

**LAPORAN PENELITIAN**

**“PENINGKATAN KINERJA PANEL SURYA DENGAN METODE PENDINGINAN”**



**oleh :**

**Ketua : Fadliondi, B.Eng., M.Eng.  
NID 20.1543 NIDN 0308118802**

**Anggota : Dr. Budiyanto  
NID 20.627 NIDN 0318106904  
Prian Gagani Chamdareno, S.T., M.T.  
NID 20.1503**

**TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA  
TAHUN 2017**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN INTERNAL

1. Judul Penelitian : PENINGKATAN KINERJA PANEL SURYA DENGAN METODE PENDINGINAN
2. Bidang Penelitian : Teknik Elektro
3. Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap : Fadlioni, B.Eng., M.Eng.
  - b. Jenis Kelamin : Laki – laki
  - c. NIP, NIDN : NID 20.1543 NIDN 0308118802
  - d. Pangkat : 3 b
  - e. Jabatan : Dosen Tetap
  - f. Jabatan Fungsional : Tenaga pengajar
  - g. Alamat Unit Kerja : Jl. Cempaka Putih Tengah 27, Jakarta Pusat 10510
  - h. Telpon/Faks/email : fadlioni@yahoo.com
  - i. Alamat Rumah : Jl. Penegak Raya No 21 Rt 004 Rw 01, Palmeriam, Matraman, Jakarta Timur 13140, Jakarta.
  - j. Telpon/Faks/email : 0812-132-8173 / fadlioni@yahoo.com
4. Jumlah anggota peneliti : 2 orang
  - a. Nama anggota I : Dr. Budiyanto
  - b. Nama anggota II : Prian Gagani Chamdareno, S.T., M.T.
5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Teknik Elektro UMJ


Jakarta, November 2017

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

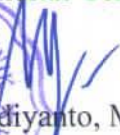
  
Saeful Bahri, S.T., M.T.  
NIDN 0326057604



Ketua Peneliti.

  
Fadlioni, B. Eng., M. Eng.  
NIDN 0308118802

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Ir. Budiyanto, M.T.  
NIDN 0318106904



Menyetujui,  
Ketua PAKARTI

  
Ir. Leda Dewiyani, ME  
NIDN 0002086506



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN .....	vii
IDENTITAS PENELITIAN.....	viii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	1
1.3 Tujuan .....	1
1.4 Luaran .....	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	2
2.1 Semikonduktor.....	2
2.2 Fenomena photovoltaic.....	3
2.3 Sel Surya .....	4
2.4 Panel Surya .....	4
2.5 Teori Pendinginan.....	5
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	8
3.1 Tahapan Penelitian.....	8
3.2 Lokasi Penelitian.....	8
3.3 Peubah yang Diukur.....	8
3.4 Parameter yang Diubah.....	8
3.5 Model yang Digunakan.....	8
3.6 Teknik pengumpulan data.....	10
3.7 Analisis data.....	10
BAB 4. HASIL SEMENTARA DAN PEMBAHASAN .....	11

BAB 5. KESIMPULAN .....	14
DAFTAR PUSTAKA.....	15
LAMPIRAN .....	16

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur atom dari silikon dan germanium [1].	2
Gambar 2 Struktur kristal dari (a) silicon [2], (b) galium arsenida [3] dan (c) germanium [4].	2
Gambar 3 Struktur pita energi dari (a) silicon [5], (b) galium arsenida [6] dan (c) germanium [7].	3
Gambar 4 Skematik fenomena photovoltaic [8].	3
Gambar 5 Sebuah buah sel surya [9].	4
Gambar 6 Rangkaian ekuivalen sel surya [10].	4
Gambar 7 Panel surya sedang dipasang di atap rumah [11].	5
Gambar 8 Rangkaian ekuivalen panel surya [12].	5
Gambar 9 Representasi dasar dari panel surya [13].	5
Gambar 10 Skematik siklus absorpsi [13].	6
Gambar 11 Contoh dari <i>heat pipe</i> [14].	6
Gambar 12 Geometri model pendinginan [16].	6
Gambar 13 Penampang salah satu model pendingin [17].	7
Gambar 14 Skematik Pengisian baterai atau aki pada siang hari.	9
Gambar 15 Skematik pipa pembuang panas.	9
Gambar 16 Skematik heatsink untuk panel surya.	9
Gambar 17 Skematik fluida pendingin.	9
Gambar 18 Skematik baterai yang telah diisi di siang hari yang digunakan di malam hari.	10
Gambar 19 Kurva dari (a) arus terhadap tegangan (b) daya terhadap tegangan.	11
Gambar 20 Kurva dari (a)iradiasi harian, (b)suhu permukaan harian.	12
Gambar 21 Kurva dari (a) karakteristik pengisian baterai (b) keluaran AC dan masukan DC pada inverter.	12

Gambar 22 Kurva (a) arus terhadap tegangan dengan dan tanpa pendingin (b)kurva daya terhadap tegangan dengan dan tanpa pendingin. .... 13

