solar Cell

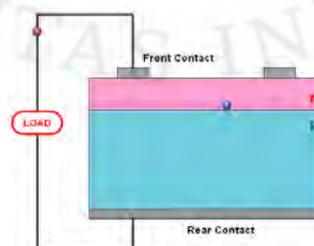
Pembangkitan arus pada solar cell melibatkan beberapa proses [1] diantaranya yaitu :

1. Cahaya dalam bentuk foton jatuh pada permukaan solar cell, kemudian diserap dan menghasilkan pasangan elektron dan hole (apabila energi foton lebih besar dari energi band gapnya). Tetapi, electron (pada material tipe-p) dan hole (pada tipe-n) yang terbentuk bersifat tidak stabil dan hanya akan terjadi untuk jangka waktu yang sama dengan waktu hidup pembawa minoritas (minority carrier lifetime), sebelum akhirnya terjadi rekombinasi



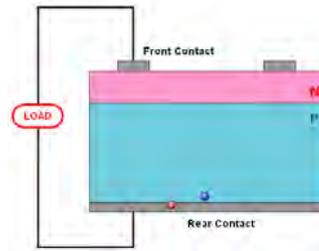
Gambar 2.1 Foton yang menciptakan elektron hole

2. Untuk mencegah rekombinasi ini adalah dengan menggunakan p-n junction yang memisahkan electron dan hole. Carrier ini dipisahkan oleh aksi medan listrik yang terjadi di p-n junction. Jika Minority carrier (dalam hal ini hole) yang dihasilkan cahaya melewati p-n junction, maka akan didorong melewati junction oleh medan listrik pada junction, dan menjadi majority carrier. Sedangkan elektron mengalir kerangkaian luar setelah emitter dan base dihubungkan



Gambar 2.2 Pergerakan elektron dan hole

3. Setelah melewati rangkaian luar elektron tersebut akan bertemu dengan hole



Gambar 2.3 Pertemuan elektron-hole

### 2.2.2 Efek Photovoltaic

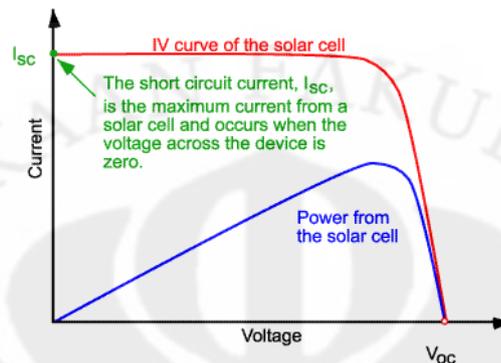
Carrier carrier yang terbentuk dari penyinaran matahari tidak dengan sendirinya dapat membangkitkan energi listrik. Tegangan yang ada dibangkitkan melalui proses yang dikenal sebagai “efek photovoltaic”. Carrier yang dibangkitkan oleh cahaya, yang meningkat, menyebabkan pergerakan dari elektron menuju ke N-type dan pergerakan hole ke P-type. Pada kondisi short circuit, maka carrier ini akan bergerak kerangkaian luar dan akan kembali menuju pasangannya, carrier ini disebut sebagai arus yang dihasilkan oleh cahaya. Pada kondisi open circuit, dimana carrier ini dicegah untuk bergerak menuju pasangannya, maka akan terjadi pengumpulan elektron pada N-type dan hole pada P-type, yang akan menghasilkan medan listrik baru yang akan melawan medan yang sudah ada pada junction. Sehingga memunculkan kondisi seimbang yang baru, dimana timbul tegangan melewati P-N junction.

### 2.2.3 Kurva IV

Kurva IV dari solar cell adalah superposisi dari kurva IV dioda solar cell pada saat gelap dan terang. Pada saat gelap, solar cell memiliki karakteristik kurva IV yang hampir sama dengan dioda. Apabila disinari, kurvanya akan bergeser kebawah dan mulai membangkitkan daya pada dioda solar cell ini. Lebih besar intensitas dari penyinaran matahari, akan menggeser kurva IV dioda tersebut lebih jauh kebawah. Karena konvensional arus, maka nilai arusnya dibalik. Ada beberapa parameter penting dalam menggambarkan kurva IV dari solar cell, diantaranya tegangan open circuit, arus short circuit, fill factor dan efisiensi.

### 2.2.4 Arus Short Circuit

Arus short circuit adalah arus yang diukur ketika tegangan dari solar cell bernilai nol dan solar cell dalam keadaan dishort. Ini terjadi ketika sejumlah carrier yang dikumpulkan pada PN-junction bergerak kerangkaian luar, sehingga bisa dikatakan bahwa arus short circuit adalah arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh solar cell.



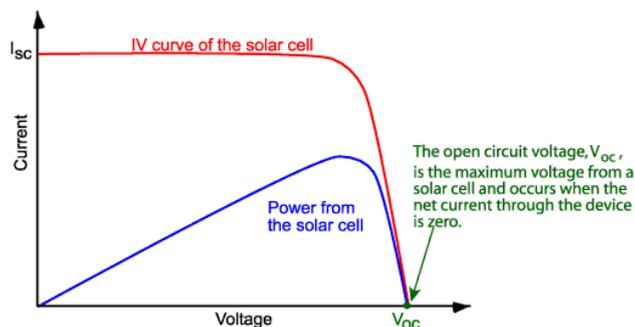
Gambar 2.4 Kurva IV solar cell yang menunjukkan arus short circuit

Arus solar cell tergantung pada beberapa factor diantaranya[1] :

- Luas dari solar cell
- Jumlah foton (yaitu daya dari sumber cahaya yang jatuh). Isc dari solar cell secara langsung bergantung pada intensitas cahaya.
- Spectrum dari cahaya yang jatuh. Untuk kebanyakan pengukuran solar cell, spectrum distandarkan pada spektrum AM1,5
- Sifat optikal (penyerapan dan pemantulan) solar cell
- Probabilitas pengumpulan solar cell, yang bergantung terutama pada surface passivation dan lifetime dari minority carrier pada base

### 2.2.5 Tegangan Open Circuit

Tegangan open circuit adalah tegangan yang diukur ketika rangkaian solar cell dalam keadaan terbuka, sehingga tidak ada arus yang mengalir kerangkaian luar, dan arus bernilai nol. Tegangan open circuit ini merupakan tegangan terbesar yang dapat dibangkitkan oleh solar cell.



Gambar 2.5 Kurva IV solar cell yang menunjukkan tegangan open circuit

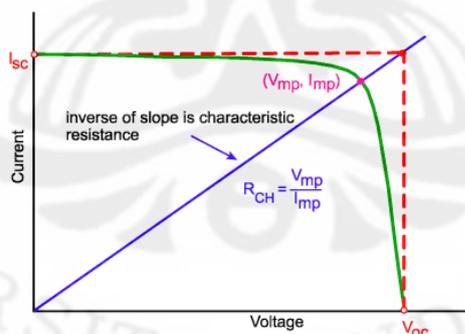
Persamaan untuk  $V_{oc}$  adalah

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{I_L}{I_0} + 1\right)$$

Dengan  $I_L$  dan  $I_0$  adalah arus yang dibangkitkan cahaya dan arus saturasi dioda. Persamaan diatas menunjukkan  $V_{oc}$  bergantung pada arus yang dibangkitkan cahaya dan arus saturasi. Arus saturasi  $I_0$  bergantung pada jumlah rekombinasi dalam solar cell.

### 2.2.6 Efek Resistif

Karakteristik resistansi dari sebuah solar cell dapat diukur dari resistansi keluaran solar cell pada maksimum power point. Karakteristik resistansi ditunjukkan pada gambar dibawah



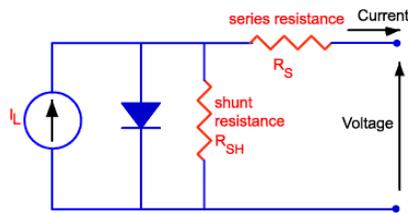
Gambar 2.6 Karakteristik resistansi

Karakteristik resistansi dari solar cell adalah invers dari kemiringan garis, dimana menurut Green,

$$R_{CH} = \frac{V_{MP}}{I_{MP}}$$

Adanya resistansi pada solar cell dapat mengurangi efisiensi solar cell, karena sebagian daya yang seharusnya disuplai beban akan berkurang karena rugi rugi

resistansi tersebut. Secara umum resistansi pada solar cell dibagi dua yaitu resistansi seri dan shunt.



Gambar 2.7 Resistansi seri dan shunt pada rangkaian solar cell

Resistansi seri solar cell mempunyai 3 penyebab [1] yaitu:

- Pergerakan arus melalui emiter dan base solar cell
- Resistansi kontak antara kontak logam dan silikon
- Resistansi kontak logam bagian atas dan bawah.

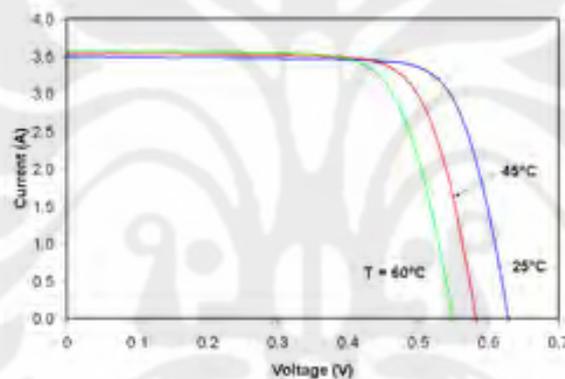
Efek resistansi seri adalah pengurangan fill factor dan arus short circuit. Resistansi seri tidak berpengaruh pada tegangan open circuit, tetapi kurva IV dipengaruhi oleh resistansi seri.

Faktor utama daya yang hilang adalah adanya resistansi shunt,  $R_{SH}$ , yang disebabkan karena cacat fabrikasi. Resistansi shunt yang rendah menyebabkan adanya jalur lain bagi arus yang dibangkitkan cahaya, sehingga terdapat daya yang hilang. Pembalikan arus ini mengurangi sejumlah arus yang mengalir melalui junction solar cell dan mengurangi tegangan dari solar cell. Efek resistansi shunt ini terutama terjadi pada level intensitas cahaya yang rendah, karena hanya sedikit cahaya yang menghasilkan arus. Resistansi shunt ini juga sangat berpengaruh terhadap fill factor.

### 2.2.7 Efek Temperatur

Bahan semikonduktor memiliki sifat sensitif terhadap temperatur, begitu juga solar cell. Bertambahnya temperatur dapat mengurangi band gap dari solar cell, sehingga akan berpengaruh terhadap beberapa parameter dari solar cell. Bertambahnya temperatur dapat dilihat sebagai peningkatan energi elektron dari material. Sehingga untuk memutuskan ikatan membutuhkan energi yang lebih rendah dari kondisi normal. Pada model ikatan band gap semikonduktor, penurunan energi ikatan juga menurunkan band gap. Oleh sebab itu, peningkatan suhu menurunkan band gap

Temperatur mempengaruhi persamaan karakteristik dengan dua cara[4], secara langsung melalui  $T$  pada bagian eksponensial dan secara tidak langsung, efeknya terjadi pada  $I_0$ . Salah satu parameter solar cell yang dipengaruhi oleh temperatur adalah tegangan open circuit. Efek meningkatnya temperatur akan mengurangi secara linear nilai tegangan open circuit[4]. Besarnya pengurangan ini secara terbalik sebanding terhadap  $V_{oc}$ , dan sel dengan nilai  $V_{oc}$  yang lebih tinggi, pengurangan nilai tegangannya akan lebih kecil ketika temperatur naik. Arus yang dibangkitkan cahaya meningkat sedikit dengan meningkatnya temperatur karena meningkatkan jumlah carrier yang dihasilkan secara termal dalam cell[4]. Berdasarkan salah satu sumber menyatakan bahwa temperatur yang tinggi dapat mengurangi efisiensi[3]. Hal ini dikarenakan perubahan tegangan lebih besar daripada perubahan pada arus.



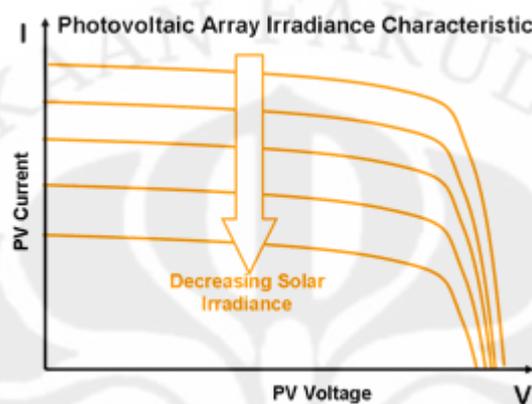
Gambar 2.8 Efek temperature pada karakteristik IV solar cell

### 2.2.8 Efek Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari memiliki pengaruh yang penting baik pada arus short circuit, tegangan open circuit, Fill factor, efisiensi, dan hambatan seri maupun hambatan shunt. Intensitas cahaya dinyatakan dalam jumlah matahari, dimana satu matahari sesuai dengan standar iluminasi pada AM 1.5 atau  $1 \text{ kW/m}^2$ .

Arus short circuit secara langsung berhubungan dengan jumlah foton yang diserap oleh material semikonduktor dan kemudian sebanding dengan nilai intensitas cahaya, sedangkan tegangan open circuit hanya berubah sedikit ketika intensitas cahaya rendah[5]. Intensitas cahaya matahari mungkin dapat berbeda setiap hari, hal ini menyebabkan energi yang masuk kesolar cell juga akan berubah ubah, bervariasi antara 0 sampai  $1 \text{ kW/m}^2$ . Pada cahaya yang rendah, efek resistansi

shunt akan bertambah. Berkurangnya intensitas cahaya menyebabkan arus yang melewati solar cell berkurang dan nilai resistansi seri hampir sama nilai resistansi shuntnya. Ketika dua resistansi ini hampir sama, total arus yang mengalir melalui resistansi shunt bertambah, kemudian akan menambah daya yang hilang karena resistansi shunt. Sehingga pada kondisi berawan, solar cell dengan resistansi shunt yang tinggi dapat menahan daya yang masuk lebih banyak dari solar cell dengan resistansi shunt yang rendah.



Gambar 2.9 Kurva IV terhadap perubahan intensitas cahaya matahari

Pada thin film solar cell, pengumpulan arus yang berasal dari cahaya akan berkurang pada intensitas yang tinggi, dengan area iluminasi kecil[2]. Hal ini disebabkan pada intensitas yang tinggi ada batasan tertentu yang disebabkan resistansi seri dan bertambahnya losses tegangan yang bergantung pada pengumpulan carrier. Pada salah satu sumber disebutkan, pada eksperimen menggunakan lampu pijar yang dilakukan untuk mencari hubungan antara intensitas cahaya dan efisiensi, didapat kesimpulan bahwa efisiensi semakin berkurang ketika nilai intensitas lampu pijar bertambah[3].

### 2.3 Sistem Penyimpanan Energi

Sistem penyimpanan energi yang biasa dipakai untuk penyimpanan energi keluaran solar cell adalah baterai. Baterai ini digunakan karena solar cell memiliki karakteristik daya keluaran yang tidak stabil, berubah ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang jatuh pada permukaannya, sedangkan beban umumnya memerlukan suplai daya yang stabil, dan apabila daya masukannya berubah ubah maka dapat merusak beban tersebut.

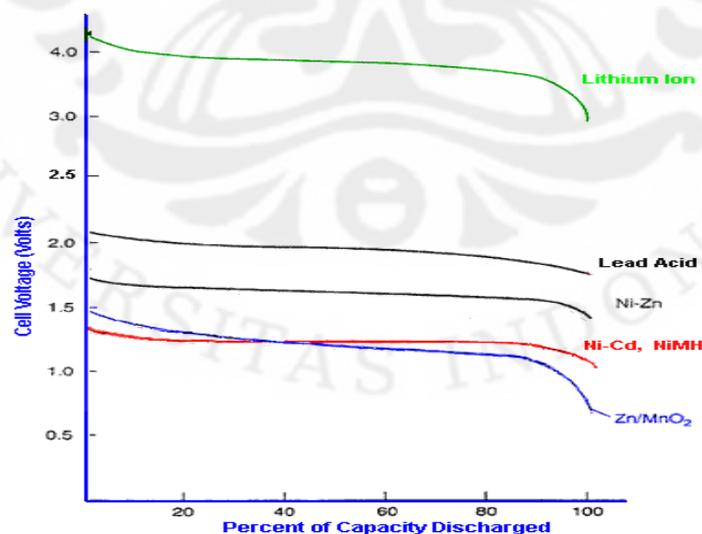
Dikarenakan pentingnya baterai dalam sistem solar cell tersebut, maka penting bagi kita untuk mengetahui karakteristik dari baterai. Karakteristik yang perlu diperhatikan diantaranya tegangan baterai, parameter charging dan discharging, kapasitas daya dan lain lain. Baterai yang ideal mempunyai efisiensi yang tinggi, self discharge yang rendah, dan harga yang murah.

### 2.3.1 Tegangan Baterai

Tegangan baterai adalah karakteristik dasar dari baterai, yang ditentukan oleh reaksi kimia dalam baterai, konsentrasi komponen baterai, dan polarisasi baterai[1]. tegangan nominal baterai tidak dapat diukur, tetapi yang dapat kita ukur hanyalah tegangan open circuitnya.

Karena potensial listrik dari kebanyakan reaksi kimia adalah 2 volt, sedangkan kebanyakan beban memerlukan tegangan sebesar 12 V, maka beberapa sel baterai tersebut diserikan sebanyak enam buah, sehingga membentuk baterai yang mempunyai tegangan 12 V, seperti pada baterai lead acid.

Tegangan baterai ketika arus mengalir mungkin berbeda dari equilibrium atau tegangan open circuit. Kurva charging dan discharging tidak simetris karena adanya tambahan reaksi yang mungkin menyebabkan tegangan yang lebih tinggi ketika charging



Gambar 2.10 Kurva tegangan baterai saat discharge untuk beberapa baterai  
Tegangan cut off

Pada banyak jenis baterai, termasuk baterai lead acid, pada level tegangan tertentu, baterai tersebut sudah tidak dapat menyuplai lagi ke beban, level tegangan ini disebut tegangan cut off. Level tegangan ini berbeda beda untuk setiap jenis baterai, temperatur dan nilai discharge baterai.

### **2.3.2 Kapasitas Baterai**

Kapasitas baterai adalah ukuran muatan yang disimpan suatu baterai, yang ditentukan oleh masa aktif material didalamnya. Kapasitas menggambarkan sejumlah energi maksimum yang dapat dikeluarkan dari sebuah baterai dengan kondisi khusus tertentu. Tetapi kemampuan penyimpanan baterai dapat berbeda dari kapasitas nominalnya, diantaranya karena kapasitas baterai bergantung pada umur dan keadaan baterai, parameter charging dan discharging, dan temperatur.

Satuan dari kapasitas baterai ini sering dinyatakan dalam Ampere hours (walaupun kadang dalam Wh), ditentukan sebagai waktu dalam jam yang dibutuhkan baterai untuk secara kontinu mengalirkan arus atau nilai discharge pada tegangan nominal baterai. Satuan Ah sering digunakan ketika tegangan baterai bervariasi selama siklus charging atau discharging. Kapasitas Wh dapat diperkirakan dengan mengalikan kapasitas Ah dengan tegangan nominal baterai. Misalnya, baterai 12 V dengan kapasitas 500 Ah memberikan energi yang tersimpan sekitar  $100 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} = 1,200 \text{ Wh}$  atau 1.2 KWh.

Temperatur dari baterai berpengaruh terhadap energi yang dapat dikeluarkan dari baterai. Pada temperatur yang lebih tinggi akan memiliki kapasitas yang lebih besar daripada temperatur yang rendah. Tetapi meningkatkan temperatur dengan disengaja memiliki dampak negatif, karena akan mengurangi lifetime dari baterai. Umur dan keadaan baterai juga berpengaruh terhadap kapasitas baterai. Meskipun baterai dipergunakan secara benar sesuai aturan manufaktur, semakin lama kapasitas baterai tersebut dapat berkurang. Keadaan dari baterai juga berpengaruh terhadap kapasitas baterai. Misalnya jika baterai pernah didischarge dibawah maksimum DOD, maka kapasitas baterai dapat berkurang.

### **2.3.3 Parameter Charging Dan Discharging Baterai**

Karena baterai berfungsi untuk menyimpan energi, maka baterai tersebut akan mengalami siklus charging atau pemberian muatan, dari solar cell / charger lain mengalirkan arus ke baterai, dan siklus discharging atau pelepasan muatan, dari baterai tersebut mengalirkan arus ke beban.

Nilai charging, dalam ampere, adalah sejumlah muatan yang diberikan pada baterai persatuan waktu. Sedangkan discharging, dalam ampere, adalah sejumlah muatan yang digunakan kerangkaian luar (beban), yang diambil dari baterai. nilai charging/discharging ini dinyatakan dalam arus. Dan besarnya bergantung pada kapasitas dari baterai dan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk proses tersebut. Nilai discharge ditentukan dengan membagi kapasitas baterai (Ah) dengan jam yang dibutuhkan untuk charging/discharging baterai. contohnya, kapasitas baterai 500 Ah secara teori dapat didischarge untuk tegangan cut off selama 20 jam dengan nilai dischargenya  $500 \text{ Ah} / 20 \text{ h} = 25 \text{ A}$ . lalu, jika tegangan baterai 12 V, maka daya yang diberikan ke beban adalah  $25 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 300 \text{ W}$ .

Nilai charging dan discharging berpengaruh terhadap nilai kapasitas baterai. jika baterai didischarge sangat cepat (arus discharge tinggi), maka sejumlah energi yang dapat digunakan oleh baterai menjadi berkurang sehingga kapasitas baterai menjadi lebih rendah. Hal ini dikarenakan kebutuhan suatu materi/komponen untuk reaksi yang terjadi tidak mempunyai waktu yang cukup untuk bergerak ke posisi yang seharusnya. Hanya sejumlah reaktan yang diubah ke bentuk lain, sehingga energi yang tersedia menjadi berkurang. Jadi seharusnya arus discharge yang digunakan sekecil mungkin, sehingga energi yang digunakan kecil dan kapasitas baterai menjadi lebih tinggi.

#### Karakteristik Self discharge

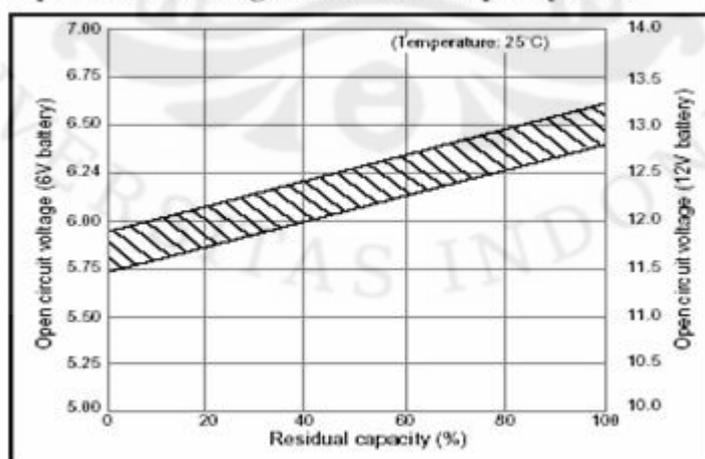
Nilai self discharge adalah ukuran seberapa cepat cell akan kehilangan energi pada saat kondisi diam, dikarenakan aksi bahan kimia yang tidak diinginkan dalam cell. Nilainya bergantung pada bahan kimia cell dan temperatur. Nilai self discharge untuk lead acid berkisar 4% hingga 6% perbulan. Nilai reaksi kimia yang tidak diinginkan yang menyebabkan arus internal bocor antara elektroda positif dan negatif cell meningkat sesuai temperaturnya yang akhirnya meningkatkan nilai self discharge baterai[5].