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Anggaran Biaya .....	16
Tabel 2 Rincian Honor .....	16
Tabel 3 Rincian Pembelian Bahan Habis Pakai .....	16
Tabel 4 Rincian Pengeluaran untuk Publikasi .....	17
Tabel 5 Rincian Pengeluaran untuk Perjalanan .....	17

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Justifikasi anggaran biaya .....	16
Lampiran 2 Bukti abstrak diterima pada prosiding SEMNASTEK 2017 .....	18
Lampiran 3 Bukti pencantuman nomor kontrak pada prosiding SEMNASTEK 2017 .....	19
Lampiran 4 Kontrak penelitian.....	20
Lampiran 5 Bukti submit ke jurnal internasional terindeks scopus.....	21



## IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul Usulan

Judul usulan penelitian ini adalah PENINGKATAN KINERJA PANEL SURYA DENGAN METODE PENDINGINAN

2. Ketua Peneliti

Nama : Fadliondi, B.Eng., M.Eng.

Bidang keahlian : Teknik Elektro

Jabatan Struktural : Dosen Tetap

Jabatan Fungsional: Tenaga pengajar

Unit Kerja : Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta

Alamat Surat : Jl. Cempaka Putih Tengah 27, Jakarta Pusat 10510

Telepon : 0812-132-8173

Alamat e-mail : fadliondi@yahoo.com

3. Anggota peneliti :

No	Nama dan gelar akademik	Bidang keahlian	Jurusan	Alokasi waktu (jam/minggu)
1	Dr. Budiyanto	Daya	Teknik Elektro	8
2	Prian Gagani Chamdareno, S.T., M.T.	Elektro	Teknik Elektro	8

4. Obyek Penelitian

Obyek yang akan diteliti adalah panel surya. Aspek penelitian meliputi perancangan rangkaian panel surya, simulasi panel surya, pengambilan data karakteristik tegangan versus arus dan tegangan versus daya, pengambilan data pengaruh suhu terhadap karakteristik tegangan versus arus dan tegangan versus daya, perancangan pendingin untuk panel surya dan publikasi.

5. Periode Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai pada Juli 2017 dan berakhir pada Desember 2017.

6. Anggaran yang diusulkan

Anggaran yang diusulkan adalah Rp. 4.000.000,- (empat juta rupiah)

7. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

8. Hasil yang ditargetkan

Hasil yang ditargetkan adalah publikasi pada prosiding nasional.

9. Penelitian meliputi

Penelitian meliputi perancangan rangkaian panel surya, simulasi panel surya, pengambilan data karakteristik tegangan versus arus dan tegangan versus daya, pengambilan data pengaruh suhu terhadap karakteristik tegangan versus arus dan tegangan versus daya, perancangan pendingin untuk panel surya dan publikasi.

10. Keterangan lain yang dianggap perlu

## **Subtansi Penelitian**

### **RINGKASAN**

Kekurangan dari panel surya adalah bahwa efisiensinya masih rendah. Salah satu cara untuk menaikkan efisiensi panel surya adalah pendinginan. Oleh karena itu, tujuan adalah untuk meningkatkan kinerja panel surya dengan metode pendinginan. Target khusus dari penelitian ini adalah publikasi pada prosiding nasional. Metode yang dipakai adalah eksperimen dengan menurunkan suhu dan menaikkan suhu pada panel surya.

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

Energy adalah sesuatu yang penting bagi manusia untuk kelangsungan hidup. Energy terlibat dalam seluruh aspek kehidupan dari pagi hingga malam. Jenis sumber energy adalah energy yang diperbaharui dan tidak diperbaharui. Contoh sumber energy yang tidak diperbaharui adalah energy fosil. Contoh sumber energy yang bisa diperbaharui adalah energy matahari, energy angin, energy air dan energy biomasa. Keuntungan dari sumber energy yang diperbaharui adalah bahwa ia melimpah, gratis dan ramah lingkungan. Sementara itu, dibandingkan dengan sumber energy diperbaharui yang lain, energy matahari memiliki banyak keuntungan. Energy matahari bersih, bebas, tidak berisik dan aman. Energy matahari tidak dapat digunakan secara langsung sehingga harus dikonversikan terlebih dahulu ke dalam energy listrik. Radiasi matahari adalah sekitar  $1000 \text{ W/m}^2$  akan tetapi harga ini bisa bervariasi tergantung posisi, waktu dan cuaca. Sel surya dibutuhkan untuk mengonversi energy matahari menjadi energy listrik. Gabungan dari beberapa sel surya membentuk panel surya.

### **1.1 Latar Belakang**

Panel surya adalah gabungan dari beberapa sel surya yang disusun seri maupun parallel. Sel surya sangat sensitive terhadap suhu sehingga panel surya pun akan menjadi sensitive juga terhadap suhu. Ketika suhu dari sel surya meningkat, arus sirkuit terbuka ( $I_{SC}$ ) akan meningkat sedikit, tetapi tegangan sirkuit terbuka ( $V_{OC}$ ) akan berkurang banyak sehingga meskipun  $I_{SC}$  nya sedikit meningkat, daya maksimum keseluruhan dari solar panel tersebut akan berkurang secara drastis. Sementara ketika suhu sel surya menurun,  $I_{SC}$  akan berkurang sedikit, tetapi  $V_{OC}$  akan meningkat banyak sehingga meskipun  $I_{SC}$  nya berkurang sedikit, daya maksimum keseluruhan dari panel surya akan meningkat drastic.

### **1.2 Identifikasi Masalah**

Masalah yang akan diidentifikasi adalah menemukan cara untuk menurunkan suhu panel surya tanpa merusak panel surya itu sendiri sehingga daya maksimum dan efisiensinya bisa ditingkatkan.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi panel surya dengan menurunkan suhu panel surya.

### **1.4 Luaran**

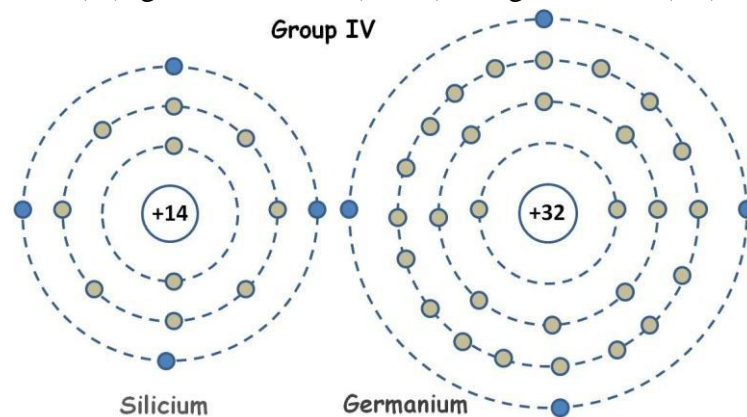
Luaran yang diharapkan adalah publikasi pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

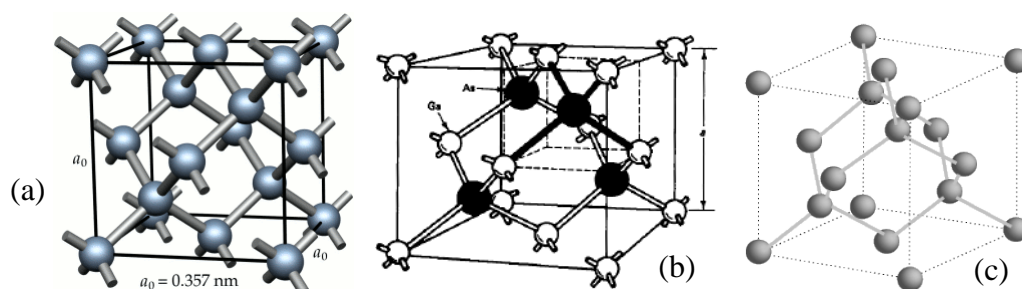
Bab ini akan menjelaskan tentang dasar semikonduktor, fenomena photovoltaic, sel surya, panel surya dan solar meter.

### 2.1 Semikonduktor

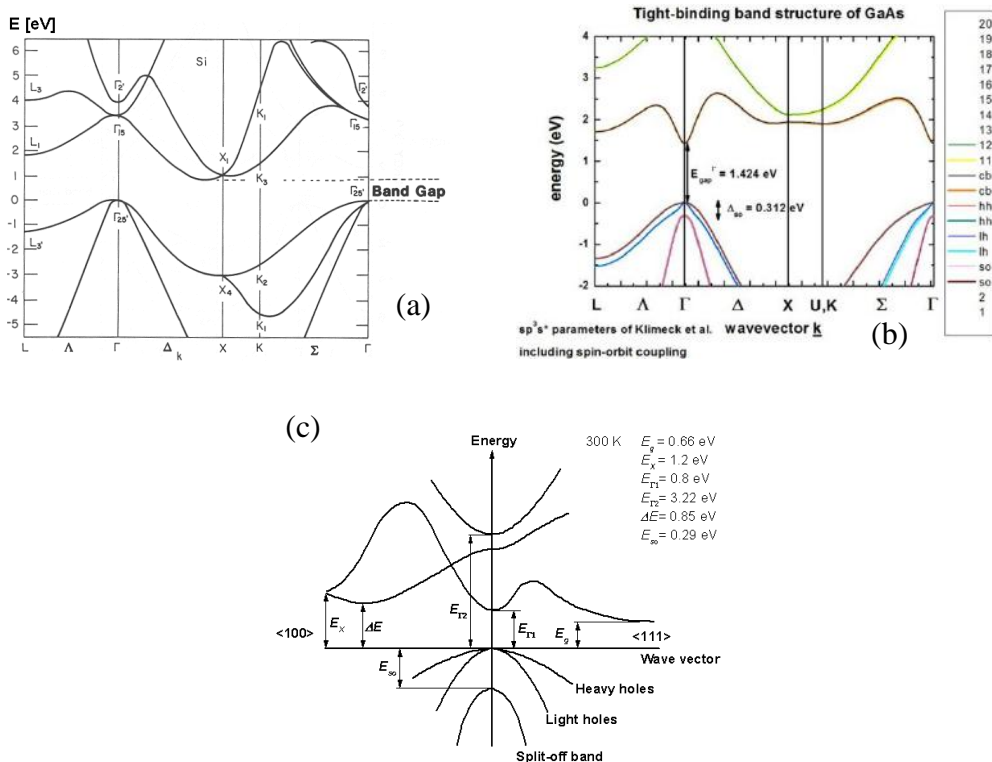
Semikonduktor adalah zat pada amorfus atau kristal yang memiliki nilai konduktivitas listrik diantara konduktor dan isolator. Pada umumnya, semikonduktor memiliki lebar pita energy sekitar 1 sampai 4 eV. Semikonduktor sangat penting dalam industry elektronika karena ia merupakan bahan dasar untuk pembuatan komponen elektronika seperti resistor, transistor, diode, IC, LED, sel surya dan lain-lain. Alat alat elektronika yang ada di sekitar kita pasti mengandung semikonduktor didalamnya. Semikonduktor dibagi menjadi 2 yakni semikonduktor intrinsic dan ekstrinsik. Semikonduktor intrinsic adalah semikonduktor yang tidak terdop. Sementara semikonduktor ekstrinsik adalah semikonduktor yang didop sehingga bisa menjadi semikonduktor jenis n yang pembawa mayoritasnya electron atau semikonduktor jenis p yang pembawa mayoritasnya hole. Contoh bahan semikonduktor non-organik adalah silikon (Si), galium arsenida (GaAs) dan germanium (Ge).