### 2.3.4 Battery State of Charge (BSOC)

BSOC didefinisikan sebagai rasio dari total kapasitas energi yang dapat digunakan oleh sebuah baterai dengan kapasitas baterai seluruhnya[1]. SOC menggambarkan energi yang tersedia yang dituliskan dalam persentase sesuai beberapa referensi, kadang dianggap sebagai nilai kapasitas tapi seperti kapasitas arus[5]. Jadi nominal kapasitas energi dari sebuah baterai tidak dapat dikeluarkan secara total, dengan BSOC ini kita dapat menentukan total energi yang dapat digunakan dari sebuah baterai. Untuk contohnya, baterai dengan 80% SOC dengan kapasitas 500 Ah, maka energi yang dapat digunakan dari baterai tersebut sebesar 400 Ah. Temperatur dan nilai discharge dapat mengurangi kapasitas efektif[5]. Cara mengukur SOC dari sebuah baterai dapat dilakukan 3 cara yaitu[5] :

1. pengukuran secara langsung, dapat dilakukan jika baterai dapat didischarge pada nilai yang konstan
2. SOC dari pengukuran Specific Gravity (SG), cara ini bergantung pada perubahan pengukuran dari berat bahan kimia aktif.
3. Perkiraan SOC berdasarkan tegangan, dilakukan dengan mengukur tegangan cell baterai sebagai dasar untuk penghitungan SOC atau sisa kapasitas. Hasil dapat berubah bergantung pada level tegangan nyata, temperatur, nilai discharge dan umur cell dan kompensasi untuk faktor ini harus tersedia untuk mendapatkan akurasi yang pantas.

**Open circuit voltage vs. Residual capacity 25°C**



2.11 Tegangan open circuit Vs sisa kapasitas baterai Lead Acid pada 25 celcius

### 2.3.5 Depth of Discharge (DOD)

Pada kebanyakan baterai, energi yang disimpan baterai tidak dapat dikeluarkan semuanya, karena akan memiliki dampak negatif berupa kerusakan dari baterai. Depth of discharge ini menentukan daya maksimum yang dapat digunakan dari baterai.

Jadi dari kapasitas yang tersedia dari spesifikasinya, tidak semuanya dapat digunakan. Hal ini terjadi karena pengambilan seluruh kapasitas baterai dapat mengurangi lifetime dari baterai. jadi DOD dapat dikatakan energi yang dapat digunakan dari baterai dan ditetapkan oleh manufaktur. Untuk contoh 500 Ah dengan DOD 20%, maka baterai tersebut hanya menyediakan  $20\% \times 500 \text{ Ah} = 100 \text{ Ah}$ .



### **BAB 3**

## **PENGUJIAN KARAKTERISTIK PENCATUAN SOLAR CELL PADA SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BATERAI**

### **3.1 Pencatuan Solar Cell pada Penyimpanan Energi Baterai**

Solar cell merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang tidak menghasilkan polusi sehingga ramah lingkungan, selain itu tidak menghasilkan suara yang bising, dan tahan lama. Seperti pada penjelasan sebelumnya bahwa solar cell sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang masuk pada permukaannya. Yang terjadi adalah bahwa daya yang disuplai oleh solar cell ini berubah ubah dan tidak stabil tergantung kondisi penyinaran saat itu, sehingga apabila solar cell ini dihubungkan secara langsung ke beban, maka dapat merusak beban tersebut. Solusinya adalah dengan menggunakan sistem penyimpanan energi, yang menyimpan energi listrik tersebut untuk kemudian disambungkan ke beban, sehingga apabila kondisi penyinaran matahari dalam keadaan mendung, dari sistem penyimpanan energi tersebut masih dapat menyuplai beban secara stabil.

Sistem penyimpanan energi yang sering digunakan adalah baterai /accumulator. Solar cell yang memiliki nominal tegangan 12 V, biasanya dapat menghasilkan tegangan yang berubah dari 13-20 V, sedangkan baterai yang digunakan mempunyai tegangan nominal 12 V. Adanya perbedaan antara tegangan keluaran dari solar cell dan baterai tentu saja memiliki dampak, yaitu kerusakan pada baterai, yang berakibat akan mengurangi lifetime dari baterai. Oleh karena dibutuhkan regulator tegangan yang mengubah tegangan solar cell tersebut ke 12 V. Regulator ini selain berfungsi sebagai regulator tegangan, juga harus mempunyai fungsi sebagai dioda proteksi, sehingga hanya melewatkan arus yang menuju baterai dan tidak ada arus balik ke solar cell. Apabila sore, dengan tidak adanya penyinaran dari matahari, tegangan dari solar cell bisa lebih kecil dari baterai yang memungkinkan adanya arus balik dari dari baterai ke solar cell, tapi dengan adanya dioda proteksi ini hal tersebut tidak terjadi.

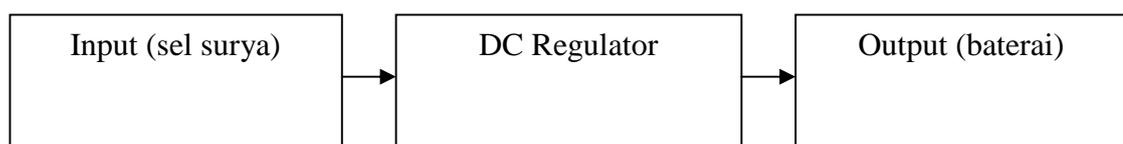
Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data harian dari daya yang dapat disuplai oleh solar cell ke baterai, efek perubahan cuaca pada daya yang disuplai seperti intensitas cahaya dan temperaturnya dan juga keadaan dari baterai seperti

tegangan awal dan tegangan akhir charging. Sehingga akan didapat pengaruh lingkungan seperti awan tebal dan keadaan pada saat hujan terhadap daya yang dapat disuplai ke baterai. Sebagai referensi juga dihitung waktu lamanya discharging ke air conditioner, setelah mengalami charging dari solar cell setiap hari. Tetapi data discharging ini tidak disajikan karena diluar batasan masalah dan hanya digunakan sebagai patokan saja. Pengukuran ini dilakukan dengan mengasumsikan bahwa solar cell hanya digunakan suplai cadangan, bukan sebagai suplai utama. Sehingga disiang hari baterai dicharging, dan ketika malam baterai tersebut dapat digunakan untuk membantu suplai daya pada saat beban puncak. Tetapi meskipun hanya sebagai suplai cadangan, tetap saja diperlukan pengukuran lebih lanjut, yang diperlukan untuk mengetahui daya harian yang dapat disuplai oleh solar cell.

Tegangan awal dari baterai juga akan berpengaruh terhadap energi yang dapat diterima oleh baterai selama proses charging. Seperti contoh bahwa apabila baterai ini didischarge sampai tegangan dibawah 10 Volt, maka akan sangat lama sekali untuk menaikkan tegangan tersebut sebesar 1 Volt. Oleh karena itu kami mengambil patokan air conditioner sebagai patokan beban, karena air conditioner dianggap sebagai beban yang sering digunakan dikebanyakan perusahaan dan dipakai secara terus menerus. Sehingga tegangan awal dari baterai sebelum charging ke solar cell, adalah tegangan dimana baterai tersebut sudah tidak dapat lagi menyuplai air conditioner, walaupun hal ini juga tergantung pada inverter yang digunakan. Dari beberapa data yang kami dapat bahwa tegangan baterai dimana baterai tidak dapat menyuplai lagi air conditioner adalah sekitar 12,1V-12,2V.

### 3.2 Konfigurasi Pengukuran Pencatuan Solar Cell pada Baterai

Secara sederhana pengukuran yang dilakukan dapat digambarkan pada blok diagram dibawah ini



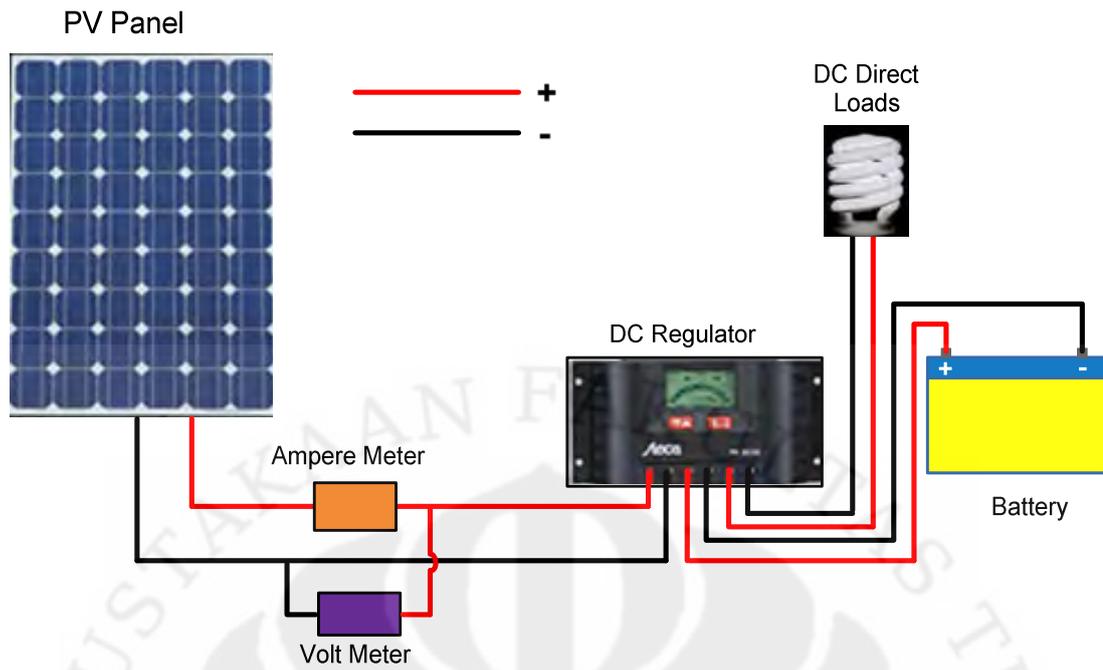
Gambar 3.1 Blok diagram percobaan

Pada blok pertama adalah solar cell yang merupakan sumber catu daya, Solar cell yang digunakan ada tiga solar cell dengan dua jenis yang satu dapat menghasilkan 80 wattpeak dan satu lagi 130 wattpeak. Dari solar cell ini disambungkan ke DC Regulator yang dapat menstabilkan tegangan dari solar cell. Sehingga apabila panas disiang hari sangat terik dengan intensitas cahaya yang tinggi, dan tegangan yang dapat dihasilkan mungkin berkisar 16 Volt-18Volt, DC regulator ini dapat menurunkan tegangan tersebut menjadi tegangan nominal baterai yaitu sekitar 14Volt. Begitu juga yang terjadi pada saat sore hari, tegangan mungkin dapat jatuh sampai 8Volt, sehingga tegangan baterai lebih tinggi dari tegangan solar cell, DC regulator ini dapat memutuskan arus yang mengalir. Sehingga tidak akan ada arus yang mengalir dari baterai kesolar cell.

Tetapi sebelum disambungkan ke DC regulator, solar cell disambungkan terlebih dahulu ke amperemeter secara seri dan voltmeter secara paralel. Amperemeter dan voltmeter yang digunakan adalah tipe digital. Alat ukur yang digunakan pada pengukuran tersebut dapat menyimpan besar nilai tegangan dan arus yang diukur, dengan penyimpanannya melalui komputer, jadi dari alat ukur ini mempunyai kabel RS232 yang salah satu ujungnya lagi kabel serial yang disambungkan kekomputer. Amperemeter dan voltmeter ini sendiri mempunyai software yang bisa langsung digunakan dikomputer, sebagai pembacaan nilai, sehingga apa yang tertera dialat ukur sama dengan yang ditampilkan dikomputer. Tetapi sayangnya satu komputer hanya mampu disambungkan dengan satu alat ukur untuk satu parameter (untuk membaca arus atau membaca tegangan), sehingga dibutuhkan dua komputer pada pengukuran ini.

Dari DC regulator lalu disambungkan ke baterai. baterai yang digunakan adalah aki (accumulator) yang biasa dipakai sebagai aki mobil atau aki motor. Aki yang dipakai mempunyai nominal tegangan 12 Volt, yang terdiri dari 6 sel yang diserikan, dengan tegangan masing masing sel adalah 2 Volt. Jenis aki ini adalah aki lead acid, yang merupakan aki basah. Kapasitas baterai yang dipakai sebesar 35 Ah.

Jadi secara keseluruhan, rangkaian tersebut dapat digambarkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.2 Rangkaian percobaan

Pada gambar diatas terdapat DC direct load (beban DC), rangkaian bisa jadi begitu tetapi karena kita ingin menginginkan daya yang masuk ke baterai bernilai optimum, maka dalam percobaan ini beban DC tersebut tidak dimasukkan.

Selain rangkaian diatas, intensitas cahaya matahari diukur dengan menggunakan luxmeter. Pengukuran intensitas cahaya ini dilakukan setiap setengah jam sekali, beserta pencatatan kondisi kondisi khusus seperti adanya awan atau terjadi hujan. Luxmeter yang dipakai menggunakan alat ukur digital. Selain intensitas cahaya, diukur juga nilai temperatur disekitar solar cell dengan menggunakan termocouple. Termocouple yang digunakan disini juga merupakan alat ukur digital. Termocuple ini juga mempunyai konektor yang dapat dihubungkan dengan komputer, sehingga dapat meyimpan nilai dari pengukuran temperatur kekomputer perdetik sekali, dengan menggunakan komputer yang sama dengan komputer yang digunakan untuk mengukur tegangan.

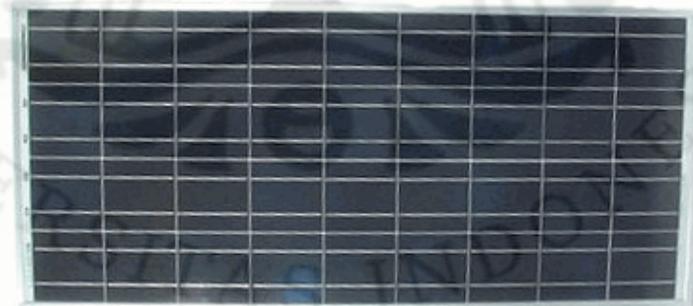
### 3.3 Pengujian yang dilakukan

Seperti yang disebutkan pada bagian diatas, bahwa pada pengujian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan karakteristik pencatuan solar cell ke baterai. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan solar cell ke alat ukur berupa

voltmeter secara paralel dan amperemeter secara seri, lalu dihubungkan dengan DC regulator untuk menstabilkan tegangan yang masuk, disertai dengan teknik PWM dapat mengoptimalkan daya yang masuk ke baterai dan dioda pelindung agar tidak ada arus balik dari aki ke solar cell, untuk selanjutnya dihubungkan dengan baterai. secara terpisah juga dihitung nilai temperatur dengan termocouple digital yang dihubungkan ke komputer dan nilai intensitas cahaya dengan luxmeter.

Selain mengukur tegangan dan arus yang masuk ke baterai selama charging, diukur pula arus dan tegangan selama discharging dari baterai ke beban. Beban yang dipakai adalah kawat nikelin dengan resistansi sebesar 0.7 ohm. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan baterai ke kawat nikelin, lalu dihitung nilai arus yang mengalir dan tegangan aki setiap menit. Tegangan akhir aki pada saat discharging ke AC menjadi referensi tegangan akhir pada saat discharging ke kawat nikelin, dimana sebelum ke AC, aki dihubungkan ke inverter, lalu baru ke AC. Karena tegangan aki pada saat discharging berbeda dengan kondisi normalnya, karena setelah beban dilepas dari aki, tegangan aki akan naik, maka perlu diperhatikan bahwa tegangan akhir setelah discharging bukan tegangan akhir aki yang stabil, tetapi harus menunggu beberapa saat hingga stabil.

### 3.3.1 Solar Cell



Gambar 3.3 Solar cell

Solar cell yang digunakan ada 3, yang satu dapat menghasilkan 80 wattpeak dan yang lainnya dapat menghasilkan 130 wattpeak. Solar cell ini menggunakan backcontact, atau dengan kata lain semua kontakanya berada dibelakang sehingga menghilangkan rugi bayangan yang biasanya dihasilkan kontak bagian depan

karena menutupi sebagian solar cell. Jadi bila dilihat secara langsung solar cell ini mempunyai junction box dibelakangnya, sehingga lebih mudah untuk menghubungkannya dengan rangkaian luar. Solar cell ini merupakan jenis polycrystalline silicon solar cell yang mempunyai efisiensi berkisar 12,41%. Untuk spesifikasinya dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 3.1 Spesifikasi Solar Cell

Parameter	80 Wp PV Panel	130 Wp PV Panel
<b>Merk</b>	Sharp Solar Module (NE-080TIJ)	Sharp Solar Module (NE-130TIJ)
<b>Maximum Power (+ 10%/- 5%)</b>	80 Watt	130 Watt
<b>Open Circuit Voltage</b>	21.6 V	22 V
<b>Short Circuit Current</b>	5.15 A	8.09 A
<b>Voltage at Point of Maximum Power</b>	17.3 V	17.4 V
<b>Current at Point of Maximum Power</b>	4.63 A	7.48 A
<b>Max system voltage</b>	600 V	600 V
<b>Over Current Protection</b>	10 A	15 A
<b>Irradiance</b>	1000 W/m <sup>2</sup> , AM 1.5 spectrum	1000 W/m <sup>2</sup> , AM 1.5 spectrum
<b>Cell temperature</b>	25 °C	25 °C
<b>Application Class</b>	A	A

### 3.3.2 Amperemeter dan Voltmeter



Gambar 3.4 Amperemeter dan voltmeter

Amperemeter dan voltmeter yang digunakan adalah multimeter digital yang dapat digunakan selain untuk menghitung arus dan tegangan baik AC maupun DC, bisa juga digunakan untuk menghitung hambatan. Arus maksimal yang diijinkan jika multimeter ini difungsikan sebagai amperemeter adalah sebesar 10 Ampere. Multimeter ini mempunyai kabel RS232 yang salah satu ujungnya lagi mempunyai bentuk serial, sehingga dapat dikoneksikan kekomputer. Nilai yang ditunjukkan pada multimeter tersebut ditampilkan juga pada monitor komputer. Maksimal data yang dapat diukur pada komputernya adalah sebesar 10.000 data sehingga sebelum mencapai sebanyak itu baiknya langsung disimpan, setelah itu data yang ada dihapus semua, dan mulai lagi dari nol. Interval data yang dapat dihitung dapat perdetik sekali, tetapi kadang kadang tidak pas perdetik, mungkin bisa lebih dari 1 detik.

### 3.3.3 DC Regulator



Gambar 3.5 DC Regulator

DC Regulator atau biasa disebut dengan Solar charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur tegangan dan arus yang diisi ke baterai, yang berasal dari solar cell. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya, yang dapat mengurangi lifetime dari baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi pulse width modulation (PWM) untuk mengatur keluaran dari solar cell yang masuk ke baterai. Secara umum bahwa solar cell dengan tegangan 12 V, memiliki variasi tegangan antara 13–21 Volt. Dengan adanya variasi tegangan tersebut, baterai akan cepat rusak karena overcharging. Sedangkan baterai sendiri umumnya discharge pada tegangan 14-14.7 V.

Beberapa fungsi dari solar charge controller diantaranya :

1. Mengatur arus pengisian kebaterei, menghindari overvoltage dan overcharging
2. Mengatur agar tidak ada arus balik dari baterai ke solar cell

Solar charge controller yang baik seharusnya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. jadi apabila baterai sudah penuh terisi, secara otomatis pengisian arus dari solar cell akan 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 input yang akan dihubungkan dengan solar cell, dan dua output, yang satu dihubungkan dengan baterai dan yang satu lagi dihubungkan dengan beban. Arus dari baterai tidak akan dapat kembali ke solar cell, karena adanya dioda proteksi yang hanya melewatkan arus yang berasal dari solar cell, bukan sebaliknya.

### 3.3.4 Baterai / Accumulator



Gambar 3.6 Baterai / Accumulator

Baterai yang digunakan adalah jenis accumulator yang biasa dipakai pada motor/mobil. Accumulator ini merupakan jenis baterai lead acid dan adalah jenis aki basah. Tegangan nominalnya sebesar 12 V, yang terdiri dari 6 sel yang masing-masing mempunyai nominal tegangan 2 Volt, yang dihubungkan secara seri. Kapasitas dari aki ini sebesar 35 Ah dengan merek Gold Shine.

### 3.3.5 Luxmeter



Gambar 3.7 Luxmeter

Luxmeter adalah alat yang biasa digunakan untuk mengukur intensitas cahaya. Luxmeter yang digunakan disini adalah alat digital. Alat ini mempunyai tiga skala yaitu untuk 1000 lux, 10.000 lux, dan untuk 100.000 lux. Dalam kondisi gelap seperti pada sore menjelang maghrib, skala yang dipakai dapat menggunakan 1000 lux, untuk kondisi seperti pada pagi hari atau pada saat ada awan yang menutupi matahari biasa menggunakan skala 10.000 lux, dan untuk kondisi panas dapat menggunakan skala 100.000 lux. Pada percobaan ini intensitas cahaya diukur setiap setengah jam sekali, tetapi ditulis juga catatan khusus untuk setiap waktu seperti pada waktu keadaan berawan atau pada saat hujan.

### 3.3.6 Termocouple Digital



Gambar 3.8 Termocouple digital

Termocouple adalah alat yang digunakan untuk mengukur temperatur. Termocouple yang digunakan disini adalah alat ukur digital, yang mempunyai sensor. Sensor tersebut berupa kabel tipis, pada percobaan ini sensor tersebut diletakkan dipinggir bagian tengah dari solar cell. Termocouple ini juga

mempunyai kabel yang ujungnya berupa kabel USB, yang dapat dihubungkan kekomputer sehingga datanya dapat tersimpan dikomputer. Komputer yang digunakan adalah komputer yang sama digunakan untuk mengukur tegangan. Durasi pengukuran suhu dari termocouple ini dapat perdetik sekali.



## **BAB 4**

### **HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA**

#### **4.1 Analisa Pengukuran Pencatuan Daya dengan Solar Cell 80 Wattpeak**

Pengukuran pencatuan daya dengan menggunakan solar cell 80 wattpeak ini dilakukan selama dua hari yaitu hari selasa, 20 april 2010 dan rabu, 21 april 2010. Selama dua hari itu dilakukan pencatuan daya dari solar cell ke aki, dengan mengukur intensitas cahaya yang masuk dengan suhunya, dan juga yang terpenting adalah mengukur arus dan tegangan dari solar cell ketika sedang mencatu aki. Setelah malam datang, dimana sudah tidak ada intensitas matahari yang masuk ke solar cell, kita langsung menghentikan percobaan, dan langsung mendischarge (membuang muatan) aki yang memiliki tegangan sekitar 13 Volt ke rangkaian RLC. Dan besok paginya langsung dilakukan pengukuran kedua sama seperti pengukuran pertama.