Gambar 1 Struktur atom dari silikon dan germanium [1].



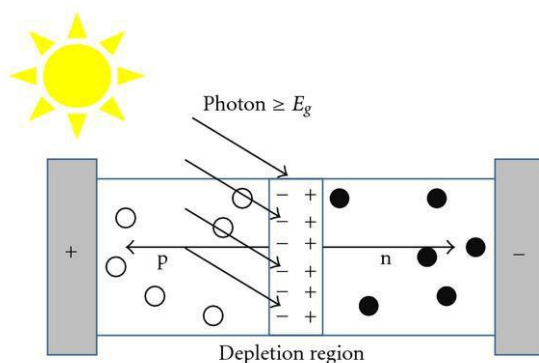
Gambar 2 Struktur kristal dari (a) silicon [2], (b) galium arsenida [3] dan (c) germanium [4].



Gambar 3 Struktur pita energi dari (a) silicon [5], (b) galium arsenida [6] dan (c) germanium [7].

## 2.2 Fenomena photovoltaic

Fenomena fotovoltik adalah fenomena dimana cahaya diubah menjadi listrik. Fenomena ini melibatkan photon photon yang mengeksitasi electron ke tingkat energy yang lebih tinggi sehingga memungkinkan mereka untuk bertingkah sebagai pembawa muatan untuk arus listrik. Fenomena fotovoltik pertama kali ditemukan oleh Alexandre-Edmond Becquerel. Fenomena fotovoltik diaplikasikan pada sel surya.



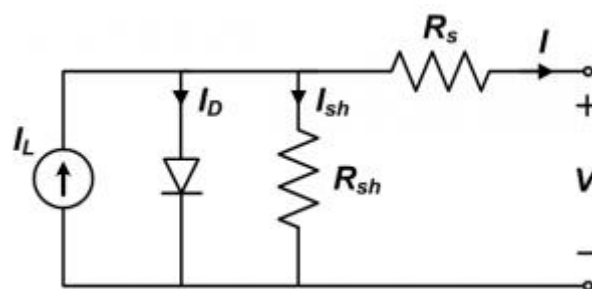
Gambar 4 Skematik fenomena photovoltaic [8].

### 2.3 Sel Surya

Sel surya adalah divais elektronik yang mengubah energy cahaya menjadi energy matahari. Secara umum, sel surya bisa diklasifikasikan menjadi sel surya monokristalin, polikristalin dan film tipis. Material untuk sel surya monokristalin dan polikristalin adalah silikon (Si). Material untuk sel surya film tipis sebagai contoh adalah kadmium telurida (CdTe) dan tembaga indium galium diselenida (CIGS). Sel surya monokristalin dan polikristalin memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada sel surya film tipis. Efisiensi sel surya monokristalin dan polikristalin bisa mencapai sekitar 30 %, sementara sel surya film tipis mencapai sekitar 20 %. Ada beberapa mekanisme yang membatasi efisiensi dari sel surya sebagai contoh rugi-rugi foton, rugi-rugi pembawa minoritas, rugi-rugi panas Joule, rugi-rugi optik, rugi-rugi resistif, rugi-rugi rekombinasi dan rugi-rugi refleksi. Usia sel surya monokristalin dan polikristalin lebih panjang daripada sel surya film tipis. Usia sel surya monokristalin dan polikristalin bisa mencapai sekitar 25 tahun. Meskipun demikian, sel surya monokristalin dan polikristalin memiliki kekurangan dibandingkan sel surya film tipis seperti harga dan ketahanan terhadap suhu.



Gambar 5 Sebuah buah sel surya [9].