Pengukuran dengan menggunakan solar cell dengan daya 80 wattpeak ini pertama kali dilakukan pada hari Selasa, 20 april 2010, dengan tegangan awal sebesar 12,2 Volt. Tegangan awal ini mendekati nilai tegangan discharge akhir pada waktu aki digunakan untuk mencatu air conditioner, dengan terlebih dahulu dihubungkan ke inverter, sehingga pada nilai tegangan tersebut aki sudah tidak dapat lagi mencatu air conditioner. Penulis memilih pencatuan ke air conditioner sebagai patokan nilai tegangan awal dikarenakan air conditioner dianggap beban yang paling sering digunakan oleh konsumen, terutama konsumen diperusahaan. Pada akhir percobaan didapat tegangan akhir sebesar 13,14 Volt.

##### **4.1.1 Analisa Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari**

Pengukuran intensitas cahaya matahari dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara intensitas cahaya yang masuk dengan arus yang dapat dihasilkan solar cell. Pengukuran intensitas cahaya ini dilakukan dengan menggunakan luxmeter digital. Pengambilan data dilakukan setiap setengah jam sekali. Ketika pengambilan data, luxmeter merecord data intensitas cahaya matahari sampai setengah menit dengan cara menempatkan sensor dari luxmeter dipinggir solar cell, setelah itu data dapat ditampilkan pada layar luxmeter, yang berisi data pada

kondisi maksimum, minimum dan rata ratanya pada setengah menit itu. Dibawah ini akan ditampilkan pengukuran intensitas cahaya yang dilakukan pada hari selasa, 20 april 2010 :

Tabel 4.1 Data intensitas cahaya matahari pada hari selasa, 20 april 2010

Waktu	Maksimal	Minimal	Rata rata	Satuan
8:30:00 AM	666	606	616	x10lux
9:00:00 AM	698	634	688	x100lux
9:30:00 AM	866	446	679	x100lux
10:00:00 AM	897	819	828	x100lux
10:30:00 AM	1017	954	982	x100lux
11:00:00 AM	1100	1032	1062	x100lux
11:30:00 AM	1807	1461	1565	x10lux
12:01:00 PM	1232	1063	1147	x100lux
12:31:00 PM	1098	537	836	x100lux
1:01:00 PM	1091	708	860	x100lux
1:30:00 PM	1217	308	334	x100lux
2:14:00 PM	238	225	232	x100lux
2:30:00 PM	206	185	205	x100lux
3:00:00 PM	303	288	289	x100lux
3:32:00 PM	362	184	264	x100lux
4:00:00 PM	960	770	956	x10lux
4:31:00 PM	944	681	923	x10lux
5:01:00 PM	794	712	784	x10lux
5:30:00 PM	420	396	412	x10lux
6:00:00 PM	680	624	655	x1lux

Pada tabel diatas didapat bahwa pada pengambilan data pertama jam 8.30 AM, rata rata intensitas cahaya yang masuk adalah sebesar 6.160 lux, nilai ini cukup rendah dikarenakan dipagi hari matahari masih berada ditimur, hal ini berpengaruh juga pada intensitas yang didapat, selain itu pada pagi hari, pohon besar yang berada disebelah timur dari solar cell, dapat menutupi permukaan solar cell. Pada setengah jam berikutnya didapat perubahan yang cukup signifikan,

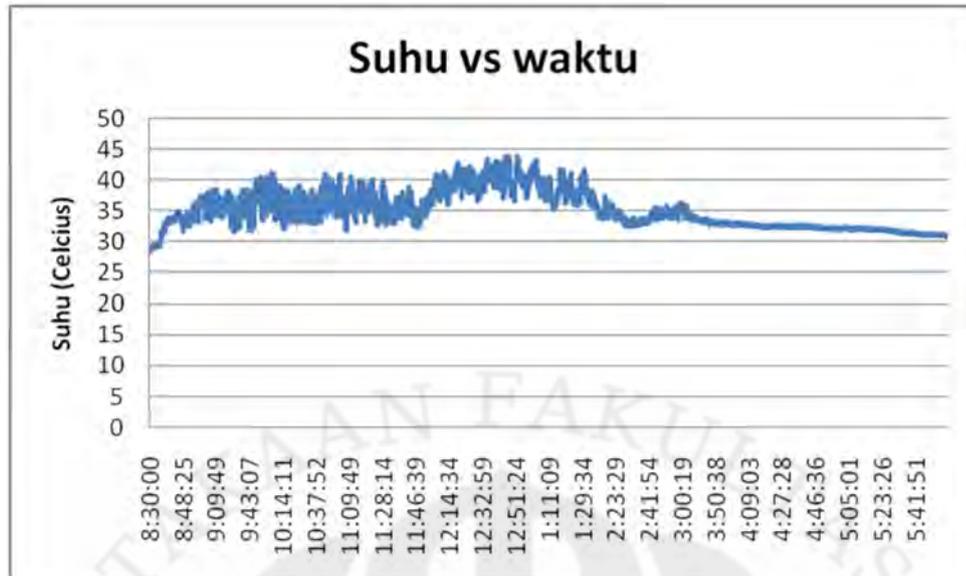
**Universitas Indonesia**

perbedaannya mencapai 10x lipat dari setengah jam sebelumnya, yaitu rata rata sebesar 68.800 lux, ini terjadi karena matahari sudah naik, sehingga intensitas yang diterimapun meningkat. Setengah jam berikutnya, didapat perubahan intensitas cahaya yang cukup jauh, rata rata intensitas yang ditangkap oleh luxmeter sebesar 67.900 lux, dengan nilai minimum sebesar 44.600 lux dan nilai maksimum sebesar 86.600 lux, perubahan intensitas ini dikarenakan intensitas yang semakin naik ditandai dengan semakin panasnya suhu ketika itu, tetapi keberadaan awan semakin terlihat, ada sebagian awan yang tiba tiba menutupi matahari, hal ini akan sangat mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang masuk.

Jam 11 didapat intensitas cahaya matahari yang hampir mencapai nilai puncak, dengan nilai intensitas cahaya rata rata 106.200 lux, tetapi didapat juga pada saat pengukuran setengah jam setelahnya yaitu jam 11.30, intensitas yang masuk berkurang hingga sepersepuluhnya yaitu rata rata sebesar 15.650 lux, ini terjadi karena adanya awan besar yang menutupi cahaya matahari, bahkan cuaca pada saat itu, dapat dikatakan langit terasa gelap. Tetapi setelah awan itu bergerak dan tidak menutupi matahari, intensitas naik lagi, hal ini terbukti pada data setengah jam berikutnya, intensitas naik lagi dengan rata rata 114.700 lux, hal yang sama juga ditemui pada jam 12.00-15.00, intensitas cahaya berubah ubah yang disebabkan karena adanya awan yang menutupi matahari. Pada jam 4 keatas, intensitas menunjukkan nilai rata rata dibawah 10.000 lux, hal ini disebabkan matahari sudah condong kebarat sehingga intensitas yang diterimapun berkurang drastis. Dan nilai yang cukup parah didapat pada jam 6.00, dimana rata rata intensitas yang masuk hanya 655 lux, pada keadaan ini matahari sudah terbenam di barat.

#### **4.1.2 Analisa Pengukuran Suhu**

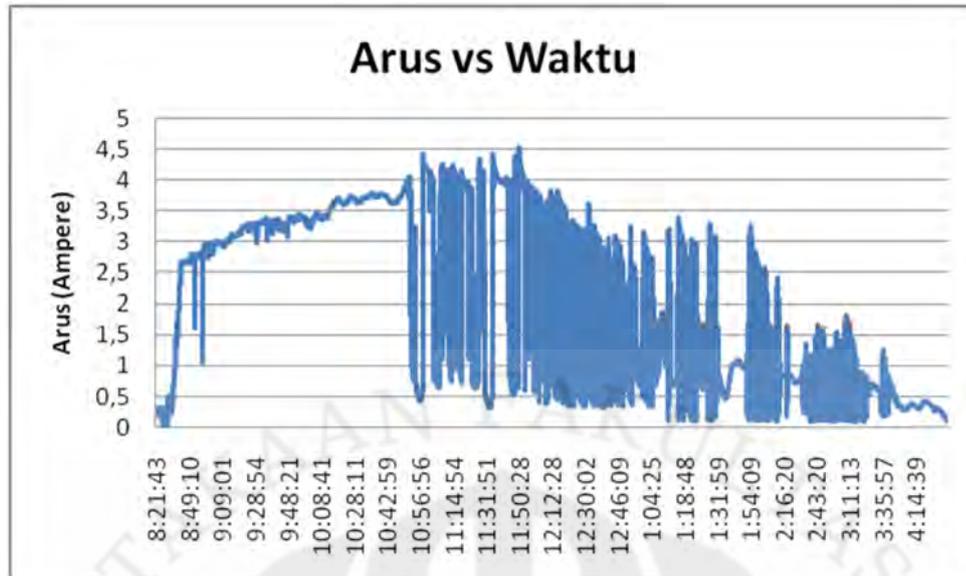
Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termocouple digital, dimana sensor dari termocouple ini diletakkan ditengah bagian pinggir solar cell. Termocouple digital ini dapat dihubungkan kekomputer sehingga data dapat direcord dikomputer. Dibawah ini akan ditampilkan grafik suhu terhadap waktu pada hari selasa, 20 april 2010.



Gambar 4.1 Grafik perubahan suhu terhadap waktu pada hari selasa, 20 april 2010. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada pagi hari jam 8.30 didapat nilai suhu sebesar 29 derajat celcius, dikarenakan pada pagi hari matahari masih berada ditimur walaupun sudah agak naik sedikit, tetapi karena tidak menerima matahari secara langsung, maka panas yang diterimapun masih rendah. Setelah jam 9 suhu meningkat hingga mencapai 38 derajat celcius, tetapi pada waktu ini, suhu berubah ubah dikarenakan panas matahari mulai tertutup awan, walaupun perubahan yang ada tidak cukup signifikan karena cahaya matahari yang adapun masih belum sepenuhnya berada vertikal diatas. Perubahan ini juga terjadi pada jam 10- jam 3 dikarenakan awan yang bergerak, yang terkadang menutupi matahari. Diatas jam 4, menunjukkan suhu yang mulai stabil, tetapi pada kondisi ini suhu mulai turun hingga sekitar 32 derajat celcius.

#### 4.1.3 Analisa Arus Terhadap Suhu Dan Intensitas Cahaya

Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan multimeter digital, yang dapat direcord dikomputer. Multimeter yang dipakai secara otomatis mati sekitar setengah jam sekali, dan terkadang lupa untuk menyalakannya sehingga ada beberapa data yang tidak terrecord. Dibawah ini akan disajikan grafik perubahan arus terhadap waktu yang diukur pada hari selasa, 20 april 2010.



Gambar 4.2 Grafik arus terhadap waktu pada selasa, 20 april 2010

Dari grafik diatas didapat bahwa pada pagi hari dikarenakan matahari masih berada ditimur, sehingga intensitas matahari yang diterima masih rendah, Oleh karena itu, karena hubungan intensitas matahari yang diterima sebanding dengan arus yang dihasilkan oleh solar cell maka arus yang dihasilkan pada waktu inipun rendah. Pada waktu ini arus hanya berkisar dibawah 0.5 Ampere. Tetapi pada pagi hari ini rangkaian sempat mengalami open circuit dikarenakan kabel konektor yang renggang, tetapi hanya terjadi beberapa menit saja. Intensitas terus meningkat dikarenakan matahari yang terus naik menyebabkan arus yang meningkat, pada jam 9 didapat arus hampir mencapai 3 ampere, tetapi pada beberapa menit sebelumnya tepatnya 8.57 arus menurun drastis hingga 1 Ampere dikarenakan ada awan besar yang menutupi matahari, sehingga intensitaspun berkurang yang akhirnya berakibat arus yang rendah.

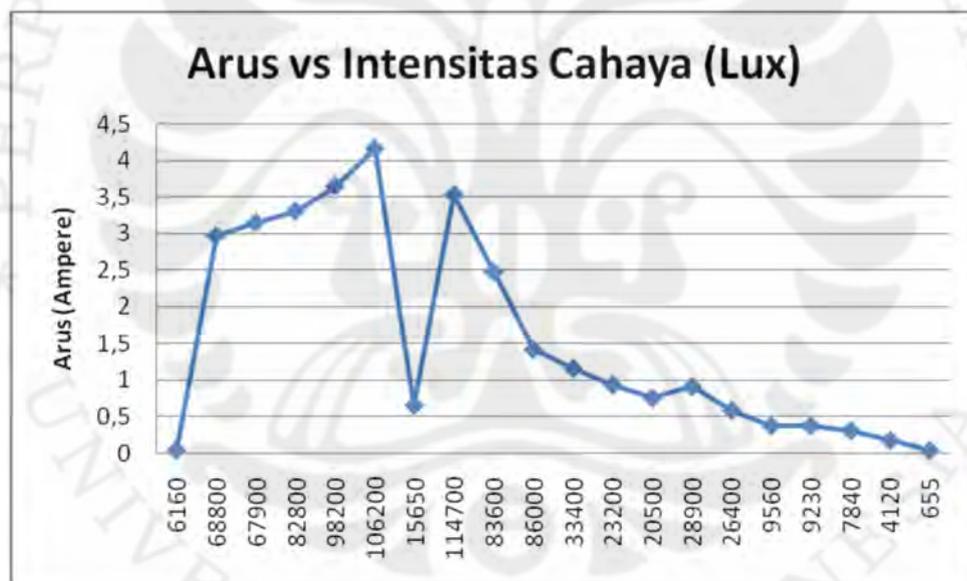
Dari jam 9 sampai sekitar jam 11 menunjukkan arus yang terus meningkat, dimana mataharipun terus naik hingga hampir mendekati posisi paling vertikal. Ketika mendekati jam 11, nilai arus yang terukur mendekati nilai 4 ampere, tetapi kemudian terdapat perubahan yang cukup signifikan antara nilai 4.5 ampere hingga turun mencapai 0.5 ampere, hal ini juga terjadi pada jam 12, bahkan pada jam 12 ini perubahan lebih bervariasi lagi dengan arus puncak 3.825 ampere dan arus terendah mencapai 0.325, setelah dirata rata hampir mencapai 2 ampere, hal ini terjadi dikarenakan pergerakan dari awan yang dapat menutupi matahari, setelah awan itu menjauh melewati matahari, datang awan lain yang menutupi

**Universitas Indonesia**

matahari lagi, begitulah hal ini terjadi secara terus menerus sehingga didapatkan grafik arus yang berubah ubah, perubahan ini terjadi juga pada jam 1 sampai jam 3, tetapi pada waktu tersebut perubahan tidak berlangsung diseluruh waktu pada jam tersebut. Ketika jam 3.40 didapat arus yang mulai stabil. Tetapi pada waktu ini arus terus menurun hingga dibawah satu ampere dikarenakan matahari sudah condong berada disebelah barat. Jam4 juga sama didapat arus yang stabil dibawah satu ampere. Ketika jam 5 didapat arus yang semakin menurun dibawah 0.5 ampere hingga mencapai dibawah 0.1 ampere pada saat jam 5.48, pada waktu ini matahari sudah terbenam dibarat.

Hubungan antara intensitas cahaya dan arus yang dihasilkan

Dari intensitas cahaya yang diukur setiap setengah jam sekali dapat dibuat grafik antara rata rata intensitas cahaya yang masuk dengan arus yang dihasilkan solar cell setengah menit sekali.



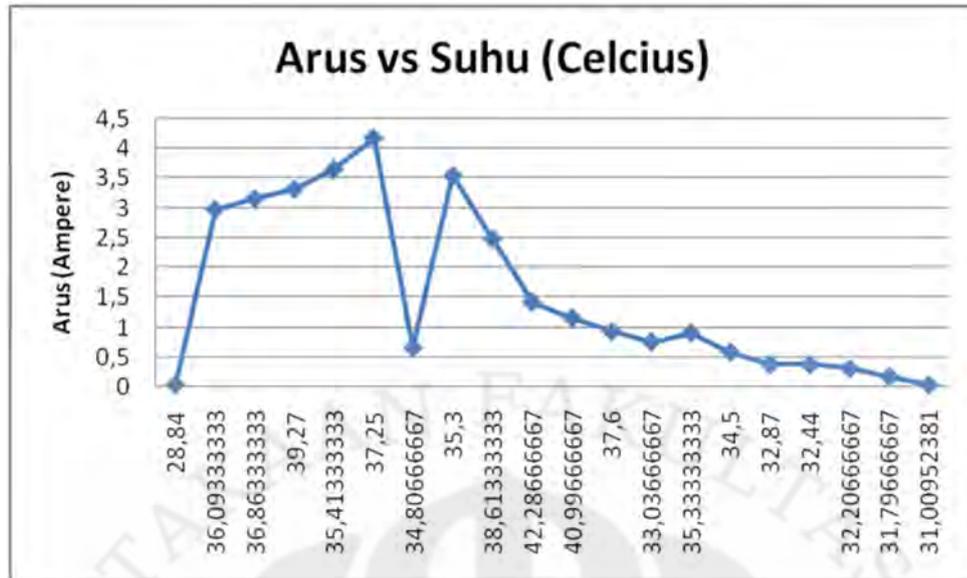
Gambar 4.3 Hubungan antara arus dan intensitas cahaya pada hari Selasa, 20 april 2010

Intensitas yang ditunjukkan pada gambar tersebut dihitung dari jam 8.30 dari sebelah kiri dengan intensitas rata rata 6160 lux menghasilkan arus kurang dari 0,1 A. Intensitas yang diukur tersebut mempunyai interval waktu pengukuran setengah jam sekali, jadi pada akhir pengukuran didapat intensitas cahaya sebesar 655 lux pada jam 18.00. Dapat dilihat bahwa pada pagi hari, arus naik sesuai dengan kenaikan intensitasnya. Pada 11.30 didapat bentuk penurunan arus hingga mencapai 0,657 A, sesuai dengan intensitas cahaya yang rendah pada saat itu

yaitu hanya sebesar 15650 lux. Yang sedikit mengherankan bahwa pada jam 12 keatas, nilai arus rata rata yang dihasilkan solar cell berbeda dengan nilai arus rata rata yang dihasilkan sebelum jam 11. Dapat dilihat bahwa pada jam 10.00 didapat nilai arus rata rata yang dihasilkan yaitu sebesar 3,3 A dengan rata rata intensitas cahaya yang masuk sebesar 82.800, sedangkan pada jam 12.31 didapat arus rata rata yang dihasilkan sebesar 2,48A dengan rata rata intensitas cahaya yang masuk sebesar 83.600 lux. Harusnya dengan nilai intensitas cahaya sebesar 83.600 lux tersebut dapat menghasilkan arus yang lebih besar dari 3,3 A ditambah lagi perbedaan nilai yang dihasilkan jauh lebih kecil dari nilai tersebut. Analisa dari kasus tersebut diantaranya yang pertama pada jam 12.31 intensitas matahari lebih signifikan berubah dikarenakan lebih banyak pergerakan awan pada waktu itu, sehingga juga didapat perubahan arus (dapat dilihat dilampiran), perlu diperhatikan bahwa nilai intensitas cahaya dan arus yang ditunjukkan pada gambar adalah nilai rata rata yang diukur selama setengah menit. Yang kedua bahwa pada waktu tersebut suhu yang terukur lebih tinggi daripada jam 10.00, hal ini membuat R seri solar cell pada jam 12.31 meningkat, sehingga meningkatkan rekombinasi yang terjadi karena losses pengumpulan carrier dan menurunkan nilai arus yang dihasilkan. Selanjutnya setelah jam 15.30 dan seterusnya didapat penurunan nilai intensitas dan begitu juga nilai arusnya. Pada jam 16. Didapat intensitas cahaya kurang dari 10.000 lux tepatnya 9.560 lux, sehingga arus yang dihasilkanpun hanya sebesar 0,38 A. Diakhir pengukuran pada jam 6 didapat intensitas yang sangat rendah yaitu sebesar 655 lux, dengan arus yang dihasilkan sebesar 0,04 A, pada waktu ini matahari sudah terbenam disebelah barat.

Hubungan antara arus dan temperatur

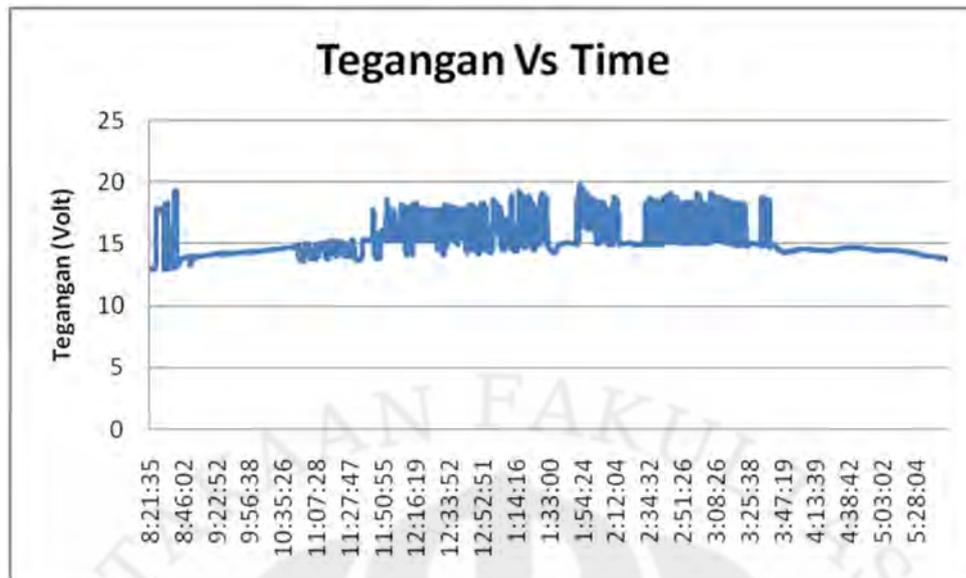
Hubungan antara arus dan temperatur dapat digambarkan pada grafik berikut :



Gambar 4.4 Grafik arus terhadap temperatur pada hari selasa, 20 april 2010

Pada grafik diatas dapat digambarkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap arus. Pada pagi hari temperatur solar cell rendah, begitu juga arusnya, tetapi kemudian arus naik diikuti dengan kenaikan temperatur. Demikian juga pada waktu arus turun hingga 0,657, suhu pada waktu itu juga sebesar 34,8 derajat celcius. Temperatur semakin naik ketika siang hari, karena matahari semakin berada diposisi puncak. Pada 12.31 suhu mencapai 38,6 derajat celcius, pada kondisi ini arus semakin turun, dikarenakan hambatan seri dari solar cell meningkat, hal ini juga terjadi pada titik waktu setelahnya, hingga jam 14.14 suhu masih mencapai 37,6 derajat celcius, arus pada waktu ini juga rendah. Disore hari, arus turun diikuti dengan penurunan temperatur, dengan temperatur akhir pada jam 18.00 sebesar 31 derajat celcius.

#### 4.1.4 Analisa Tegangan Terhadap Suhu dan Intensitas Cahaya



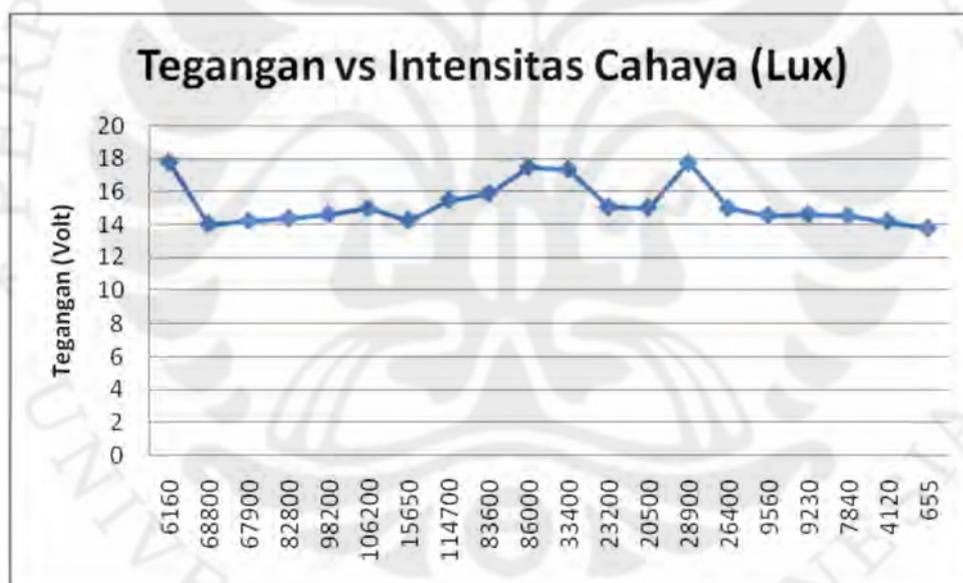
Gambar 4.5 Grafik tegangan terhadap waktu pada hari Selasa, 20 april 2010

Dari grafik diatas didapat nilai tegangan pada pagi hari sekitar sebesar 13 Volt. Tetapi pada waktu ini, dikarenakan rangkaian sempat mengalami open circuit, maka dapat terjadi kenaikan tegangan, sekitar sebesar 17,7 Volt-17,9 Volt. Sesuai dengan teori yang ada bahwa intensitas cahaya yang masuk juga mempengaruhi tegangan dari solar cell, maka pada pagi hari itu hanya didapat tegangan yang masih kecil. Beberapa jam kemudian didapat kenaikan tegangan, walaupun kenaikannya tidak seperti pada arus. Pada jam 9 didapat nilai tegangan sekitar sebesar 14 Volt, sesuai dengan kenaikan intensitas pada waktu ini, tetapi sesuai teori bahwa intensitas mempengaruhi tegangan tetapi tidak terlalu signifikan. Pada jam 10 didapat nilai tegangan rata rata sekitar 14,5 Volt. Tetapi setelah jam 11, terdapat penurunan nilai tegangan. Pada waktu tersebut didapat penurunan nilai tegangan mencapai 13 volt-14 Volt, dikarenakan awan yang menutupi cahaya matahari, sehingga intensitas yang diterimapun berkurang, dan mempengaruhi nilai tegangan yang dihasilkan. Tetapi pada jam 12 keatas didapat fluktuasi tegangan yang cukup signifikan. Tegangan bisa naik hingga mencapai 19.8 Volt, dikarenakan intensitas cahaya yang tinggi menyebabkan tegangan naik secara logaritmik, tetapi karena ada pergerakan dari awan yang bergerak, dan menutupi matahari kemudian bergerak menjauhi matahari, dan bergantian dengan awan lain yang menutupi matahari lagi, menyebabkan grafik fluktuasi tegangan seperti pada gambar grafik tersebut. Fluktuasi tegangan tersebut terjadi hingga jam 3.

Pada jam 4 dan jam 5 didapat nilai tegangan yang mulai stabil, pada waktu ini didapat nilai tegangan sekitar sebesar 14,5 Volt. Pada kondisi ini matahari sudah mulai condong kebarat, dan intensitas cahaya yang diterimapun berkurang. Tetapi dari jam 5 ini dilanjutkan sampai jam 6, didapat nilai tegangan yang semakin menurun, dikarenakan posisi dari matahari sendiri yang semakin terbenam di barat, dan hampir sangat sedikit sekali intensitas yang dapat diterima. Pada jam 6 menunjukkan nilai tegangan sebesar 13,76, menunjukkan pada kondisi ini masih terdapat intensitas matahari yang masuk, walaupun sangat sedikit sekali, sebagai perbandingan bahwa pada waktu ini intensitas cahaya rata rata adalah sebesar 655 lux, membuktikan bahwa masih ada intensitas matahari yang dapat diserap.

Hubungan intensitas cahaya dan tegangan

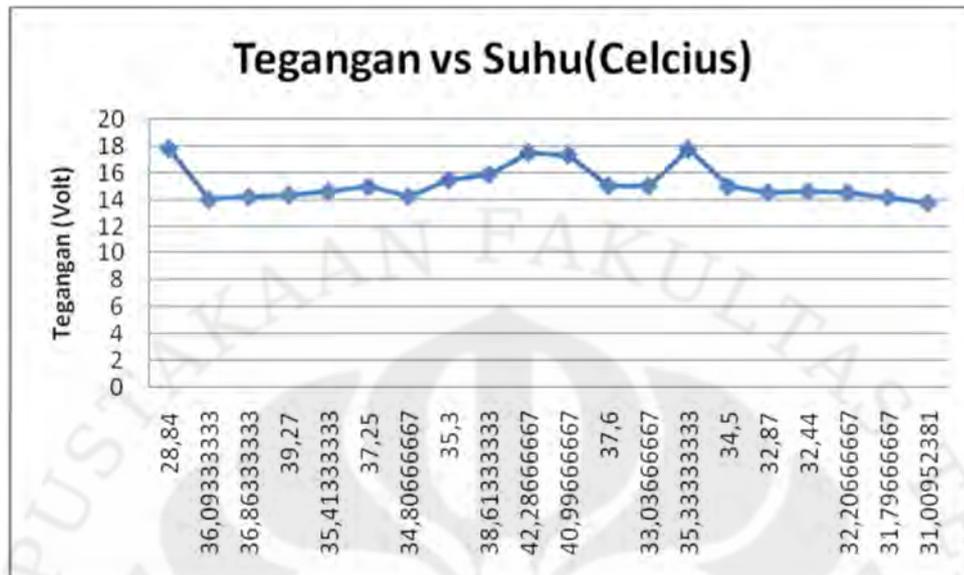
Hubungan antara tegangan dan intensitas cahaya juga ditunjukkan pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.6 Grafik tegangan dan intensitas cahaya pada hari Selasa, 20 april 2010 Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa intensitas cahaya yang masuk berpengaruh terhadap tegangan yang dibangkitkan solar cell, tetapi perubahannya tidak terlalu signifikan, berbeda dengan arus. Pada awal dapat dilihat bahwa dengan intensitas 6160 dihasilkan tegangan 18 Volt, ini dikarenakan kesalahan pengukuran sehingga tegangan yang diukur tersebut adalah tegangan open circuit. Selanjutnya tegangan naik dari 14 Volt hingga puncaknya pada siang hari, yang dapat mencapai 18 Volt. Setelah itu diikuti dengan penurunan nilai tegangan,

hingga didapat tegangan diakhir percobaan yaitu pada jam 18.00 sebesar 13,77 Volt.

Hubungan antara tegangan dan temperatur



Gambar 4.7 Grafik tegangan terhadap suhu pada hari selasa, 20 april 2010

Seperti dinyatakan sebelumnya bahwa dikarenakan kesalahan pengukuran jadi pada waktu jam 8.30, rangkaian masih open circuit. pada grafik tersebut dapat digambarkan bahwa kedua parameter (tegangan dan suhu) tersebut hampir mendekati nilai konstan, karena perubahan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Yang dapat dianalisa bahwa kenaikan dan penurunan antara suhu dan tegangan yang dibangkitkan hampir sama disetiap waktu. Yang menjadi catatan bahwa pada saat suhu tinggi, intensitas cenderung tinggi, makanya harusnya tegangan yang dibangkitkanpun tinggi, tetapi karena pada kondisi suhu tinggi hambatan seri meningkat maka kenaikan tegangan tersebut menjadi tidak tinggi.

#### 4.2 Analisa Pengukuran Pencatuan Daya dengan Solar Cell 130 Wattpeak

Pengukuran ini sebenarnya hampir sama dengan pengukuran sebelumnya, bedanya pada pengukuran pencatuan daya pada kali ini menggunakan solar cell dengan daya maksimum sebesar 130 watt ini. Solar cell 80 wattpeak yang diuji ini ada dua, jadi pengukuran dilakukan selama 4 hari dua hari untuk solar cell pertama dan dua hari untuk solar cell kedua. Dibawah ini akan dijelaskan pengukuran yang dilakukan pada salah satu solar cell 130 wattpeak ini, yang dilakukan pada hari rabu, tanggal 4 mei 2010.

Pada hari rabu tersebut dilakukan pengukuran dengan tegangan awal aki sebesar 12,13 Volt. Pada akhir percobaan didapat tegangan akhir sebesar 13,1 Volt. Sedikit lebih besar daripada pengukuran pada solar cell dengan 80 wattpeak pada penjelasan diatas.

#### 4.2.1 Analisa Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari

Pada hari tersebut didapat data intensitas cahaya yang ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Data intensitas cahaya matahari pada hari Rabu, 4 mei 2010

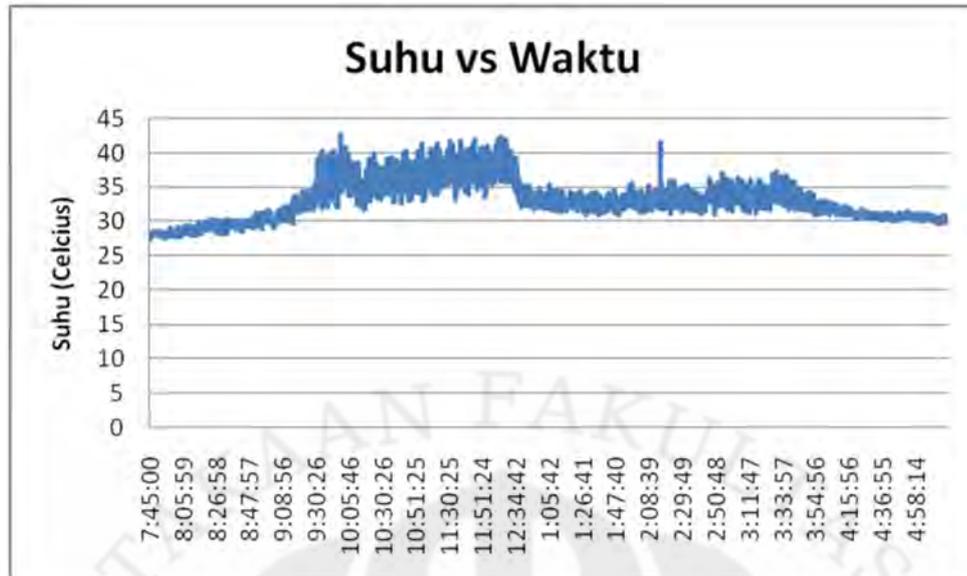
Waktu	max	min	average	satuan
7:45:00 AM	1224	1158	1215	x10lux
8:15:00 AM	1433	1297	1407	x10lux
8:45:00 AM	1991	1748	1973	x10lux
9:15:00 AM	400	316	394	x100lux
9:45:00 AM	684	533	576	x100lux
10:15:00 AM	627	538	567	x100lux
10:45:00 AM	934	779	875	x100lux
11:15:00 AM	1127	689	1106	x100lux
11:46:00 AM	1085	845	1063	x100lux
12:15:00 PM	1131	206	882	x100lux
12:45:00 PM	322	292	313	x100lux
1:16:00 PM	349	304	338	x100lux
1:45:00 PM	348	332	344	x100lux
2:15:00 PM	517	337	396	x100lux
2:45:00 PM	516	458	474	x100lux
3:15:00 PM	653	197	541	x100lux
3:45:00 PM	1027	889	914	x10lux
4:15:00 PM	543	473	527	x10lux
4:45:00 PM	477	408	472	x10lux
5:15:00 PM	334	311	317	x10lux
5:45:00 PM	851	818	823	x1lux

6:00:00 PM	76	70	71	x1lux
------------	----	----	----	-------

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa pada pagi hari jam 7.45, intensitas rata rata sebesar 12.150 lux. Pada waktu ini seperti biasa cahaya yang datang masih bias, perbedaan antara benda yang disinari dan bayangannya tidak terlalu signifikan dan cahaya yang tampakpun berwarna kuning kemerah merahan. Setengah jam kemudian intensitas naik sekitar 2.000 lux, dengan warna langit lebih cerah dari sebelumnya. Baru setengah jam lagi setelahnya warna langit sudah mulai kuning, tetapi belum terlalu panas dengan intensitas rata rata sebesar 19.730 lux. Setelah itu didapat data bahwa pada jam 9.15 panas matahari mulai terasa, dan intensitas rata ratapun naik hingga sebesar 39.400 lux. Kenaikan ini berlanjut hingga puncaknya sekitar jam 11, pada jam 11.15 didapat intensitas rata rata sebesar 110.600 lux. Pada kondisi puncak, yaitu antara jam 11.30 hingga jam 15.30 didapat intensitas yang berubah ubah, hal ini disebabkan karena pergerakan dari awan yang menutupi matahari dan terus bergerak meninggalkannya, dan terjadi pada awan awan yang lain. Contohnya pada jam 12.15 didapat intensitas maksimum selama setengah menit adalah sebesar 113.100, tetapi nilai minimumnya bisa mencapai 20.600 lux, dengan nilai intensitas rata rata sebesar 88.200 lux. Pada jam 4.15 didapat intensitas yang mulai stabil, tetapi nilai intensitas rata rata yang masuk cukup rendah yaitu sebesar 5.270 lux. Setelah waktu ini didapat penurunan intensitas hingga mencapai nilai intensitas rata rata sebesar 71 lux diakhir pengukuran (jam 18.00).

#### 4.2.2 Analisa Pengukuran Suhu

pengukuran perubahan suhu selama satu hari ditampilkan pada grafik dibawah ini :

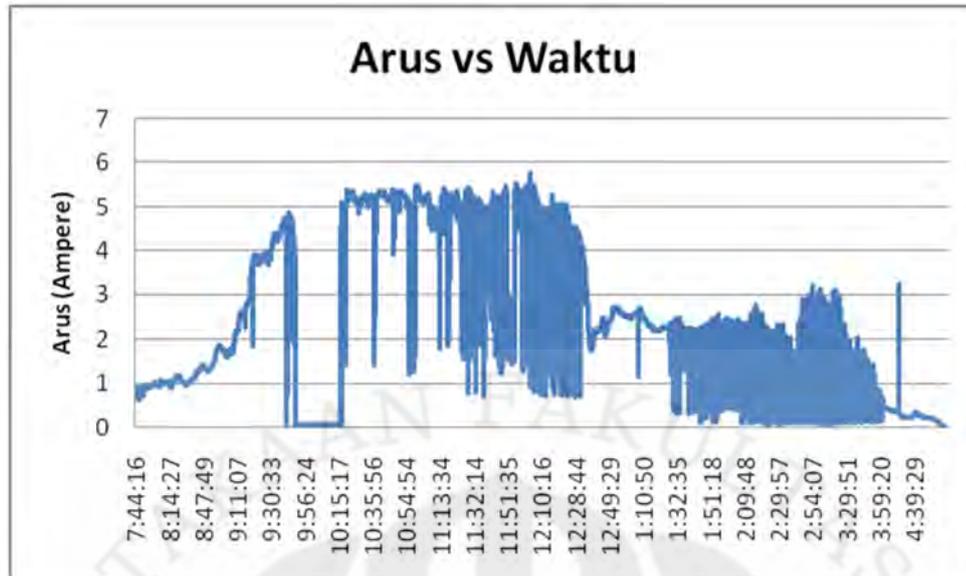


Gambar 4.8 Grafik perubahan suhu terhadap waktu pada rabu 4 mei april

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa pada pagi hari didapat perubahan suhu yang kecil, bernilai sebesar 28-29 derajat celcius pada jam 8. Pada pagi hari ini didapat kenaikan suhu secara kontinu, walaupun perubahan yang terjadi tidak besar. Hingga jam 9.30, didapat peningkatan suhu, walaupun kecil, pada waktu ini suhu mencapai 35 derajat celcius. Tetapi setelah waktu ini didapat perubahan suhu yang cukup signifikan, yaitu berkisar 32 hingga 40 derajat celcius, dikarenakan posisi dari matahari sendiri yang sudah berada diatas, sehingga cahayanya bisa langsung diterima ke sensor sebesar 40 derajat celcius, tetapi walaupun begitu, ada pergerakan cepat awan yang dapat menutupinya, sehingga suhu dapat rendah hingga 32 derajat celcius. Perubahan signifikan dari suhu ini berlangsung hingga jam 3, tetapi pada jam 12.30 didapat penurunan suhu sehingga perubahan suhu sebesar 35 hingga 32 derajat celcius, dan perubahan nilai ini terjadi hingga 3.30. Setelah jam 3.30, suhu mulai turun walaupun penurunannya kecil, hingga didapat suhu diakhir percobaan sebesar 30 derajat celcius.

#### 4.2.3 Analisa Arus Terhadap Suhu dan Intensitas Cahaya

Dibawah ini disajikan grafik perubahan arus terhadap waktu yang diukur pada hari rabu, 4 mei 2010 :

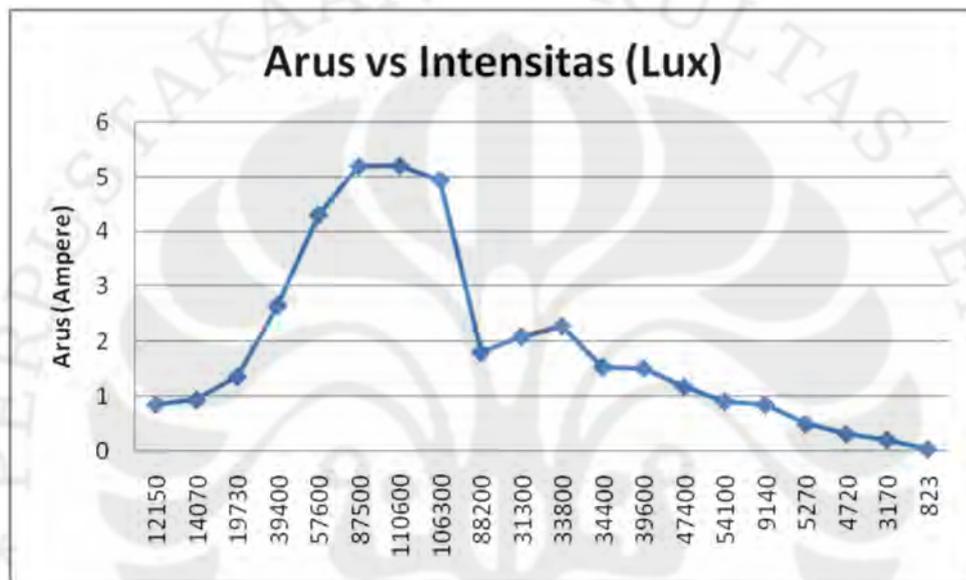


Gambar 4.9 Grafik arus terhadap waktu pada rabu, 4 mei 2010

Pada grafik diatas, dapat diketahui bahwa sekitar jam 8 arus yang masuk sekitar 1 Ampere, dikarenakan intensitas cahaya yang masih rendah, karena mataharipun masih condong disebelah timur. Setelah jam 8 didapat perubahan arus, hingga pada jam 9 didapat nilai arus sebesar 1,7 Ampere, perubahan ini tetap terjadi jam 10, sesuai dengan posisi dari matahari yang naik, sehingga intensitas cahaya yang diterimapun naik dan menghasilkan arus yang lebih besar. Tetapi sekitar jam 9.40 hingga jam 10.15 didapat nilai arus sebesar nol, ini dikarenakan pada waktu tersebut ada kabel yang menghubungkan voltage regulator dan accumulator menjadi renggang, sehingga rangkaian menjadi open circuit, dan arus yang diterimapun bernilai nol. Pada jam 10.30 arus yang dihasilkan mencapai 5 ampere, pada waktu ini matahari hampir berada dipuncak, sehingga arus yang dihasilkanpun hampir mencapai maksimum. Selanjutnya setelah titik ini didapat beberapa perubahan arus seperti pada jam 10.36, pada waktu ini didapat arus yang dihasilkan sebesar 1,4 ampere, ini dikarenakan terdapat awan yang menutupi matahari. Hal ini juga terjadi pada beberapa titik yang lain. Tetapi pada sekitar jam 11.30 didapat perubahan yang cukup signifikan, arus yang dihasilkan bervariasi bisa mencapai 1 ampere, tetapi juga bisa mencapai lebih dari 5 ampere. Hal ini terjadi disamping variasi dari intensitas cahaya matahari yang masuk, hambatan seri pada waktu ini juga naik karena suhu yang meningkat. Selanjutnya didapat arus yang sedikit antara jam 12.30 hingga 1.30 dikarenakan ada awan tipis yang menutupi matahari, sehingga intensitas yang diterima berkurang, suhupun

menurun, sehingga arus yang dihasilkan cukup rendah berkisar 2 ampere dan cukup stabil. Perubahan yang cukup signifikan terjadi lagi setelah jam 1.30 hingga jam 3.30, yang terjadi karena hal yang sama pada jam 11.30, tetapi pada kondisi ini variasi arus yang dihasilkan lebih rendah yaitu dibawah 3 ampere hingga mencapai 0,1 ampere dikarenakan matahari sudah berubah posisi, lebih turun daripada sebelumnya. Setelah jam 4 didapat arus yang lebih stabil, tetapi didapati penurunan arus hingga mencapai nol diakhir percobaan

Hubungan antara intensitas cahaya dan arus yang dihasilkan



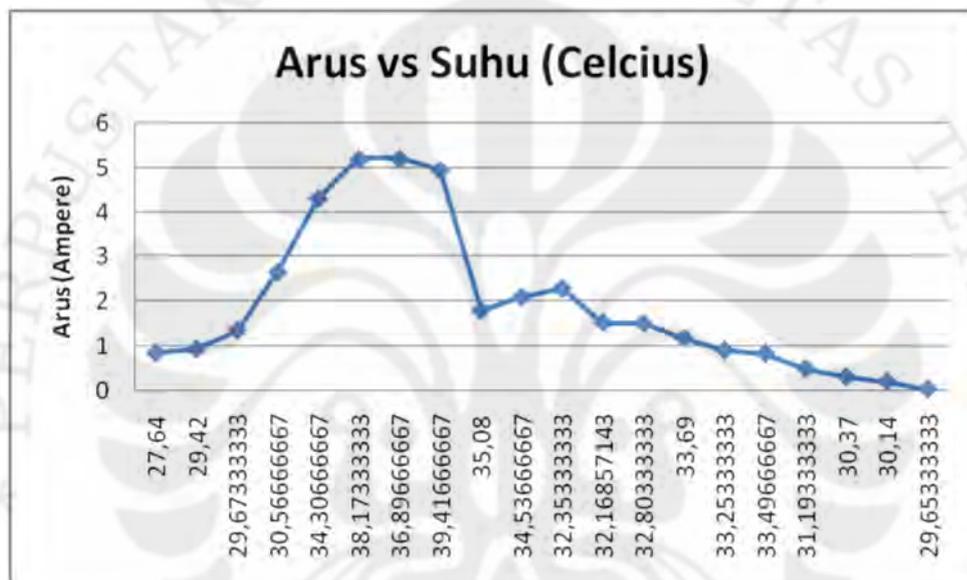
Gambar 4.10 Hubungan antara arus dan intensitas cahaya pada pengukuran rabu, 4 mei 2010

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara intensitas rata rata yang dihitung selama setengah menit, yang dihitung setiap setengah jam sekali dimulai dari jam 7.45, dan begitu juga arus yang ditampilkan, merupakan arus rata rata yang dihitung selama setengah menit. Dari grafik diatas tersebut dapat dilihat bahwa sebagian besar kenaikan intensitas cahaya matahari menghasilkan kenaikan pada arus yang dihasilkan. Walaupun ada penurunan intensitas yang tidak diikuti dengan penurunan arus, seperti pada intensitas rata rata sebesar 87.500 lux arus yang dihasilkan sebesar rata rata 5,195 ampere, tetapi beberapa jam berikutnya didapat intensitas rata rata sebesar 88.200 lux, yang harusnya menghasilkan arus lebih besar dari 5 ampere, tetapi kenyataannya arus rata rata yang dihasilkan hanya sebesar 1,8 ampere. Hal ini dapat terjadi karena pergerakan dari awan yang cepat, menyebabkan perubahan intensitas yang cepat pula, sehingga karena alat

yang digunakan untuk menghitung intensitas dan arus berbeda, hal ini dapat menyebabkan pengukuran yang tidak tepat. Dan semakin sore, dengan penurunan intensitas, arus yang dihasilkanpun turun. Dari sini dapat disimpulkan bahwa intensitas dan mempunyai hubungan yang linear, walaupun pada kondisi tertentu hubungan ini dapat menjadi tidak linear, seperti pada suhu yang tinggi, sehingga hambatan serinya tinggi pula. Dan bentuk intensitas dan arus dalam satu hari, dapat digambarkan seperti bentuk cosinus terbalik.