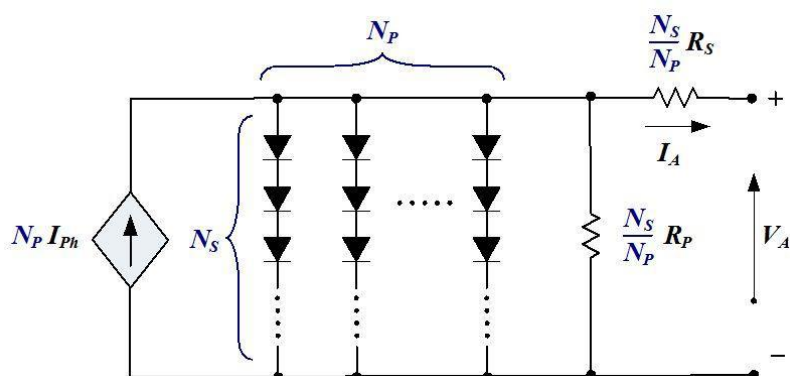
Gambar 6 Rangkaian ekuivalen sel surya [10].

### 2.4 Panel Surya

Panel surya adalah gabungan dari sel surya yang terkoneksi. Gabungan dari beberapa panel surya membentuk array surya. Sistem photovoltaic menyediakan energi listrik untuk keperluan komersil dan tempat tinggal. Daya yang dihasilkan berkisar dari puluhan sampai ratusan watt. Panel surya biasanya akan terhubung dengan baterai untuk menyimpan energi.



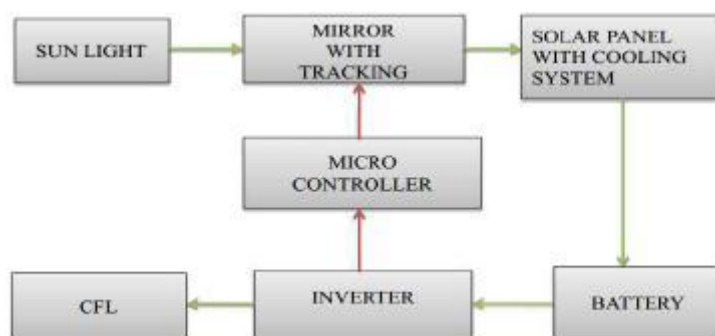
Gambar 7 Panel surya sedang dipasang di atap rumah [11].



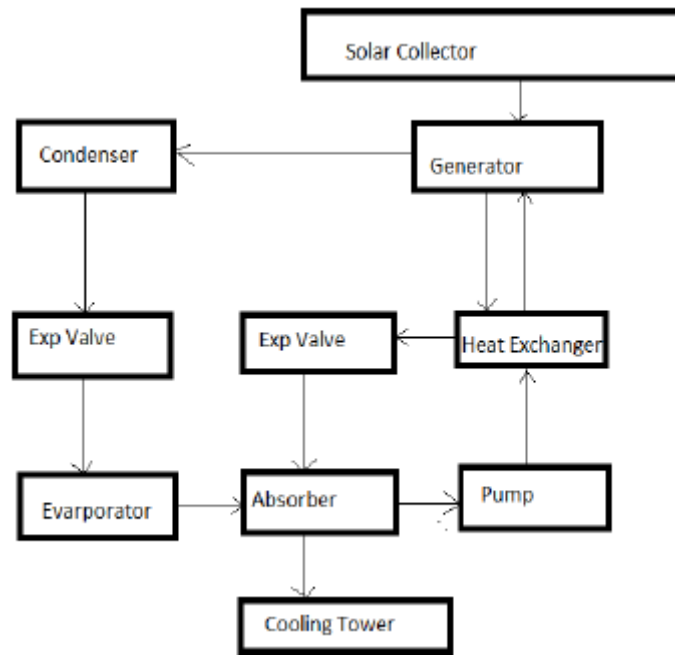
Gambar 8 Rangkaian ekuivalen panel surya [12].

## 2.5 Teori Pendinginan

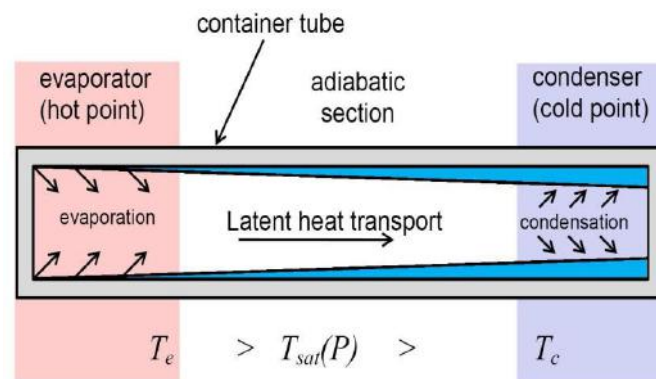
Untuk meningkatkan efisiensi panel surya, suhu sel surya bisa diturunkan dengan beberapa cara seperti heat pipe, air cooling dan water cooling. Gambar 9 menunjukkan representasi dasar dari panel surya [13]. Gambar 10 menunjukkan siklus absorbs dari siklu [13]. Gambar 11 menunjukkan teori heat pipe [14].