Hubungan antara arus dan temperatur

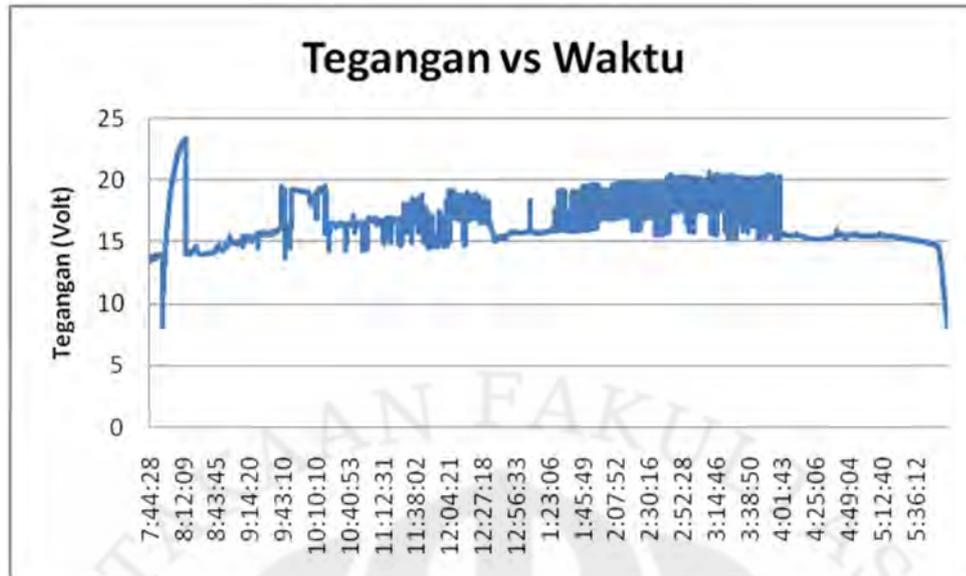
Hubungan antara arus dan temperatur dapat digambarkan pada grafik berikut :



Gambar 4.11 Grafik terhadap temperatur pada hari rabu, 4 mei 2010

Pada pagi hari kenaikan arus linear dengan kenaikan suhu. Tetapi pada siang hari, dimana terdapat pergerakan yang cepat, menyebabkan perubahan suhu dan intensitas menyebabkan hubungan antara suhu dan arus ini tidak linear. Tetapi pada sore hari didapat penurunan arus yang diikuti dengan penurunan suhu yang memiliki hubungan yang cukup linear.

#### 4.2.4 Analisa Tegangan Terhadap Suhu dan Intensitas Cahaya



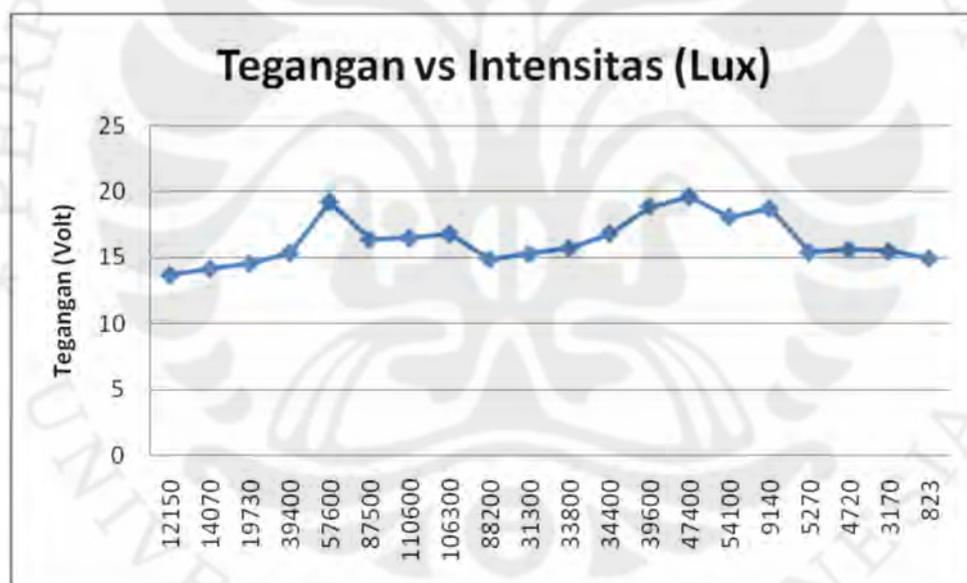
Gambar 4.12 Grafik tegangan terhadap waktu pada hari rabu, 4 mei 2010

Dari grafik diatas diatas menunjukkan perubahan tegangan yang terjadi selama satu hari pada hari rabu, 4 mei 2010. Diawal pengukuran, yaitu jam 7.45 didapat tegangan solar cell sekitar sebesar 13,6 V, sesuai dengan posisi dari matahari yang masih condong berada ditimur. Tetapi kemudian nilai tegangan ini juga naik sampai menjelang siang. Tetapi pada sekitar jam 7.56 hingga jam 8.14 terjadi keanehan. Pada jam 7.56 tegangan yang dihasilkan turun dari harga awal, yaitu mencapai 8 volt, perlahan lahan nilai tegangan ini naik hingga mencapai 23 volt pada jam 8.14, setelah itu kembali lagi ke nilai semula yaitu 14 volt. Padahal pada kondisi tersebut nilai arus yang dihasilkan hampir konstan begitu juga nilai suhu yang diukur, perubahannya tidak terlalu signifikan, tetapi sangat disayangkan pada waktu ini nilai intensitas tidak terukur jadi tidak bisa dianalisa dari intensitasnya. Pada jam 9.3 tegangan yang dihasilkan hampir mendekati nilai puncak yaitu sekitar 15,6 volt. Selanjutnya untuk beberapa waktu kemudian mulai didapatkan perubahan tegangan yang cukup signifikan. Nilai tegangan yang dihasilkan bisa mencapai 19,5 volt. Ini disebabkan konektor antara voltage regulator dan accumulator ada yang renggang, menyebabkan rangkaian menjadi tanpa beban atau open circuit, sehingga tegangan yang terukurpun adalah tegangan open circuit. dan pastinya bahwa tegangan open circuit lebih besar daripada tegangan dengan beban, makanya didapat nilai fluktuatif untuk beberapa waktu, hingga jam 10.16. Setelah itu nilai teganganpun konstan kembali, tetapi dikarenakan pada saat jam 10, mulai banyak pergerakan dari awan menyebabkan

perubahan suhu dan intensitas cahaya yang masuk menyebabkan perubahan tegangan yang dibangkitkan solar cell. Pada saat tertutup awan, untuk contoh pada saat jam 10.56, suhu mencapai 33 derajat celcius, tegangan dapat mencapai 14,3 volt dengan arus sebesar 1,5 ampere. Hal ini dapat terjadi pada siang hari dimana intensitas matahari yang diukur tinggi, tetapi terkadang karena pergerakan awan juga banyak, sehingga didapat fluktuatif nilai tegangan untuk beberapa waktu. Dari grafik diatas dapat dilihat nilai fluktuatif ini terjadi antara jam 11 hingga jam 4. Setelah waktu tersebut nilai tegangan mulai stabil, tetapi karena matahari condong berada dibarat, tegangan yang dihasilkanpun mulai turun, hingga pada jam 6 tegangan yang dihasilkan dapat mencapai 8 volt.

Hubungan intensitas cahaya dan tegangan

Hubungan antara tegangan dan intensitas cahaya juga ditunjukkan pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.13 Grafik tegangan dan intensitas cahaya pada hari rabu, 4 mei 2010 Grafik perubahan intensitas terhadap tegangan yang ditunjukkan diatas mempunyai bentuk yang hampir sama dengan grafik intensitas terhadap arus, hanya perubahan besar intensitas mempengaruhi sedikit tegangan yang dihasilkan, jadi tidak seperti arus yang berubah signifikan apabila intensitas yang diterima juga berubah signifikan. Dipagi hari intensitas dan tegangan hampir mempunyai hubungan yang linear, semakin tinggi intensitas yang diterima, semakin tinggi pula tegangan yang dibangkitkan. Hal ini pun terjadi pada sore hari, karena intensitas cahaya matahari berkurang, tegangan yang dibangkitkanpun berkurang.

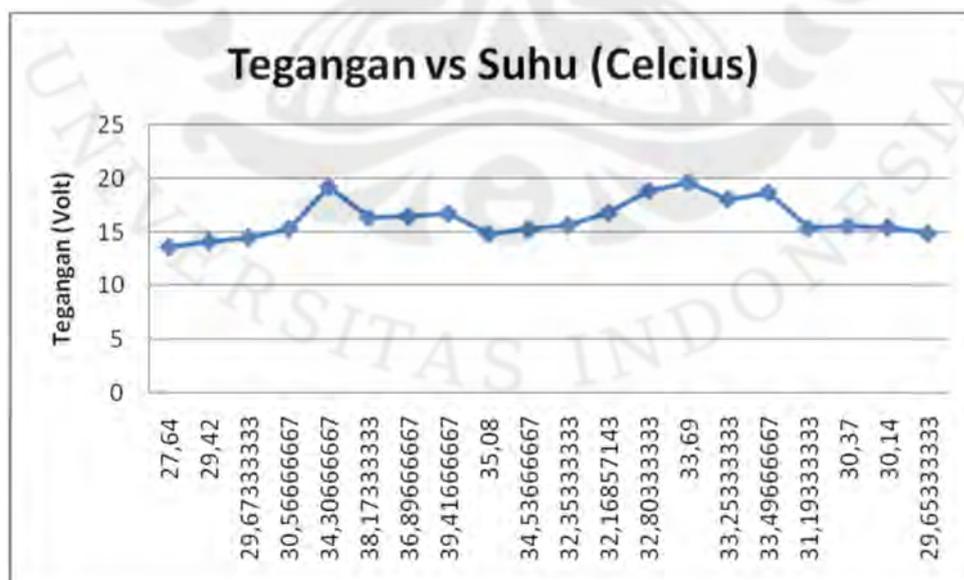
Universitas Indonesia

Tetapi pada siang hari hubungan ini tidak terlalu kelihatan, beberapa kondisi masih membuktikan bahwa kenaikan intensitas mempunyai efek kenaikan pada tegangan, tetapi beberapa kondisi lain ada juga yang menggambarkan penurunan intensitas tidak diikuti dengan penurunan nilai tegangan yang dibangkitkan.

Untuk contoh pada intensitas rata rata sebesar 88.200 lux menghasilkan tegangan rata rata sebesar 14,85 volt, sedangkan untuk intensitas setengah jam berikutnya intensitas rata rata yang terukur sebesar 31.300 lux menghasilkan tegangan sebesar 15,26 volt. Perlu diperhatikan bahwa intensitas cahaya matahari dan tegangan yang diperlihatkan adalah nilai rata rata yang diukur selama setengah menit. Pada kasus ini, kemungkinan dapat terjadi karena pada intensitas rata rata sebesar 88.200 lux, terjadi perubahan yang cukup signifikan dari intensitas cahaya yang diterima pada saat itu, intensitas maksimum dan minimum pada saat itu berturut turut masing masing sebesar 113.100 lux dan 20.600 lux. Ini sangat mungkin terjadi karena pergerakan awan yang menyebabkan perubahan intensitas dan suhu yang menyebabkan tegangan yang dihasilkanpun berubah ubah, dan ini merusak data yang didapat.

Hubungan antara tegangan dan temperatur

Hubungan antara tegangan dan temperatur dapat digambarkan pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.14 Tegangan terhadap suhu pada hari rabu, 4 mei 2010

Suhu dan intensitas adalah dua parameter yang saling berkaitan, biasanya kenaikan intensitas diikuti oleh kenaikan suhu. Dari grafik diatas dapat dilihat

**Universitas Indonesia**

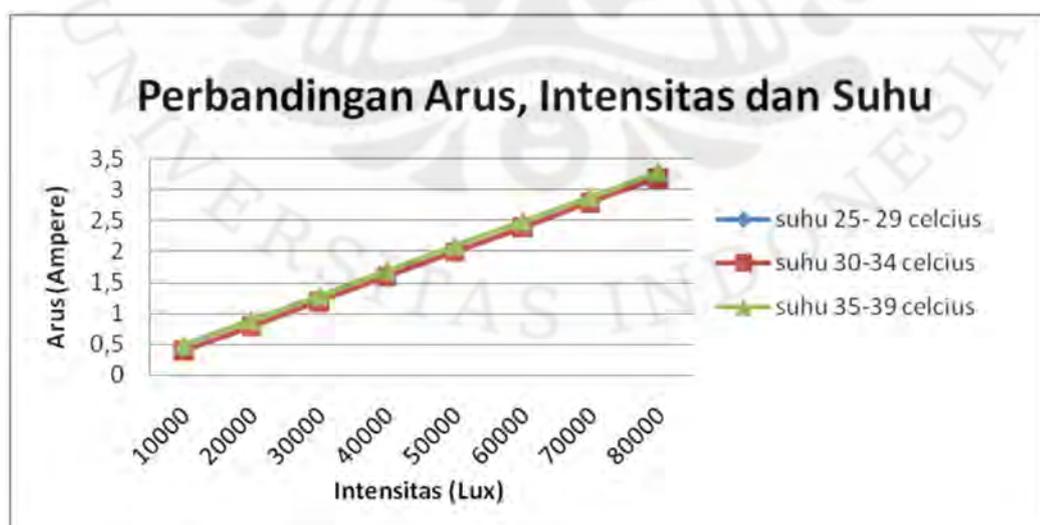
bahwa hubungan antara suhu dan tegangan memiliki hubungan yang mirip dengan hubungan antara intensitas dan tegangan. Pada pagi hari, kenaikan suhu diikuti oleh kenaikan tegangan, begitu juga pada sore hari, penurunan suhu diikuti oleh penurunan tegangan. Tetapi pada siang hari, beberapa titik menggambarkan hubungan yang tidak linear antara suhu dan tegangan. Hal ini dikarenakan selain karena perubahan awan yang menyebabkan ketidakakuratan dalam pengambilan data, sesuai teori bahwa suhu yang tinggi akan menurunkan nilai tegangan open circuit, sehingga tegangan yang terukur pun rendah.

### 4.3 Hubungan Suhu, Intensitas Cahaya, Arus dan Tegangan

#### 4.3.1 Hubungan Suhu, Intensitas Cahaya, Arus dan Tegangan pada Solar Cell 80 Wattpeak

Hubungan antara intensitas cahaya, suhu dan arus

Pada analisa berikut ini akan dijelaskan hubungan antara intensitas cahaya matahari yang masuk dengan arus yang dihasilkan dari beberapa kali pengukuran, dengan memisahkannya berdasarkan perbedaan suhu. Jadi dengan mengelompokkan kelas suhu, didapat perbedaan antara hubungan intensitas dan arus untuk satu suhu dengan suhu lainnya. Hubungan antara intensitas cahaya matahari dan arus yang dihasilkan untuk keseluruhan pengukuran dengan menggunakan solar cell 80 wattpeak dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.15 Grafik hubungan antara intensitas, suhu dan arus

Persamaan grafik untuk suhu 25-29 derajat celcius adalah  $y = 4E-05x - 0,003$  dengan nilai y adalah nilai arus dan x adalah nilai intensitas cahaya, dengan nilai

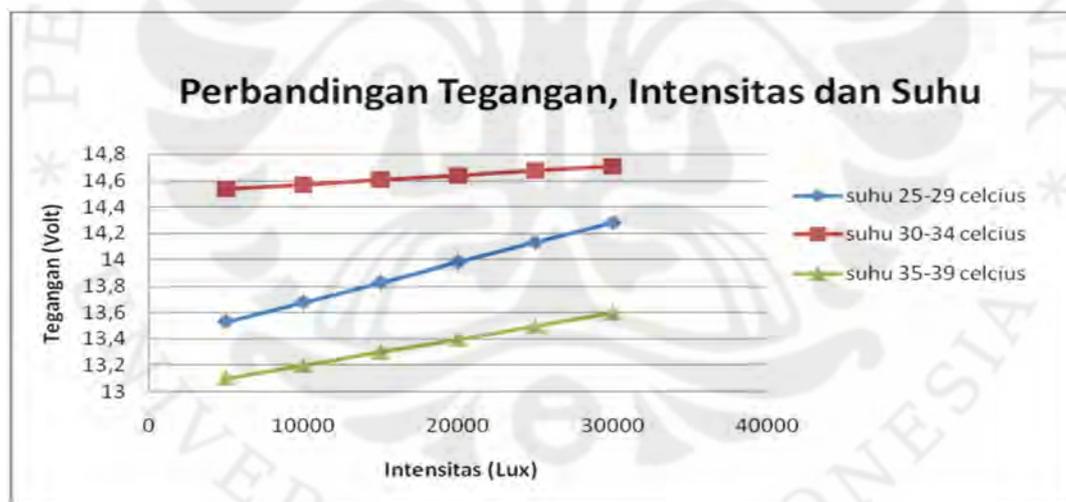
Universitas Indonesia

keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.892. Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 4E-05x - 0,002$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.985. Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 4E-05x + 0,092$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.952.

Pada grafik diatas kita dapat menyimpulkan bahwa yang pertama bertambahnya nilai intensitas cahaya matahari yang jatuh mengenai permukaan solar cell menyebabkan kenaikan arus yang dapat dihasilkan oleh solar cell. Yang kedua adalah hubungan antara suhu dan arus yang dihasilkan, bahwa semakin tinggi suhu pada permukaan cell akibat panas matahari, maka semakin tinggi pula nilai arus yang dihasilkan. Hasil ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa kenaikan intensitas dan suhu, akan mengakibatkan kenaikan arus yang dihasilkan.

Hubungan antara intensitas cahaya, suhu dan tegangan

Hubungan antara intensitas cahaya, suhu dan tegangan dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.16 Grafik hubungan antara intensitas, suhu dan tegangan

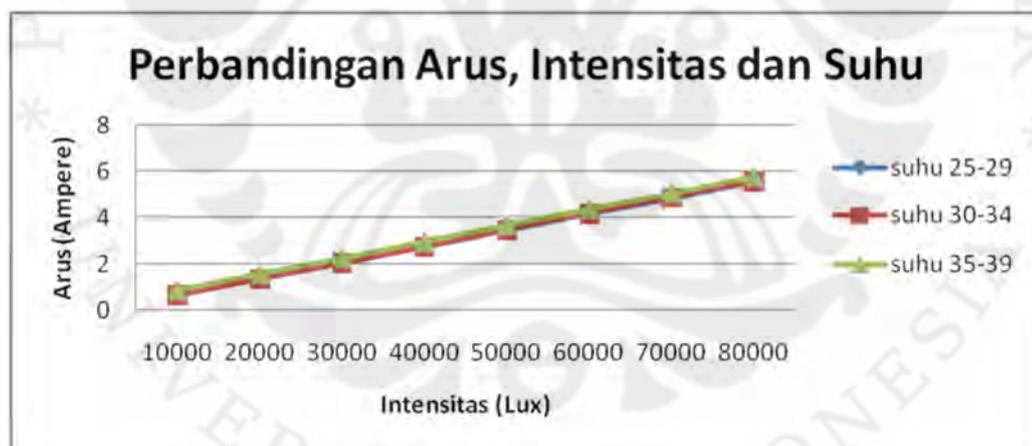
Persamaan grafik untuk suhu 25-29 derajat celcius adalah  $y = 3E-05x + 13,38$  dengan nilai y adalah nilai tegangan dan x adalah nilai intensitas cahaya, dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.986. Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 7E-06x + 14,50$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.962. Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 2E-05x + 13,00$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.816.

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa kenaikan intensitas cahaya matahari dengan suhu yang sama, akan mengakibatkan nilai tegangan yang dibangkitkan meningkat pula. Sedangkan kenaikan suhu (dibawah suhu 35 derajat celcius) untuk nilai intensitas cahaya yang sama, akan menyebabkan kenaikan nilai tegangan yang dibangkitkan, tetapi pada suhu yang cukup tinggi (pada kasus disini suhu 35-39 derajat celcius dianggap tinggi) dapat mengurangi nilai tegangan yang dibangkitkan. Hal ini sesuai teori bahwa kenaikan intensitas cahaya akan meningkatkan nilai tegangan yang dibangkitkan, sedangkan suhu akan meningkatkan nilai tegangan pada suhu rendah, tetapi pada suhu yang cukup tinggi justru membuat nilai tegangan yang dibangkitkan berkurang.

#### 4.3.2 Hubungan Suhu, Intensitas Cahaya, Arus dan Tegangan pada Solar Cell 130 Wattpeak

Hubungan antara intensitas cahaya, suhu dan arus

Hubungan antara intensitas cahaya, suhu dan arus dapat dilihat pada grafik berikut ini :



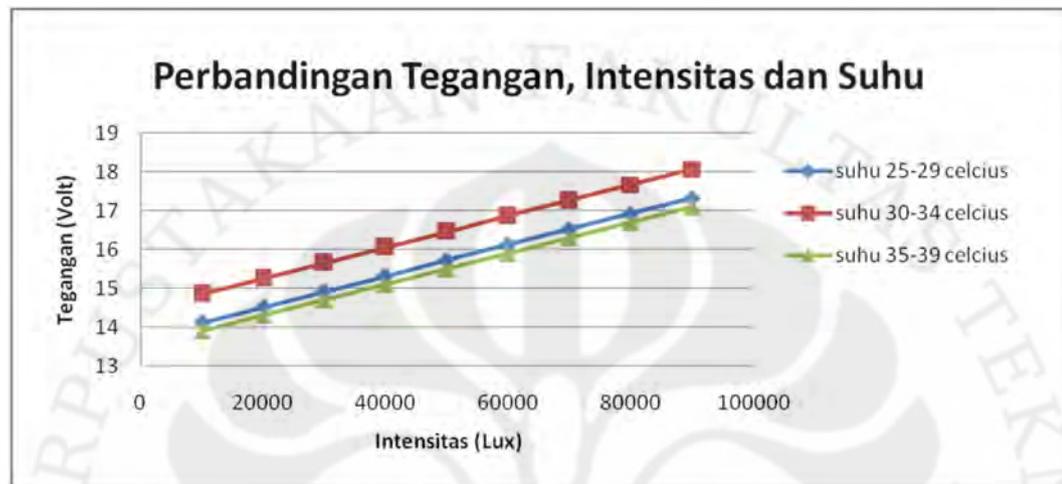
Gambar 4.17 Grafik hubungan antara intensitas, suhu dan arus

Persamaan grafik untuk suhu 25-29 derajat celcius adalah  $y = 7E-05x - 0,039$  dengan nilai  $y$  adalah nilai arus dan  $x$  adalah nilai intensitas cahaya, dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.985. Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 7E-05x - 0,027$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.989. Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 7E-05x + 0,168$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.933.

Hasil yang didapat diatas hampir sama dengan hasil yang didapatkan pada pengukuran menggunakan solar cell 80 wattpeak, dimana baik kenaikan intensitas cahaya maupun suhu dapat meningkatkan nilai arus yang dihasilkan.

Hubungan antara intensitas cahaya, suhu dan tegangan

Hubungan antara intensitas cahaya, suhu dan tegangan dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.18 Grafik hubungan antara intensitas, suhu dan tegangan

Persamaan grafik untuk suhu 25-29 derajat celcius adalah  $y = 4E-05x + 13,72$  dengan nilai  $y$  adalah nilai tegangan dan  $x$  adalah nilai intensitas cahaya, dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.837. Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 4E-05x + 14,46$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.962. Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 4E-05x + 13,50$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.996.

Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil yang sama didapatkan pada pengukuran dengan menggunakan solar cell dengan daya 130 wattpeak. Dimana hubungan antara suhu dan tegangan, dapat dilihat bahwa pada suhu 25-34 derajat celcius kenaikan suhu menyebabkan kenaikan dari nilai tegangan yang dibangkitkan, tetapi pada suhu 35-39 derajat celcius, tegangan yang dibangkitkan justru menjadi turun. Sedangkan untuk hubungan antara intensitas cahaya yang masuk dan tegangan dapat digambarkan bahwa kenaikan intensitas cahaya dapat meningkatkan nilai tegangan yang dibangkitkan.

#### 4.4 Efisiensi

Efisiensi adalah perbandingan antara keluaran dan masukan. Efisiensi disini bukan dimaksudkan efisiensi dari solar cell, tetapi dalam hal ini efisiensi yang diukur adalah efisiensi antara energi yang disuplai oleh solar cell dan energi akhir yang disuplai baterai ke beban. Jadi dapat disimpulkan terdapat beberapa rugi daya yang terjadi, seperti pada kabel-kabel penghubung antara solar cell ke solar charge controller / voltage regulator, rugi pada voltage regulator sendiri, kabel penghubung antara solar charge controller ke baterai dan kabel penghubung dari baterai ke beban, dan terakhir rugi yang terjadi pada penyimpanan energi dalam baterai sendiri.

Dari beberapa percobaan yang dilakukan, pada solar cell dengan kapasitas 80 wattpeak dapat mengubah tegangan aki sekitar 0.8 V, sedangkan untuk solar cell dengan kapasitas 130 wattpeak dapat mengubah tegangan aki sebesar 0.9 V. Saat charging didapat energi rata-rata dari beberapa kali pengukuran sebesar 315,3067 Watt hours. Untuk kondisi discharge, referensi beban yang digunakan adalah kawat nikelin dengan nilai resistansi sebesar 0.7 ohm. Dari pengukuran didapat daya rata-rata sebesar 160,0129 Watt hour. Sehingga didapat efisiensi keluaran solar cell terhadap keluaran dari baterai ke beban sebesar 50,75%.

## BAB 5

### KESIMPULAN

1. Suhu solar cell berubah ubah setiap waktu, umumnya suhu pada pagi dan sore hari rendah, suhu maksimal untuk pagi hari (sebelum jam 8) adalah 29 derajat celcius sedangkan sore hari (setelah jam 5) sebesar 34,4 derajat celcius, dan mencapai puncaknya pada siang hari dengan suhu maksimal sebesar 53,9 derajat celcius (9:49:34 AM)
2. Intensitas cahaya yang masuk ke solar cell berubah ubah setiap waktu, umumnya intensitas cahaya pada pagi dan sore hari rendah, intensitas cahaya maksimal untuk pagi hari (sebelum jam 8) adalah 12240 lux sedangkan sore hari (setelah jam 5) sebesar 7940 lux, dan mencapai puncaknya pada siang hari dengan intensitas cahaya maksimal sebesar 123.200 lux (12:01:00 PM)
3. Pada kondisi berawan arus yang dihasilkan dapat kurang dari 1 Ampere, sedangkan pada kondisi hujan arus yang dihasilkan dapat kurang dari 0,5 Ampere
4. Dalam satu hari solar cell dengan 80 wattpeak dapat meningkatkan tegangan aki 35 Ah sebesar 0,8 volt sedangkan solar cell dengan 130 wattpeak dapat meningkatkan tegangan aki 35 Ah sebesar 0,9 volt
5. Kenaikan intensitas cahaya dan suhu dapat meningkatkan arus yang dihasilkan. Pada solar cell dengan kapasitas 80 wattpeak, untuk suhu 25-29 derajat celcius persamaannya adalah  $y = 4E-05x - 0,003$ , dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.892. Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 4E-05x - 0,002$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.985. Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 4E-05x + 0,092$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.952. Sedangkan untuk solar cell dengan kapasitas 130 wattpeak, untuk suhu 25-29 derajat celcius adalah  $y = 7E-05x - 0,039$ , dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.985. Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 7E-05x - 0,027$  dengan nilai keakuratan

garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.989. Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 7E-05x + 0,168$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.933, dengan nilai  $y$  adalah nilai arus dan  $x$  adalah nilai intensitas cahaya.

6. Kenaikan intensitas cahaya dapat meningkatkan tegangan yang dibangkitkan. sedangkan hubungan antara tegangan dan suhu, pada suhu dibawah 35 derajat celcius, kenaikan suhu dapat meningkatkan tegangan yang dibangkitkan, tetapi pada suhu diatas 35 derajat celcius kenaikan suhu dapat menurunkan tegangan yang dibangkitkan. Pada solar cell dengan kapasitas 80 wattpeak, untuk suhu 25-29 derajat celcius adalah  $y = 3E-05x + 13,38$ , dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.986. Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 7E-06x + 14,50$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.962. Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 2E-05x + 13,00$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.816. sedangkan untuk solar cell dengan kapasitas 130 wattpeak, untuk suhu 25-29 derajat celcius adalah  $y = 4E-05x + 13,72$ , dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.837. Untuk suhu 30-34 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 4E-05x + 14,46$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.962. Sedangkan untuk suhu 35-39 derajat celcius, persamaan garisnya adalah  $y = 4E-05x + 13,50$  dengan nilai keakuratan garis / kehandalan perkiraan sebesar 0.996, dengan nilai  $y$  adalah nilai tegangan dan  $x$  adalah nilai intensitas cahaya.
7. Energi keluaran solar cell rata rata (kapasitas 130 wattpeak) yang masuk ke baterai adalah sebesar 315,3067 watthour, sedangkan energi keluaran dari baterai ke beban adalah sebesar 160,0129 watthours, jadi didapatkan nilai efisiensi sistem sebesar 50,75%, dengan sistem terdiri dari baterai, solar charge controller beserta kabel penghubungnya.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Christiana Honsberg & Stuart Bowden, "Photovoltaic: Devices, Systems, and Application PVCDROM Beta of the 2nd Edition"
- [2] McMahon, T.J., & Von Roedern, B. (1997). *Effect of Light Intensity on Current Collection in Thin-Film Solar Cells*. California: Midwest Research Institute
- [3] Tuantong, T., Choosiri, N., & Kongrat, P. *Effect of Physical Properties on the Efficiency of the Single Crystal Silicon Solar Cells*. Thailand: Thaksin University.
- [4] *solar cell*. May 29, 2010. [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell).
- [5] *Battery and energy Technologies*. 2005. <http://www.mpoweruk.com/index.htm>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Christiana Honsberg & Stuart Bowden, “Photovoltaic: Devices, Systems, and Application PVCDROM Beta of the 2nd Edition“
- McMahon, T.J., & Von Roedern, B. (1997). *Effect of Light Intensity on Current Collection in Thin-Film Solar Cells*. California: Midwest Research Institute
- Tuantong, T., Choosiri, N., & Kongrat, P. *Effect of Physical Properties on the Efficiency of the Single Crystal Silicon Solar Cells*. Thailand: Thaksin University.
- *solar cell*. May 29, 2010. [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell).
- *Battery and energy Technologies*. 2005. <http://www.mpoweruk.com/index.htm>.
- Setiawan, Agus. (2009). “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pedal Sebagai Sumber Listrik Alternatif Untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik Rumah Tangga Di Daerah Pedesaan”. Depok: Universitas Indonesia

## LAMPIRAN

### 1. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 20 april

waktu	arus	waktu	arus	waktu	arus
8:17:00 PM	0.291	11:32:00 PM	1.354364	2:47:00 AM	0.600734
8:22:00 PM	0.302184	11:37:00 PM	4.00977	2:52:00 AM	0.572587
8:27:00 PM	0.080646	11:42:00 PM	2.848633	2:57:00 AM	0.600721
8:32:00 PM	0.315237	11:47:00 PM	2.442145	3:02:00 AM	0.585907
8:37:00 PM	0.701115	11:52:00 PM	3.899865	3:07:00 AM	0.569993
8:42:00 PM	2.36334	11:57:00 PM	3.589723	3:12:00 AM	0.547314
8:47:00 PM	2.70824	12:02:00 AM	3.596544	3:17:00 AM	0.594518
8:52:00 PM	2.753922	12:07:00 AM	2.628821	3:22:00 AM	0.601366
8:57:00 PM	2.909788	12:12:00 AM	2.620089	3:27:00 AM	0.652672
9:02:00 PM	2.924792	12:17:00 AM	2.644689	3:32:00 AM	0.569343
9:07:00 PM	2.966355	12:22:00 AM	2.360732	3:37:00 AM	0.605734
9:12:00 PM	3.068632	12:27:00 AM	1.692157	3:42:00 AM	0.430575
9:17:00 PM	3.158296	12:32:00 AM	2.015378	3:47:00 AM	0.290359
9:22:00 PM	3.2491	12:37:00 AM	1.801368	3:52:00 AM	0.311093
9:27:00 PM	3.23729	12:42:00 AM	1.349221	3:57:00 AM	0.361895
9:32:00 PM	3.316012	12:47:00 AM	1.02877	4:02:00 AM	0.378569
9:37:00 PM	3.309934	12:52:00 AM	1.378772	4:07:00 AM	0.361948
9:42:00 PM	3.296894	12:57:00 AM	1.173919	4:12:00 AM	0.34693
9:47:00 PM	3.332428	1:02:00 AM	1.235742	4:17:00 AM	0.320914
9:52:00 PM	3.394974	1:07:00 AM	1.203796	4:22:00 AM	0.310933
9:57:00 PM	3.33858	1:12:00 AM	0.916055	4:27:00 AM	0.358403
10:02:00 PM	3.4065	1:17:00 AM	1.210324	4:32:00 AM	0.401911
10:07:00 PM	3.407474	1:22:00 AM	1.030818	4:37:00 AM	0.423333
10:12:00 PM	3.550693	1:27:00 AM	1.088235	4:42:00 AM	0.40274
10:17:00 PM	3.655802	1:32:00 AM	0.684622	4:47:00 AM	0.361242
10:22:00 PM	3.670973	1:37:00 AM	0.777163	4:52:00 AM	0.329781
10:27:00 PM	3.666723	1:42:00 AM	1.063177	4:57:00 AM	0.307639
10:32:00 PM	3.733355	1:47:00 AM	0.977299	5:02:00 AM	0.30424
10:37:00 PM	3.751813	1:52:00 AM	0.916106	5:07:00 AM	0.292318
10:42:00 PM	3.660972	1:57:00 AM	0.790432	5:12:00 AM	0.279245
10:47:00 PM	3.812232	2:02:00 AM	0.722944	5:17:00 AM	0.256872
10:52:00 PM	1.556518	2:07:00 AM	0.770356	5:22:00 AM	0.228765
10:57:00 PM	3.247277	2:12:00 AM	0.809046	5:27:00 AM	0.184667
11:02:00 PM	1.970896	2:17:00 AM	0.812051	5:32:00 AM	0.143953
11:07:00 PM	3.036317	2:22:00 AM	0.803986	5:37:00 AM	0.1185

11:12:00 PM	2.604024	2:27:00 AM	0.748959	5:42:00 AM	0.1076
11:17:00 PM	3.542298	2:32:00 AM	0.720597	5:47:00 AM	0.095375
11:22:00 PM	2.643566	2:37:00 AM	0.637169	5:52:00 AM	0.085286
11:27:00 PM	2.353874	2:42:00 AM	0.594534	5:57:00 AM	0.054634

## 2. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 21 april

waktu	arus	waktu	arus	waktu	arus
8:10:00 AM	0.238468	11:10:00 AM	3.673133	2:10:00 PM	0.198
8:15:00 AM	0.381292	11:15:00 AM	3.715094	2:15:00 PM	0.151
8:20:00 AM	0.449909	11:20:00 AM	3.814086	2:25:00 PM	0.080733
8:25:00 AM	0.468088	11:25:00 AM	1.486376	2:30:00 PM	0.070682
8:30:00 AM	0.525584	11:30:00 AM	3.473593	2:35:00 PM	0.0734
8:35:00 AM	0.746302	11:35:00 AM	2.107652	2:40:00 PM	0.113706
8:40:00 AM	1.474969	11:40:00 AM	2.64354	2:45:00 PM	0.056442
8:45:00 AM	1.742682	11:45:00 AM	1.730074	2:50:00 PM	0.032094
8:50:00 AM	1.700985	11:50:00 AM	3.627951	2:55:00 PM	0.029063
8:55:00 AM	2.327333	11:55:00 AM	3.454734	3:00:00 PM	0.017
9:00:00 AM	2.4069	12:00:00 PM	3.224965	3:05:00 PM	0.044
9:05:00 AM	2.456947	12:05:00 PM	2.520177	3:10:00 PM	0.0685
9:10:00 AM	2.622124	12:10:00 PM	2.292781	3:15:00 PM	0.073684
9:15:00 AM	2.368802	12:15:00 PM	2.468902	3:20:00 PM	0.07136
9:20:00 AM	2.94895	12:20:00 PM	2.281835	3:25:00 PM	0.058185
9:25:00 AM	3.015069	12:25:00 PM	2.883171	3:30:00 PM	0.055
9:30:00 AM	3.222192	12:30:00 PM	2.991779	3:35:00 PM	0.081
9:35:00 AM	3.245321	12:35:00 PM	3.056053	3:40:00 PM	0.10972
9:40:00 AM	3.308758	12:40:00 PM	2.879616	3:45:00 PM	0.11
9:45:00 AM	3.379769	12:45:00 PM	2.691708	4:30:00 PM	0.1188
9:50:00 AM	3.400503	12:50:00 PM	1.162029	4:35:00 PM	0.125774
9:55:00 AM	3.372812	12:55:00 PM	1.391057	4:40:00 PM	0.143109
10:00:00 AM	3.400037	1:00:00 PM	3.040271	4:45:00 PM	0.18395
10:05:00 AM	3.391147	1:05:00 PM	1.19008	4:50:00 PM	0.207
10:10:00 AM	3.092543	1:10:00 PM	1.395473	4:55:00 PM	0.221061
10:15:00 AM	3.688236	1:15:00 PM	0.603066	5:00:00 PM	0.255333
10:20:00 AM	3.683814	1:20:00 PM	0.400549	5:05:00 PM	0.262762
10:25:00 AM	3.64225	1:25:00 PM	0.37362	5:10:00 PM	0.24628
10:30:00 AM	3.473593	1:30:00 PM	0.284336	5:15:00 PM	0.216662
10:35:00 AM	2.586216	1:35:00 PM	0.204702	5:20:00 PM	0.183083
10:40:00 AM	3.444874	1:40:00 PM	0.152148	5:25:00 PM	0.153722
10:45:00 AM	3.142308	1:45:00 PM	0.136833	5:30:00 PM	0.1265
10:50:00 AM	3.37889	1:50:00 PM	0.133438	5:35:00 PM	0.099654
10:55:00 AM	2.886286	1:55:00 PM	0.230275	5:40:00 PM	0.087

11:00:00 AM	1.995094	2:00:00 PM	0.313536	5:45:00 PM	0.083436
11:05:00 AM	2.678755	2:05:00 PM	0.29198	5:50:00 PM	0.027
				5:55:00 PM	0.006

### 3. Data arus pencatatan solar cell ke accumulator 27 april

waktu	arus	waktu	arus	waktu	arus
7:47:00 AM	0.048	11:07:00 AM	2.548379	2:32:00 PM	0.953383
7:52:00 AM	0.435067	11:12:00 AM	2.537339	2:37:00 PM	0.928456
7:57:00 AM	0.457956	11:17:00 AM	2.413417	2:42:00 PM	0.856075
8:02:00 AM	0.537711	11:22:00 AM	2.379869	2:47:00 PM	0.97526
8:07:00 AM	0.540194	11:27:00 AM	2.450852	2:52:00 PM	0.964348
8:12:00 AM	0.55502	11:32:00 AM	2.405838	2:57:00 PM	0.916058
8:17:00 AM	0.649421	11:37:00 AM	2.333386	3:02:00 PM	0.891134
8:22:00 AM	0.677504	11:42:00 AM	2.321619	3:07:00 PM	0.813238
8:27:00 AM	0.693372	11:47:00 AM	2.264627	3:12:00 PM	0.829011
8:32:00 AM	0.750273	11:52:00 AM	2.217335	3:17:00 PM	0.83704
8:37:00 AM	1.066654	11:57:00 AM	2.233275	3:22:00 PM	0.805815
8:42:00 AM	2.368869	12:02:00 PM	2.234619	3:27:00 PM	0.869028
8:47:00 AM	3.975566	12:07:00 PM	2.085502	3:32:00 PM	0.903102
8:52:00 AM	4.047996	12:12:00 PM	1.925187	3:37:00 PM	0.856698
8:57:00 AM	4.095834	12:17:00 PM	1.911647	3:42:00 PM	0.906653
9:02:00 AM	4.138461	12:27:00 PM	1.671759	3:47:00 PM	0.847616
9:07:00 AM	4.262237	12:32:00 PM	1.769144	3:52:00 PM	0.829108
9:12:00 AM	4.290778	12:37:00 PM	1.799347	3:57:00 PM	0.915037
9:17:00 AM	4.351108	12:42:00 PM	1.77756	4:02:00 PM	0.826585
9:22:00 AM	4.489647	12:47:00 PM	1.679199	4:07:00 PM	0.748808
9:27:00 AM	4.544093	12:52:00 PM	1.68815	4:12:00 PM	0.617698
9:32:00 AM	4.540455	12:57:00 PM	1.54714	4:17:00 PM	0.583008
9:37:00 AM	4.552925	1:02:00 PM	1.494191	4:22:00 PM	0.734031
9:42:00 AM	4.556706	1:07:00 PM	1.462679	4:27:00 PM	0.764035
9:47:00 AM	4.504614	1:12:00 PM	1.534541	4:32:00 PM	0.685497
9:52:00 AM	4.459044	1:17:00 PM	1.458287	4:37:00 PM	0.626667
9:57:00 AM	4.442167	1:22:00 PM	1.303878	4:42:00 PM	0.535171
10:02:00 AM	4.523314	1:27:00 PM	1.29636	4:47:00 PM	0.463821
10:07:00 AM	4.590481	1:32:00 PM	1.274591	4:52:00 PM	0.414434
10:12:00 AM	4.538937	1:37:00 PM	1.289121	4:57:00 PM	0.346528
10:17:00 AM	4.660822	1:42:00 PM	1.265298	5:02:00 PM	0.294375
10:22:00 AM	4.142906	1:47:00 PM	1.147959	5:07:00 PM	0.216934
10:27:00 AM	3.395629	1:52:00 PM	1.129172	5:12:00 PM	0.1295
10:32:00 AM	2.835466	1:57:00 PM	1.008379	5:17:00 PM	0.083034
10:37:00 AM	2.697917	2:02:00 PM	1.012826	5:22:00 PM	0.055288

10:42:00 AM	2.78763	2:07:00 PM	0.935813	5:27:00 PM	0.039774
10:47:00 AM	2.745359	2:12:00 PM	0.96403	5:32:00 PM	0.020316
10:52:00 AM	2.610369	2:17:00 PM	0.952516	5:37:00 PM	0.01875
10:57:00 AM	2.566287	2:22:00 PM	0.989241	5:42:00 PM	0.013636
11:02:00 AM	2.58161	2:27:00 PM	0.944224	5:47:00 PM	0.02075
				5:52:00 PM	0.008591

#### 4. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 28 april

waktu	arus	waktu	arus	waktu	arus
8:05:00 AM	0.777444	11:20:00 AM	2.488021	2:40:00 PM	1.352209
8:10:00 AM	0.755126	11:25:00 AM	2.49388	2:45:00 PM	1.24931
8:15:00 AM	0.757808	11:30:00 AM	2.411024	2:50:00 PM	1.092096
8:20:00 AM	0.872203	11:35:00 AM	2.360007	2:55:00 PM	1.205134
8:25:00 AM	0.9364	11:40:00 AM	1.651244	3:00:00 PM	1.073352
8:30:00 AM	0.96747	11:45:00 AM	2.045811	3:05:00 PM	1.010274
8:35:00 AM	1.211748	11:50:00 AM	2.03407	3:10:00 PM	1.119776
8:40:00 AM	2.24959	11:55:00 AM	2.544897	3:15:00 PM	1.099114
8:45:00 AM	4.296097	12:00:00 PM	2.325816	3:20:00 PM	0.985024
8:50:00 AM	4.538546	12:05:00 PM	2.138544	3:25:00 PM	0.722247
8:55:00 AM	4.589233	12:10:00 PM	1.64974	3:30:00 PM	0.673293
9:00:00 AM	4.686215	12:15:00 PM	1.654292	3:35:00 PM	0.747036
9:05:00 AM	4.645118	12:20:00 PM	1.940798	3:40:00 PM	0.711187
9:10:00 AM	4.717726	12:25:00 PM	1.938922	3:45:00 PM	0.710295
9:15:00 AM	4.792239	12:30:00 PM	1.830617	3:50:00 PM	0.812488
9:20:00 AM	4.871803	12:35:00 PM	1.7224	3:55:00 PM	0.686519
9:25:00 AM	4.940707	12:40:00 PM	1.530899	4:00:00 PM	0.714667
9:30:00 AM	4.930309	12:45:00 PM	1.455356	4:05:00 PM	0.697418
9:35:00 AM	4.920577	12:50:00 PM	1.376612	4:10:00 PM	0.711172
9:40:00 AM	5.021144	12:55:00 PM	1.262629	4:15:00 PM	0.722019
9:45:00 AM	4.910708	1:00:00 PM	1.132129	4:20:00 PM	0.665367
9:50:00 AM	4.843493	1:05:00 PM	1.2655	4:25:00 PM	0.691629
9:55:00 AM	4.994891	1:10:00 PM	1.085241	4:30:00 PM	0.6969
10:00:00 AM	4.838215	1:15:00 PM	1.00137	4:35:00 PM	0.635941
10:05:00 AM	4.754698	1:20:00 PM	1.196591	4:40:00 PM	0.531224
10:10:00 AM	4.933297	1:25:00 PM	1.304695	4:45:00 PM	0.461628
10:15:00 AM	4.619752	1:30:00 PM	1.181608	4:50:00 PM	0.475618
10:20:00 AM	3.959	1:35:00 PM	1.323995	4:55:00 PM	0.464864
10:25:00 AM	4.914725	1:40:00 PM	1.1	5:00:00 PM	0.468855
10:30:00 AM	4.761669	1:45:00 PM	0.985518	5:05:00 PM	0.4842
10:35:00 AM	4.797055	1:50:00 PM	1.122213	5:10:00 PM	0.455758
10:40:00 AM	4.777233	1:55:00 PM	1.13333	5:15:00 PM	0.39636
10:45:00 AM	4.644401	2:00:00 PM	1.329367	5:20:00 PM	0.377675