Gambar 9 Representasi dasar dari panel surya [13].

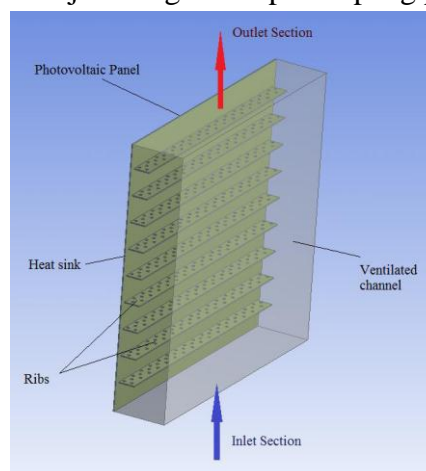


Gambar 10 Skematik siklus arbsorbsi [13].



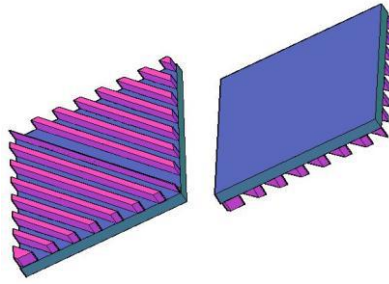
Gambar 11 Contoh dari *heat pipe* [14]

Pendekatan analisis sudah banyak dikembangkan untuk memperkirakan performa panel surya dengan menggunakan metode pendinginan.[15]. Gambar 12 menunjukkan geometri pendinginan [16]. Gambar 13 menunjukkan gambar penampang pendingin [17].



Gambar 12 Geometri model pendinginan [16].





Gambar 13 Penampang salah satu model pendingin [17].

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

Bab ini akan menjelaskan tentang tahapan penelitian, lokasi penelitian, peubah yang diukur, model yang digunakan, teknik pengumpulan dan analisis data.

#### **3.1 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ini adalah identifikasi masalah, tinjauan pustaka, simulasi, eksperimen, pengambilan data, penulisan jurnal dan pembuatan laporan.

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian ini adalah di Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

#### **3.3 Peubah yang Diukur**

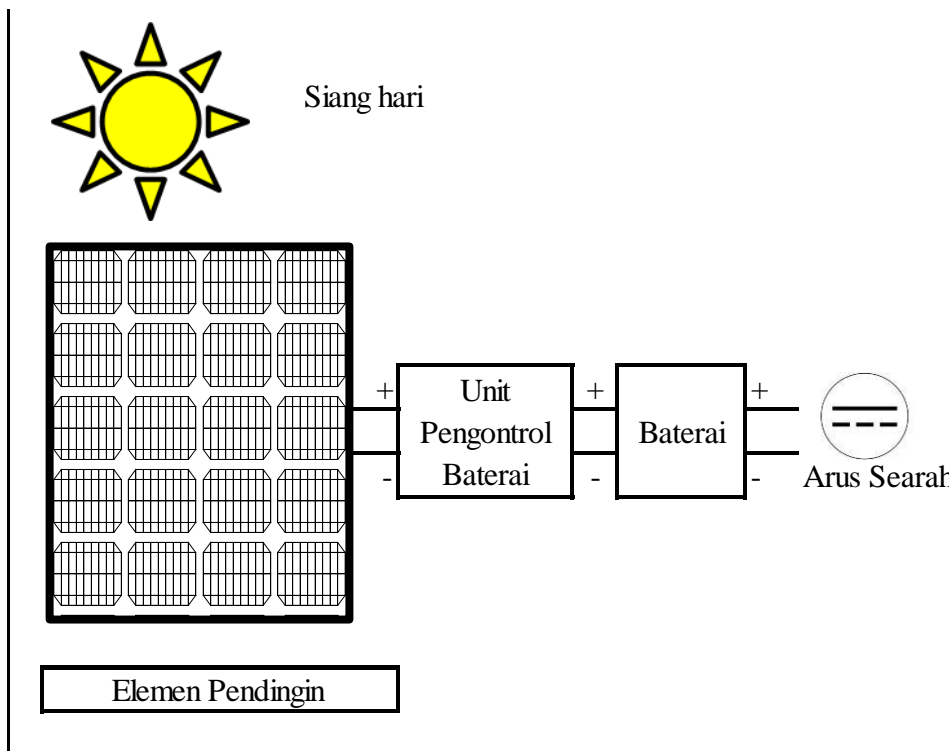
Peubah yang diukur adalah tegangan circuit terbuka, arus circuit tertutup, daya maksimum dan efisiensi sel surya.

#### **3.4 Parameter yang Diubah**

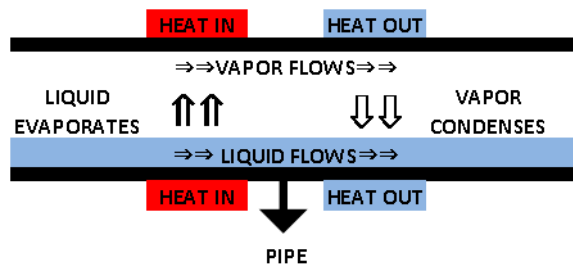
Parameter yang diubah adalah suhu, shading, bentuk rangkaian (seri, paralel atau gabungan).