Universitas Indonesia

10:50:00 AM	4.622189	2:05:00 PM	1.359041	5:25:00 PM	0.299
10:55:00 AM	4.534438	2:10:00 PM	0.857063	5:30:00 PM	0.221216
11:00:00 AM	3.841628	2:15:00 PM	0.965144	5:35:00 PM	0.200609
11:05:00 AM	3.127304	2:20:00 PM	0.694102	5:40:00 PM	0.1385
11:10:00 AM	2.708505	2:25:00 PM	0.924754	5:45:00 PM	0.078
11:15:00 AM	2.560154	2:30:00 PM	1.58705	5:50:00 PM	0.039122
		2:35:00 PM	1.302504	5:55:00 PM	0.01

##### 5. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 3 mei

waktu	arus	waktu	arus	waktu	arus
7:58:00 AM	0.508906	11:18:00 AM	3.953326	2:33:00 PM	0.986078
8:08:00 AM	0.525	11:23:00 AM	3.636502	2:38:00 PM	0.926259
8:13:00 AM	0.65563	11:28:00 AM	3.514295	2:43:00 PM	0.910663
8:18:00 AM	0.792143	11:33:00 AM	3.829371	2:48:00 PM	0.842833
8:23:00 AM	0.839893	11:38:00 AM	3.548413	2:53:00 PM	0.836539
8:28:00 AM	0.845467	11:43:00 AM	3.252452	2:58:00 PM	0.845565
8:33:00 AM	0.937	11:48:00 AM	2.902911	3:03:00 PM	0.849751
8:38:00 AM	2.08771	11:53:00 AM	2.698809	3:08:00 PM	0.869712
8:43:00 AM	3.500276	11:58:00 AM	2.314333	3:13:00 PM	0.816841
8:48:00 AM	3.764533	12:03:00 PM	2.079462	3:18:00 PM	0.842578
8:53:00 AM	3.851433	12:08:00 PM	1.979562	3:23:00 PM	0.850317
8:58:00 AM	3.967967	12:13:00 PM	1.903668	3:28:00 PM	0.899797
9:03:00 AM	3.889467	12:18:00 PM	1.724887	3:33:00 PM	0.775241
9:08:00 AM	4.027167	12:23:00 PM	1.642801	3:38:00 PM	0.825668
9:13:00 AM	4.166567	12:28:00 PM	1.759778	3:43:00 PM	0.792959
9:18:00 AM	4.2344	12:33:00 PM	1.697387	3:48:00 PM	0.765336
9:23:00 AM	4.345828	12:38:00 PM	1.527342	3:53:00 PM	0.774925
9:28:00 AM	4.390024	12:43:00 PM	1.548075	3:58:00 PM	0.852184
9:33:00 AM	4.345151	12:48:00 PM	1.291754	4:03:00 PM	0.768093
9:38:00 AM	4.372597	12:53:00 PM	1.175468	4:08:00 PM	0.706594
9:43:00 AM	4.334527	12:58:00 PM	1.317486	4:13:00 PM	0.569042
9:48:00 AM	4.389225	1:03:00 PM	1.108037	4:18:00 PM	0.552078
9:53:00 AM	4.370667	1:08:00 PM	1.177294	4:23:00 PM	0.70394
9:58:00 AM	4.393114	1:13:00 PM	1.135086	4:28:00 PM	0.598939
10:03:00 AM	4.428418	1:18:00 PM	1.066559	4:33:00 PM	0.247237
10:08:00 AM	4.434194	1:23:00 PM	0.992382	4:38:00 PM	0.207648
10:13:00 AM	4.525215	1:28:00 PM	1.00034	4:43:00 PM	0.152463
10:18:00 AM	4.584982	1:33:00 PM	1.314401	4:48:00 PM	0.083194
10:23:00 AM	4.546455	1:38:00 PM	1.191714	4:53:00 PM	0.087186
10:28:00 AM	4.51564	1:43:00 PM	1.138664	4:58:00 PM	0.141111
10:33:00 AM	4.432962	1:48:00 PM	1.025603	5:03:00 PM	0.100409
10:38:00 AM	4.495516	1:53:00 PM	1.043647	5:08:00 PM	0.085625

Universitas Indonesia

10:43:00 AM	4.043249	1:58:00 PM	1.053243	5:13:00 PM	0.071038
10:48:00 AM	4.348473	2:03:00 PM	0.905644	5:18:00 PM	0.059818
10:53:00 AM	4.504359	2:08:00 PM	1.1416	5:23:00 PM	0.0515
10:58:00 AM	3.578567	2:13:00 PM	1.012525	5:28:00 PM	0.04435
11:03:00 AM	4.245791	2:18:00 PM	1.089548	5:33:00 PM	0.034625
11:08:00 AM	4.252422	2:23:00 PM	0.933614	5:38:00 PM	0.022
11:13:00 AM	4.125216	2:28:00 PM	1.089589	5:43:00 PM	0.0075

6. Data arus pencatuan solar cell ke accumulator 4 april

waktu	arus	waktu	arus	waktu	arus
7:44:00 AM	0.861722	11:04:00 AM	5.066744	2:29:00 PM	0.985944
7:49:00 AM	0.910256	11:09:00 AM	4.409483	2:34:00 PM	1.074323
7:54:00 AM	0.953934	11:14:00 AM	4.780459	2:39:00 PM	1.018855
7:59:00 AM	0.98216	11:19:00 AM	5.099822	2:44:00 PM	1.163114
8:04:00 AM	1.026828	11:24:00 AM	3.911892	2:49:00 PM	1.259682
8:09:00 AM	1.026417	11:29:00 AM	4.944808	2:54:00 PM	1.108211
8:14:00 AM	1.014417	11:34:00 AM	4.550651	2:59:00 PM	1.271218
8:19:00 AM	1.169729	11:39:00 AM	4.536678	3:04:00 PM	1.334911
8:24:00 AM	1.058265	11:44:00 AM	3.148349	3:09:00 PM	1.01082
8:29:00 AM	1.005767	11:49:00 AM	2.985993	3:14:00 PM	1.324405
8:34:00 AM	1.084154	11:54:00 AM	4.056204	3:19:00 PM	1.376205
8:39:00 AM	1.205435	11:59:00 AM	3.805241	3:24:00 PM	0.902158
8:44:00 AM	1.375293	12:04:00 PM	4.2936	3:29:00 PM	0.90407
8:49:00 AM	1.319742	12:09:00 PM	4.353397	3:34:00 PM	0.977642
8:54:00 AM	1.56456	12:14:00 PM	3.373969	3:39:00 PM	0.954799
8:59:00 AM	1.790983	12:19:00 PM	3.930873	3:44:00 PM	0.7326
9:04:00 AM	1.708312	12:24:00 PM	4.111941	3:49:00 PM	0.686195
9:09:00 AM	2.27119	12:29:00 PM	3.97868	3:54:00 PM	0.665045
9:14:00 AM	2.748408	12:34:00 PM	2.253401	3:59:00 PM	0.503734
9:19:00 AM	3.671232	12:39:00 PM	2.257322	4:04:00 PM	0.399729
9:24:00 AM	3.861663	12:44:00 PM	2.234908	4:09:00 PM	0.3934
9:29:00 AM	4.103076	12:49:00 PM	2.594946	4:14:00 PM	0.355025
9:34:00 AM	4.480606	12:54:00 PM	2.611377	4:19:00 PM	0.259476
9:39:00 AM	3.417346	12:59:00 PM	2.524071	4:24:00 PM	0.238779
9:44:00 AM	4.285753	1:04:00 PM	2.606155	4:29:00 PM	0.240372
9:49:00 AM	1.665878	1:09:00 PM	2.490509	4:34:00 PM	0.26633
9:54:00 AM	0.051522	1:14:00 PM	2.267667	4:39:00 PM	0.331286
9:59:00 AM	0.051275	1:19:00 PM	2.23308	4:44:00 PM	0.28719
10:04:00 AM	0.049152	1:24:00 PM	2.275898	4:49:00 PM	0.289328
10:09:00 AM	0.050415	1:29:00 PM	2.113979	4:54:00 PM	0.249442
10:14:00 AM	1.744051	1:34:00 PM	2.126115	4:59:00 PM	0.229859
10:19:00 AM	4.791412	1:39:00 PM	1.864986	5:04:00 PM	0.228938

Universitas Indonesia

10:24:00 AM	5.139294	1:44:00 PM	1.656276	5:09:00 PM	0.222574
10:29:00 AM	5.163561	1:49:00 PM	1.563201	5:14:00 PM	0.202068
10:34:00 AM	4.918592	1:54:00 PM	1.451595	5:19:00 PM	0.177
10:39:00 AM	5.275792	1:59:00 PM	1.369849	5:24:00 PM	0.149833
10:44:00 AM	5.220098	2:04:00 PM	1.26027	5:29:00 PM	0.1263
10:49:00 AM	5.147442	2:09:00 PM	1.188033	5:34:00 PM	0.26633
10:54:00 AM	3.926937	2:14:00 PM	1.223863	5:39:00 PM	0.064463
10:59:00 AM	4.79022	2:19:00 PM	1.120442	5:44:00 PM	0.028444
		2:24:00 PM	0.970257	5:49:00 PM	0.008384

7. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 20 april

waktu	tegangan	waktu	tegangan	waktu	tegangan
8:22:00 PM	13.19684	11:37:00 PM	15.30893	2:52:00 AM	16.71755
8:27:00 PM	17.77929	11:42:00 PM	14.75816	2:57:00 AM	17.1759
8:32:00 PM	14.20022	11:47:00 PM	14.745	3:02:00 AM	17.05212
8:37:00 PM	14.25592	11:52:00 PM	15.39966	3:07:00 AM	17.60274
8:42:00 PM	13.78103	11:57:00 PM	15.51884	3:12:00 AM	17.0419
8:47:00 PM	13.91434	12:02:00 AM	15.35	3:17:00 AM	15.87017
8:52:00 PM	13.94347	12:07:00 AM	15.38965	3:22:00 AM	15.43821
8:57:00 PM	14.01264	12:12:00 AM	15.81333	3:27:00 AM	15.01825
9:02:00 PM	14.01288	12:17:00 AM	16.10711	3:32:00 AM	16.21191
9:07:00 PM	14.03152	12:22:00 AM	16.20038	3:37:00 AM	15.39133
9:12:00 PM	14.08272	12:27:00 AM	15.70038	3:42:00 AM	14.62366
9:17:00 PM	14.15313	12:32:00 AM	16.40513	3:47:00 AM	14.33927
9:22:00 PM	14.20848	12:37:00 AM	16.50733	3:52:00 AM	14.38978
9:27:00 PM	14.20842	12:42:00 AM	15.74591	3:57:00 AM	14.51508
9:32:00 PM	14.23759	12:47:00 AM	14.91191	4:02:00 AM	14.57844
9:37:00 PM	14.26888	12:52:00 AM	15.91289	4:07:00 AM	14.55948
9:42:00 PM	14.29578	12:57:00 AM	16.14435	4:12:00 AM	14.53725
9:47:00 PM	14.32517	1:02:00 AM	16.08038	4:17:00 AM	14.4951
9:52:00 PM	14.36143	1:07:00 AM	15.48145	4:22:00 AM	14.46772
9:57:00 PM	14.36544	1:12:00 AM	15.4721	4:27:00 AM	14.58047
10:02:00 PM	14.39533	1:17:00 AM	17.0198	4:32:00 AM	14.69376
10:07:00 PM	14.42313	1:22:00 AM	15.71378	4:37:00 AM	14.74183
10:12:00 PM	14.48943	1:27:00 AM	16.93764	4:42:00 AM	14.71142
10:17:00 PM	14.53337	1:32:00 AM	14.51402	4:47:00 AM	14.62575
10:22:00 PM	14.57747	1:37:00 AM	14.71805	4:52:00 AM	14.55688
10:27:00 PM	14.59981	1:42:00 AM	15.10212	4:57:00 AM	14.51146
10:32:00 PM	14.65425	1:47:00 AM	15.20137	5:02:00 AM	14.50553
10:37:00 PM	14.68899	1:52:00 AM	18.39397	5:07:00 AM	14.48593
10:42:00 PM	14.6974	1:57:00 AM	17.73162	5:12:00 AM	14.45811
10:47:00 PM	14.79078	2:02:00 AM	17.21171	5:17:00 AM	14.40891

Universitas Indonesia

10:52:00 PM	14.0066	2:07:00 AM	16.09376	5:22:00 AM	14.33233
10:57:00 PM	14.80445	2:12:00 AM	15.78849	5:27:00 AM	14.21851
11:02:00 PM	14.04404	2:17:00 AM	15.03676	5:32:00 AM	14.0956
11:07:00 PM	14.72606	2:22:00 AM	15.03032	5:37:00 AM	14.01375
11:12:00 PM	14.64776	2:27:00 AM	14.99211	5:42:00 AM	13.96741
11:17:00 PM	14.96911	2:32:00 AM	16.18582	5:47:00 AM	13.92529
11:22:00 PM	14.5307	2:37:00 AM	16.50333	5:52:00 AM	13.88934
11:27:00 PM	14.58435	2:42:00 AM	17.45624	5:57:00 AM	13.80931
11:32:00 PM	14.16969	2:47:00 AM	16.96607		

#### 8. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 21 april

waktu	tegangan	waktu	tegangan	waktu	tegangan
8:10:00 AM	15.38836	11:15:00 AM	14.73123	2:25:00 PM	13.50934
8:15:00 AM	13.196	11:20:00 AM	14.73741	2:30:00 PM	13.50655
8:20:00 AM	13.26435	11:25:00 AM	13.95813	2:35:00 PM	13.49646
8:25:00 AM	13.29748	11:30:00 AM	14.28392	2:40:00 PM	13.54052
8:30:00 AM	13.33169	11:35:00 AM	14.1584	2:45:00 PM	13.47272
8:35:00 AM	13.47451	11:40:00 AM	14.38086	2:50:00 PM	13.41445
8:40:00 AM	13.88205	11:45:00 AM	14.07086	2:55:00 PM	13.24723
8:45:00 AM	15.49103	11:50:00 AM	14.67767	3:00:00 PM	13.22301
8:50:00 AM	15.23569	11:55:00 AM	14.58924	3:05:00 PM	13.44603
8:55:00 AM	13.97667	12:00:00 PM	14.5478	3:10:00 PM	13.47515
9:00:00 AM	13.97637	12:05:00 PM	14.31024	3:15:00 PM	13.48302
9:05:00 AM	14.07049	12:10:00 PM	14.48532	3:20:00 PM	13.47488
9:10:00 AM	14.13764	12:15:00 PM	14.43378	3:25:00 PM	13.4583
9:15:00 AM	14.0365	12:20:00 PM	14.48032	3:30:00 PM	13.45189
9:20:00 AM	14.10093	12:25:00 PM	14.64171	3:35:00 PM	13.48697
9:25:00 AM	14.06102	12:30:00 PM	14.77566	3:40:00 PM	13.52007
9:30:00 AM	14.2694	12:40:00 PM	14.73	3:45:00 PM	13.52494
9:35:00 AM	14.33915	12:45:00 PM	14.50396	4:30:00 PM	13.54453
9:40:00 AM	14.31441	12:50:00 PM	14.09356	4:35:00 PM	13.55288
9:45:00 AM	14.33808	12:55:00 PM	14.28104	4:40:00 PM	13.58176
9:50:00 AM	14.32467	1:00:00 PM	14.80647	4:45:00 PM	13.62156
9:55:00 AM	14.39319	1:05:00 PM	14.21323	4:50:00 PM	13.65155
10:00:00 AM	14.4703	1:10:00 PM	14.21178	4:55:00 PM	13.67387
10:05:00 AM	14.48375	1:15:00 PM	13.88264	5:00:00 PM	13.71347
10:15:00 AM	14.54733	1:20:00 PM	13.77405	5:05:00 PM	13.735
10:20:00 AM	14.51899	1:25:00 PM	13.75296	5:10:00 PM	13.72497
10:25:00 AM	14.56483	1:30:00 PM	13.68969	5:15:00 PM	13.70908
10:30:00 AM	14.50136	1:35:00 PM	13.64097	5:20:00 PM	13.67909
10:35:00 AM	14.18853	1:40:00 PM	13.59583	5:25:00 PM	13.64682
10:40:00 AM	14.42747	1:45:00 PM	13.58116	5:30:00 PM	13.61117

Universitas Indonesia

10:45:00 AM	14.33426	1:50:00 PM	13.56971	5:35:00 PM	13.57554
10:50:00 AM	14.43693	1:55:00 PM	13.65801	5:40:00 PM	13.54922
10:55:00 AM	14.2817	2:00:00 PM	13.705	5:45:00 PM	13.49703
11:00:00 AM	14.03158	2:05:00 PM	13.70607	5:50:00 PM	13.42817
11:05:00 AM	14.3369	2:10:00 PM	13.64235	5:55:00 PM	12.53876
11:10:00 AM	14.63056	2:15:00 PM	13.60484	6:00:00 PM	9.882385

9. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 27 april

waktu	tegangan	waktu	tegangan	waktu	tegangan
7:47:00 AM	13.05367	11:27:00 AM	17.16747	2:47:00 PM	18.35593
7:52:00 AM	13.04942	11:32:00 AM	17.09381	2:52:00 PM	18.28125
7:57:00 AM	13.08457	11:37:00 AM	17.10834	2:57:00 PM	18.18653
8:02:00 AM	13.14911	11:42:00 AM	17.11743	3:02:00 PM	18.15609
8:07:00 AM	13.16841	11:47:00 AM	17.11862	3:07:00 PM	18.01057
8:12:00 AM	13.1857	11:52:00 AM	17.1627	3:12:00 PM	17.65312
8:17:00 AM	13.26284	11:57:00 AM	17.31027	3:17:00 PM	17.48593
8:22:00 AM	13.33764	12:02:00 PM	17.30805	3:22:00 PM	18.01066
8:27:00 AM	13.37331	12:07:00 PM	17.37861	3:27:00 PM	17.4648
8:32:00 AM	13.41198	12:12:00 PM	17.49271	3:32:00 PM	17.13949
8:37:00 AM	13.60342	12:17:00 PM	17.66358	3:37:00 PM	17.67146
8:42:00 AM	14.15205	12:27:00 PM	17.50346	3:42:00 PM	17.47844
8:47:00 AM	14.57407	12:32:00 PM	17.56297	3:47:00 PM	17.85752
8:52:00 AM	14.66043	12:37:00 PM	17.55493	3:52:00 PM	17.75657
8:57:00 AM	14.77244	12:42:00 PM	17.68987	3:57:00 PM	16.8744
9:02:00 AM	14.79054	12:47:00 PM	17.60114	4:02:00 PM	15.4256
9:07:00 AM	14.80948	12:52:00 PM	17.53718	4:07:00 PM	15.05504
9:12:00 AM	14.87171	12:57:00 PM	17.76603	4:12:00 PM	14.8359
9:17:00 AM	14.94012	1:02:00 PM	17.7409	4:17:00 PM	14.826
9:22:00 AM	14.94683	1:07:00 PM	17.94987	4:22:00 PM	15.3608
9:27:00 AM	15.08226	1:12:00 PM	18.0419	4:27:00 PM	15.50375
9:32:00 AM	15.12331	1:17:00 PM	18.0404	4:32:00 PM	15.02048
9:37:00 AM	15.14473	1:22:00 PM	18.0145	4:37:00 PM	14.92982
9:42:00 AM	15.26275	1:27:00 PM	17.96392	4:42:00 PM	14.77987
9:47:00 AM	15.31613	1:32:00 PM	17.94495	4:47:00 PM	14.67892
9:52:00 AM	15.18206	1:37:00 PM	17.97943	4:52:00 PM	14.57347
9:57:00 AM	15.30468	1:42:00 PM	17.98138	4:57:00 PM	14.44024
10:02:00 AM	15.32933	1:47:00 PM	17.97776	5:02:00 PM	14.33866
10:07:00 AM	15.36193	1:52:00 PM	17.78545	5:07:00 PM	14.19535
10:12:00 AM	15.47391	1:57:00 PM	17.09054	5:12:00 PM	13.98268
10:17:00 AM	15.54653	2:02:00 PM	17.4026	5:17:00 PM	13.86369
10:22:00 AM	15.97488	2:07:00 PM	17.36184	5:22:00 PM	13.77736
10:27:00 AM	16.6097	2:12:00 PM	17.62823	5:27:00 PM	13.70017

Universitas Indonesia

10:32:00 AM	17.09333	2:17:00 PM	17.2561	5:32:00 PM	13.6171
10:37:00 AM	17.00209	2:22:00 PM	16.98799	5:37:00 PM	13.59045
10:42:00 AM	16.86013	2:27:00 PM	17.09831	5:42:00 PM	13.55849
10:47:00 AM	16.86259	2:32:00 PM	17.05855	5:47:00 PM	13.55613
10:52:00 AM	17.11405	2:37:00 PM	16.7932	5:52:00 PM	13.20022
11:22:00 AM	17.06806	2:42:00 PM	17.77115	5:57:00 PM	10.9734

10. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 28 april

waktu	tegangan	waktu	tegangan	waktu	tegangan
8:05:00 AM	13.57093	11:15:00 AM	17.94859	2:50:00 PM	18.42038
8:10:00 AM	13.35551	11:20:00 AM	17.81765	2:55:00 PM	18.36045
8:15:00 AM	14.11326	11:25:00 AM	17.76623	3:00:00 PM	18.18
8:20:00 AM	13.44189	11:30:00 AM	17.78888	3:05:00 PM	18.59509
8:25:00 AM	13.48911	11:35:00 AM	17.76261	3:10:00 PM	18.55916
8:30:00 AM	13.51206	12:05:00 PM	17.95226	3:15:00 PM	18.48998
8:35:00 AM	13.70247	12:10:00 PM	16.84365	3:20:00 PM	18.40503
8:40:00 AM	14.30279	12:15:00 PM	16.71858	3:25:00 PM	18.2815
8:45:00 AM	15.35703	12:20:00 PM	18.12855	3:40:00 PM	16.12244
8:50:00 AM	15.55693	12:25:00 PM	18.2042	3:45:00 PM	16.48438
8:55:00 AM	15.57693	12:30:00 PM	18.22502	3:50:00 PM	16.86857
9:00:00 AM	15.63438	12:35:00 PM	17.98551	3:55:00 PM	15.38405
9:05:00 AM	15.83571	12:40:00 PM	18.20347	4:00:00 PM	16.3447
9:10:00 AM	15.86385	12:45:00 PM	18.0797	4:05:00 PM	16.1587
9:15:00 AM	15.9225	12:50:00 PM	18.25902	4:10:00 PM	16.58117
9:20:00 AM	16.00269	12:55:00 PM	18.08554	4:15:00 PM	16.49325
9:25:00 AM	16.05703	1:00:00 PM	17.70054	4:20:00 PM	15.87157
9:30:00 AM	16.04284	1:05:00 PM	18.18127	4:25:00 PM	16.00004
9:35:00 AM	16.04624	1:10:00 PM	17.87168	4:30:00 PM	15.97621
9:40:00 AM	16.17647	1:15:00 PM	17.97645	4:35:00 PM	15.28109
9:45:00 AM	16.18461	1:20:00 PM	18.47372	4:40:00 PM	15.04726
9:50:00 AM	16.27227	1:25:00 PM	18.67917	4:45:00 PM	14.90065
9:55:00 AM	16.40624	1:30:00 PM	18.40972	4:50:00 PM	14.94238
10:00:00 AM	16.33819	1:35:00 PM	18.36768	4:55:00 PM	14.92714
10:05:00 AM	16.45975	1:40:00 PM	18.36977	5:00:00 PM	14.94902
10:10:00 AM	16.56153	1:45:00 PM	17.98323	5:05:00 PM	14.99019
10:15:00 AM	16.25152	1:50:00 PM	18.31529	5:10:00 PM	14.93955
10:20:00 AM	15.92421	1:55:00 PM	18.20643	5:15:00 PM	14.80137
10:25:00 AM	16.66804	2:00:00 PM	18.56605	5:20:00 PM	14.76539
10:30:00 AM	16.59641	2:05:00 PM	18.54206	5:25:00 PM	14.55855
10:35:00 AM	16.68465	2:10:00 PM	17.96098	5:30:00 PM	14.33151
10:40:00 AM	16.75481	2:15:00 PM	18.19184	5:35:00 PM	14.2893
10:45:00 AM	16.65713	2:20:00 PM	17.74173	5:40:00 PM	14.10753

Universitas Indonesia

10:50:00 AM	16.6754	2:25:00 PM	18.65956	5:45:00 PM	13.90632
10:55:00 AM	16.6493	2:30:00 PM	18.90731	5:50:00 PM	13.7688
11:00:00 AM	16.00622	2:35:00 PM	18.50087	5:55:00 PM	13.35282
11:05:00 AM	16.73473	2:40:00 PM	18.60769	6:00:00 PM	12.475
11:10:00 AM	18.02581	2:45:00 PM	18.50156		

### 11. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 3 mei

waktu	tegangan	waktu	tegangan	waktu	tegangan
7:58:00 AM	13.21506	11:23:00 AM	16.39095	2:43:00 PM	18.40223
8:08:00 AM	13.36364	11:28:00 AM	16.38506	2:48:00 PM	18.52376
8:13:00 AM	13.38452	11:33:00 AM	16.91031	2:53:00 PM	18.21834
8:18:00 AM	13.51428	11:38:00 AM	17.02208	2:58:00 PM	18.13172
8:23:00 AM	13.56696	11:43:00 AM	16.68394	3:03:00 PM	17.79856
8:28:00 AM	13.65844	11:48:00 AM	17.09992	3:08:00 PM	18.25146
8:33:00 AM	13.67872	11:53:00 AM	16.53508	3:13:00 PM	18.29874
8:38:00 AM	14.44052	11:58:00 AM	16.99207	3:18:00 PM	18.3259
8:43:00 AM	15.2361	12:03:00 PM	17.77392	3:23:00 PM	18.06373
8:48:00 AM	15.47081	12:08:00 PM	17.76143	3:28:00 PM	17.65507
8:53:00 AM	15.57981	12:13:00 PM	17.24356	3:33:00 PM	16.5645
8:58:00 AM	15.68479	12:18:00 PM	17.68658	3:38:00 PM	16.85755
9:03:00 AM	15.71503	12:23:00 PM	18.11921	3:43:00 PM	16.46465
9:08:00 AM	15.7911	12:28:00 PM	18.52409	3:48:00 PM	16.09032
9:13:00 AM	15.844	12:33:00 PM	18.47441	3:53:00 PM	16.36899
9:18:00 AM	15.84041	12:38:00 PM	18.23766	3:58:00 PM	16.82313
9:23:00 AM	15.93397	12:43:00 PM	18.19213	4:03:00 PM	16.22344
9:28:00 AM	15.97958	12:48:00 PM	18.13823	4:08:00 PM	15.48721
9:33:00 AM	16.19085	12:53:00 PM	18.10663	4:13:00 PM	15.19
9:38:00 AM	16.09731	12:58:00 PM	18.12024	4:18:00 PM	15.1249
9:43:00 AM	16.12104	1:03:00 PM	18.16258	4:23:00 PM	15.97559
9:48:00 AM	16.11053	1:08:00 PM	18.26435	4:28:00 PM	15.70602
9:53:00 AM	16.12372	1:13:00 PM	18.25845	4:33:00 PM	14.4317
9:58:00 AM	16.30282	1:18:00 PM	18.26461	4:38:00 PM	14.26894
10:03:00 AM	16.26612	1:23:00 PM	18.22102	4:43:00 PM	14.15167
10:08:00 AM	16.21513	1:28:00 PM	16.26048	4:48:00 PM	13.96601
10:13:00 AM	16.26935	1:33:00 PM	18.24647	4:53:00 PM	13.85852
10:18:00 AM	16.35159	1:38:00 PM	18.53547	4:58:00 PM	13.89783
10:23:00 AM	16.41961	1:43:00 PM	18.40213	5:03:00 PM	13.87813
10:28:00 AM	16.4339	1:48:00 PM	17.51318	5:08:00 PM	13.83163
10:33:00 AM	16.43	1:53:00 PM	17.66993	5:13:00 PM	13.77741
10:38:00 AM	16.49827	1:58:00 PM	18.65977	5:18:00 PM	13.728
10:43:00 AM	16.25307	2:03:00 PM	18.22003	5:23:00 PM	13.68717
10:48:00 AM	16.51058	2:08:00 PM	18.64916	5:28:00 PM	13.64747

Universitas Indonesia

10:53:00 AM	16.61483	2:13:00 PM	18.61172	5:33:00 PM	13.60187
10:58:00 AM	15.94817	2:18:00 PM	18.52538	5:38:00 PM	13.54281
11:03:00 AM	16.64787	2:23:00 PM	18.4342	5:43:00 PM	13.29201
11:08:00 AM	16.55704	2:28:00 PM	18.48184	5:48:00 PM	10.2726
11:13:00 AM	16.5456	2:33:00 PM	18.44759	5:53:00 PM	8.084572
11:18:00 AM	16.45889	2:38:00 PM	18.46101	5:58:00 PM	8

## 12. Data tegangan pencatuan solar cell ke accumulator 4 mei

waktu	tegangan	waktu	tegangan	waktu	tegangan
7:44:00 AM	13.70854	11:14:00 AM	16.56478	2:39:00 PM	17.62461
7:49:00 AM	13.84948	11:19:00 AM	16.76771	2:44:00 PM	19.44384
7:54:00 AM	12.6519	11:24:00 AM	16.03004	2:49:00 PM	19.45993
7:59:00 AM	17.74096	11:29:00 AM	16.79687	2:54:00 PM	19.09312
8:04:00 AM	21.1957	11:34:00 AM	16.57155	2:59:00 PM	19.3886
8:09:00 AM	22.87154	11:39:00 AM	16.68007	3:04:00 PM	19.42102
8:14:00 AM	15.50205	11:44:00 AM	15.45952	3:09:00 PM	18.97193
8:19:00 AM	14.29217	11:49:00 AM	15.53255	3:14:00 PM	19.02167
8:24:00 AM	14.12507	11:54:00 AM	15.99362	3:19:00 PM	19.53591
8:29:00 AM	13.94898	11:59:00 AM	16.06337	3:24:00 PM	18.80181
8:34:00 AM	14.04812	12:04:00 PM	17.19297	3:29:00 PM	18.83227
8:39:00 AM	14.18807	12:09:00 PM	17.06324	3:34:00 PM	18.79647
8:44:00 AM	14.46427	12:14:00 PM	16.6419	3:39:00 PM	19.05735
8:49:00 AM	14.29355	12:19:00 PM	17.39289	3:44:00 PM	17.79416
8:54:00 AM	14.61607	12:24:00 PM	16.87832	3:49:00 PM	17.55887
8:59:00 AM	14.99953	12:29:00 PM	16.53425	3:54:00 PM	17.07349
9:04:00 AM	14.94866	12:34:00 PM	15.35849	3:59:00 PM	15.80741
9:09:00 AM	15.07196	12:39:00 PM	15.32511	4:04:00 PM	15.48106
9:14:00 AM	15.27283	12:44:00 PM	15.34371	4:09:00 PM	15.49784
9:19:00 AM	15.55299	12:49:00 PM	15.64288	4:14:00 PM	15.37761
9:24:00 AM	15.66	12:54:00 PM	15.71705	4:19:00 PM	15.21495
9:29:00 AM	15.72699	12:59:00 PM	15.69967	4:24:00 PM	15.18235
9:34:00 AM	15.90058	1:04:00 PM	15.83508	4:29:00 PM	15.21342
9:39:00 AM	18.75379	1:09:00 PM	15.7594	4:34:00 PM	15.31229
9:44:00 AM	16.9334	1:14:00 PM	15.6966	4:39:00 PM	15.57539
9:49:00 AM	17.69552	1:19:00 PM	15.79674	4:44:00 PM	15.45285
9:54:00 AM	19.11536	1:24:00 PM	15.92925	4:49:00 PM	15.54656
9:59:00 AM	19.0414	1:29:00 PM	16.44112	4:54:00 PM	15.46258
10:04:00 AM	18.4407	1:34:00 PM	16.16946	4:59:00 PM	15.4304
10:09:00 AM	18.6332	1:39:00 PM	16.5365	5:04:00 PM	15.46121
10:14:00 AM	18.00122	1:44:00 PM	16.91926	5:09:00 PM	15.47829
10:19:00 AM	16.10118	1:49:00 PM	17.34308	5:14:00 PM	15.44232
10:24:00 AM	16.35843	1:54:00 PM	17.88554	5:19:00 PM	15.38067

10:29:00 AM	16.4133	1:59:00 PM	18.09071	5:24:00 PM	15.28864
10:34:00 AM	16.15882	2:04:00 PM	18.20492	5:29:00 PM	15.20772
10:39:00 AM	16.40915	2:09:00 PM	18.50378	5:34:00 PM	15.10423
10:44:00 AM	16.39447	2:14:00 PM	18.64943	5:39:00 PM	15.00299
10:49:00 AM	16.38797	2:19:00 PM	18.35013	5:44:00 PM	14.86784
10:54:00 AM	15.83202	2:24:00 PM	18.46915	5:49:00 PM	14.54203
10:59:00 AM	16.361	2:29:00 PM	18.75832	5:54:00 PM	11.03993
11:04:00 AM	16.70661	2:34:00 PM	17.23362	5:59:00 PM	8.1296
11:09:00 AM	16.28914				

13. Data rata rata arus, tegangan, intensitas cahaya dan suhu selama 30 detik pada 20 april

waktu	intensitas cahaya				suhu	tegangan	Arus
	max	min	average	satuan			
8:30:00 AM	666	606	616	x10lux	28.84	17.79533	0.0435
9:00:00 AM	698	634	688	x100lux	36.09333	14.0225	2.96904
9:30:00 AM	866	446	679	x100lux	36.86333	14.21727	3.151241
10:00:00 AM	897	819	828	x100lux	39.27	14.3625	3.309704
10:30:00 AM	1017	954	982	x100lux	35.41333	14.60304	3.645875
11:00:00 AM	1100	1032	1062	x100lux	37.25	14.98	4.164462
11:30:00 AM	1807	1461	1565	x10lux	34.80667	14.24313	0.657
12:01:00 PM	1232	1063	1147	x100lux	35.3	15.47857	3.535273
12:31:00 PM	1098	537	836	x100lux	38.61333	15.88793	2.476333
1:01:00 PM	1091	708	860	x100lux	42.28667	17.49533	1.421161
1:30:00 PM	1217	308	334	x100lux	40.99667	17.354	1.164289
2:14:00 PM	238	225	232	x100lux	37.6	15.05143	0.934821
2:30:00 PM	206	185	205	x100lux	33.03667	15.01696	0.760111
3:00:00 PM	303	288	289	x100lux	35.33333	17.7569	0.910316
3:32:00 PM	362	184	264	x100lux	34.5	14.985	0.5867
4:00:00 PM	960	770	956	x10lux	32.87	14.54895	0.3775
4:31:00 PM	944	681	923	x10lux	32.44	14.628	0.3771
5:01:00 PM	794	712	784	x10lux	32.20667	14.51455	0.310364
5:30:00 PM	420	396	412	x10lux	31.79667	14.19421	0.176125
6:00:00 PM	680	624	655	x1lux	31.00952	13.77	0.0407

14. Data rata rata arus, tegangan, intensitas cahaya dan suhu selama 30 detik pada 21 april

Jam	intensitas cahaya				suhu	tegangan	arus
	max	min	average	satuan			
8:17:00 AM	1119	944	1078	x10lux	29.60333	13.85213	0.373779
8:45:00 AM	564	510	542	x100lux	31.32	14.24866	1.433866

Universitas Indonesia

9:15:00 AM	632	605	625	x100lux	33.7	14.0654	2.636787
9:51:00 AM	874	845	859	x100lux	35.39	14.32721	3.309782
10:15:00 AM	990	782	835	x100lux	34.91	14.52907	3.475151
10:45:00 AM	1019	473	723	x100lux	38.38667	14.35033	3.153717
11:16:00 AM	1089	1040	1065	x100lux	37.6	14.38024	2.895276
11:46:00 AM	384	354	372	x100lux	35.37333	14.38695	2.693621
12:15:00 PM	1042	1017	1023	x100lux	38.34	14.49309	2.619044
12:45:00 PM	1005	518	572	x100lux	39.54333	14.41311	2.278608
1:15:00 PM	1676	1538	1559	x10lux	34.58667	14.15942	1.458998
1:45:00 PM	380	334	378	x10lux	31.50667	13.62667	0.212509
2:28:00 PM	211	190	203	x10lux	26.08	13.65339	0.250158
2:45:00 PM	219	193	197	x10lux	26.02333	13.44277	0.067088
3:15:00 PM	248	232	236	x10lux	25.34333	13.40587	0.05332
4:35:00 PM	300	273	297	x10lux	25.78	13.49309	0.087244
4:45:00 PM	425	408	419	x10lux	25.92	13.54726	0.125275
5:15:00 PM	505	497	501	x10lux	26.62667	13.60144	0.163307
5:45:00 PM	1505	1492	1495	x1lux	26.3	13.69583	0.21831
6:01:00 PM	110	106	106	x1lux	26.73077	12.43743	0.080945

15. Data rata rata arus, tegangan, intensitas cahaya dan suhu selama 30 detik pada 27 april

Jam	intensitas cahaya				suhu	arus	Tegangan
	max	min	average	satuan			
7:48:00 AM	885	755	817	x10lux	27.09667	0.429368	12.99
8:20:00 AM	1088	977	1058	x10lux	27.93333	0.66	13.19
8:51:00 AM	592	494	546	x100lux	31.62	4.039852	14.56185
9:27:00 AM	822	747	810	x100lux	33.2	4.522778	15.07963
9:56:00 AM	860	714	798	x100lux	46.43667	4.555667	15.12611
10:22:00 AM	885	729	816	x100lux	35.04	4.440815	15.78724
10:52:00 AM	919	816	881	x100lux	35.98	2.619655	17.13867
11:21:00 AM	973	876	930	x100lux	41.75667	2.510345	17.45
11:50:00 AM	999	961	981	x100lux	41.46333	2.195276	17.13677
12:28:00 PM	890	824	849	x100lux	42.74667	1.69025	17.619
12:53:00 PM	868	805	824	x100lux	42.45	1.38663	17.59483
1:22:00 PM	842	731	747	x100lux	-	1.359107	17.956
1:50:00 PM	731	675	687	x100lux	-	1.058857	17.93233
2:20:00 PM	288	275	280	x100lux	38.9	0.954731	17.26828
2:50:00 PM	502	473	478	x100lux	40.32	1.1506	18.35667
3:22:00 PM	320	233	298	x100lux	36.73	1.018	18.04538
3:50:00 PM	226	186	223	x100lux	36.83	0.854	17.98379
4:20:00 PM	1057	987	1054	x10lux	33.7	0.597	14.85905
4:50:00 PM	649	631	634	x10lux	33.15333	0.4565	14.65059

Universitas Indonesia

5:20:00 PM	1380	1152	1292	x1lux	31.88333	0.082	13.84765
5:50:00 PM	419	408	410	x1lux	31.2	0.0155	13.55481
6:00:00 PM	132	124	129	x1lux	30.85714	0	9.940769

16. Data rata rata arus, tegangan, intensitas cahaya dan suhu selama 30 detik pada 28 april

Jam	intensitas cahaya				suhu	arus	tegangan
	max	Min	average	satuan			
8:07:00 AM	1116	1028	1034	x10lux	28.9	0.70371	14.27412
8:35:00 AM	654	260	510	x100lux	-	1.00532	13.525
9:05:00 AM	749	466	677	x100lux	34.3	4.664731	15.71737
9:35:00 AM	906	814	875	x100lux	36.73333333	4.914828	16.035
10:05:00 AM	816	709	745	x100lux	36.89666667	4.719143	16.28278
10:36:00 AM	1036	926	964	x100lux	36.2	4.7872	16.7
11:05:00 AM	1764	1398	1698	x10lux	35.6	0.811364	14.17625
11:35:00 AM	972	807	904	x100lux	38.92666667	2.328241	17.84069
12:05:00 PM	1141	1017	1056	x100lux	38.92	2.280667	18.09
12:35:00 PM	329	215	297	x100lux	40.10666667	1.787759	16.68154
1:05:00 PM	1179	883	1123	x100lux	39.90333333	1.238708	18.14909
1:35:00 PM	1047	904	1023	x100lux	37.82	1.01705	18.496
2:05:00 PM	833	551	561	x100lux	37.65666667	1.248789	18.67759
2:35:00 PM	729	586	604	x100lux	40.5	1.621923	18.61714
3:05:00 PM	655	532	644	x100lux	38.14666667	0.877529	18.58167
3:35:00 PM	1867	1423	1743	x10lux	36.5	0.692045	-
4:05:00 PM	1297	1260	1285	x10lux	33.47333333	0.7452	16.28
4:35:00 PM	1121	1077	1081	x10lux	-	0.6942	15.56071
5:05:00 PM	775	740	766	x10lux	-	0.483833	14.98485
5:35:00 PM	295	240	289	x10lux	31.7	0.212	14.30214

17. Data rata rata arus, tegangan, intensitas cahaya dan suhu selama 30 detik pada 3 mei

jam	intensitas cahaya				suhu	tegangan	arus
	max	Min	average	satuan			
7:58:00 AM	770	726	754	x10 lux	28.01	13.14222	0.504333
8:30:00 AM	1869	1302	1416	x10lux	28.84	13.6505	0.843
9:00:00 AM	573	484	496	x100lux	38.02	15.66	3.992667
9:30:00 AM	677	552	580	x100lux	38.16333	15.979	4.372889
10:00:00 AM	848	743	763	x100lux	43.81333	16.31438	4.462964
10:30:00 AM	935	551	865	x100lux	41.9	16.47	4.551848
11:00:00 AM	317	282	288	x100lux	44.30667	14.68565	1.589619
11:30:00 AM	683	631	643	x100lux	46.45	16.4408	3.656024

Universitas Indonesia

12:00:00 PM	513	477	488	x100lux	41.24667	16.96633	2.7885
12:30:00 PM	885	794	877	x100lux	41.99667	18.51926	1.838935
1:00:00 PM	928	826	877	x100lux	47.6	18.14167	1.364519
1:30:00 PM	213	182	202	x100lux	43.85	15.32875	0.961286
2:00:00 PM	638	618	622	x100lux	44.16667	18.65333	1.181429
2:30:00 PM	696	611	684	x100lux	47	18.49145	0.96525
3:00:00 PM	376	295	345	x100lux	41.5	18.136	0.919889
3:30:00 PM	399	240	289	x100lux	41.3	17.574	0.63805
4:00:00 PM	1528	1457	1484	x10lux	36.28333	16.6664	0.894778
4:30:00 PM	1071	961	994	x10lux	34.83667	15.42773	0.671345
5:00:00 PM	221	216	217	x10lux	28.88667	13.9052	0.1142
5:30:00 PM	1107	1092	1093	x1lux	28.23	13.64	0.045333
6:00:00 PM	45	40	43	x1lux	27.95	8	0

18. Data rata rata arus, tegangan, intensitas cahaya dan suhu selama 30 detik pada 4 mei

waktu	intensitas cahaya				suhu	arus	tegangan
	max	min	average	satuan			
7:45:00 AM	1224	1158	1215	x10lux	27.64	0.858286	13.62333
8:15:00 AM	1433	1297	1407	x10lux	29.42	0.939586	14.11207
8:45:00 AM	1991	1748	1973	x10lux	29.67333	1.361273	14.50958
9:15:00 AM	400	316	394	x100lux	30.56667	2.653348	15.34476
9:45:00 AM	684	533	576	x100lux	34.30667	4.31	19.22857
10:15:00 AM	627	538	567	x100lux	33.29667	0.04631	19.01036
10:45:00 AM	934	779	875	x100lux	38.17333	5.195	16.35929
11:15:00 AM	1127	689	1106	x100lux	36.89667	5.204345	16.45962
11:46:00 AM	1085	845	1063	x100lux	39.41667	4.94288	16.77833
12:15:00 PM	1131	206	882	x100lux	35.08	1.803828	14.85115
12:45:00 PM	322	292	313	x100lux	34.53667	2.093963	15.26143
1:16:00 PM	349	304	338	x100lux	32.35333	2.288667	15.67786
1:45:00 PM	348	332	344	x100lux	32.16857	1.537033	16.81241
2:15:00 PM	517	337	396	x100lux	32.80333	1.519222	18.88414
2:45:00 PM	516	458	474	x100lux	33.69	1.1801	19.637
3:15:00 PM	653	197	541	x100lux	33.25333	0.909714	18.07233
3:45:00 PM	1027	889	914	x10lux	33.49667	0.849455	18.71759
4:15:00 PM	543	473	527	x10lux	31.19333	0.496118	15.38238
4:45:00 PM	477	408	472	x10lux	30.37	0.313667	15.58448
5:15:00 PM	334	311	317	x10lux	30.14	0.207	15.44964
5:45:00 PM	851	818	823	x1lux	29.65333	0.039	14.90409
6:00:00 PM	76	70	71	x1lux	29.42941	0	8