#### **3.5 Model yang Digunakan**

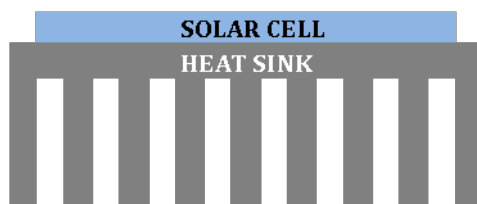
Contoh dari model untuk mendinginkan panel surya adalah *heat pipe*, *water cooling* dan *air cooling*.



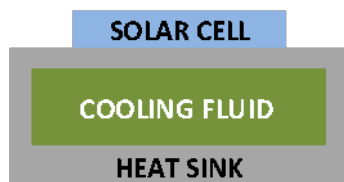
Gambar 14 Skematik Pengisian baterai atau aki pada siang hari.



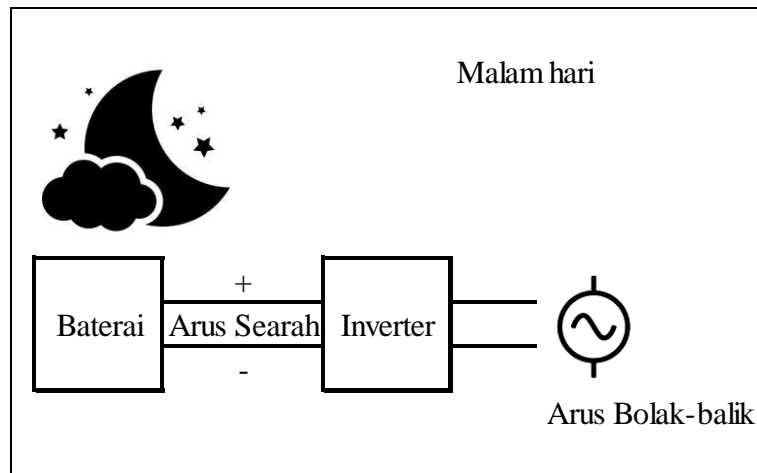
Gambar 15 Skematik pipa pembuang panas.



Gambar 16 Skematik heatsink untuk panel surya.



Gambar 17 Skematik fluida pendingin.



Gambar 18 Skematik baterai yang telah diisi di siang hari yang digunakan di malam hari.

### 3.6 Teknik pengumpulan data

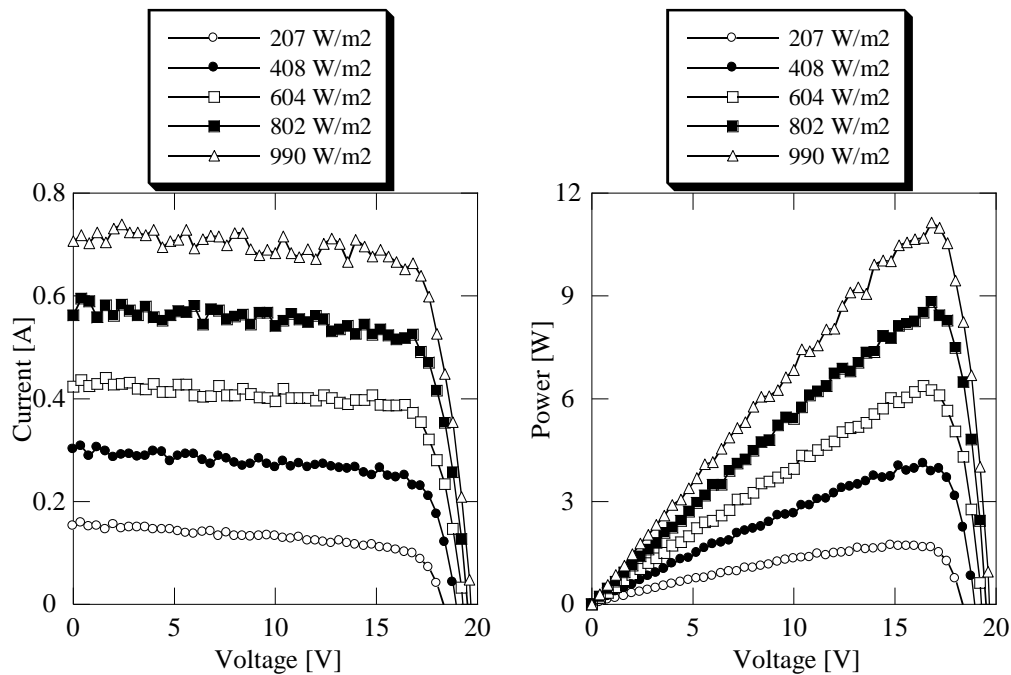
Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah eksperimen, observasi dan studi literature.

### 3.7 Analisis data

Analisis data pada penelitian ini adalah eksperimen.

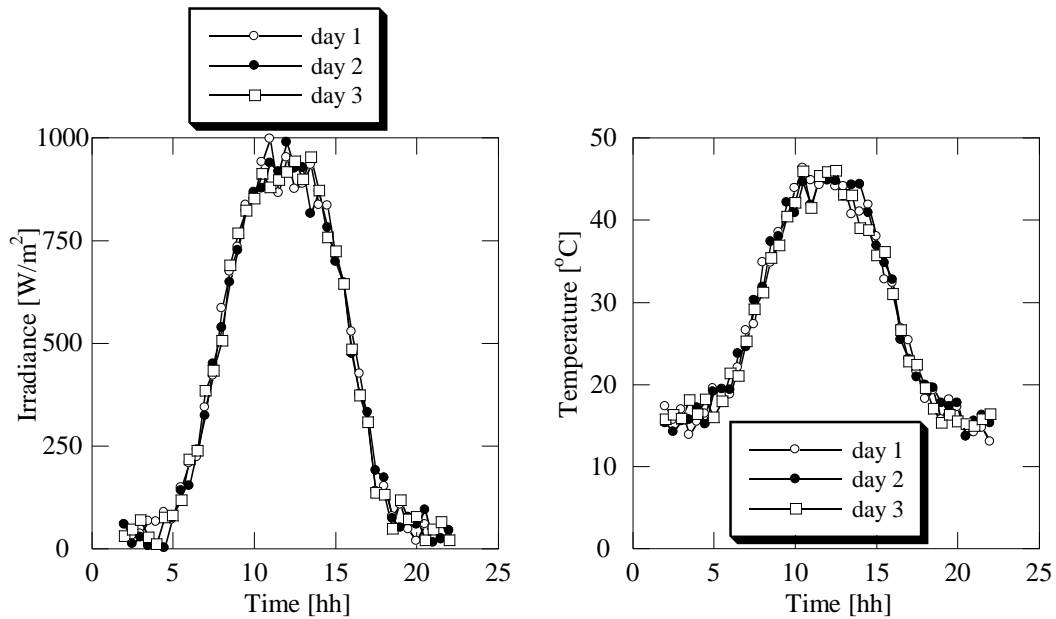
#### BAB 4. HASIL SEMENTARA DAN PEMBAHASAN

Ketergantungan kurva arus tegangan terhadap iradiasi ditunjukkan pada Gambar 19 (a). Hasilnya menunjukkan bahwa ketika iradiasi naik dari  $198 \text{ W/m}^2$  ke  $990 \text{ W/m}^2$ ,  $I_{SC}$  dan  $I_{MP}$  masing-masing naik ke  $0,7 \text{ A}$  and  $0,6 \text{ A}$ . Sementara itu,  $V_{OC}$  naik sedikit ke  $20 \text{ V}$ . Ketergantungan kurva daya tegangan terhadap iradiasi ditampilkan pada Gambar 19 (b). Daya maksimum naik ke  $11 \text{ W}$  ketika iradiasi naik ke  $990 \text{ W/m}^2$ .



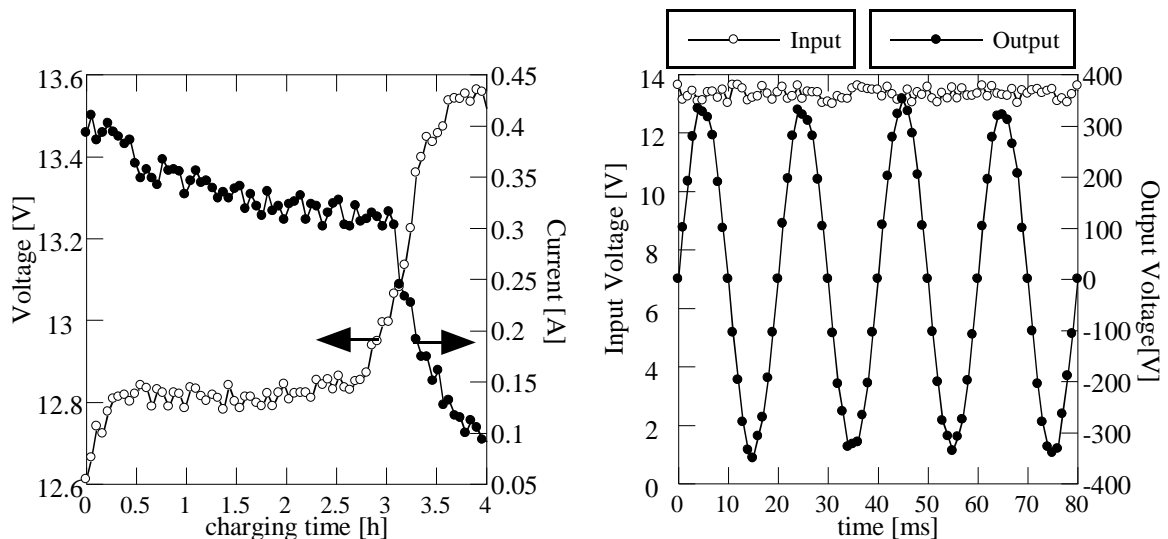
Gambar 19 Kurva dari (a) arus terhadap tegangan (b) daya terhadap tegangan.

Gambar 20 (a) mengilustrasikan bagaimana iradiasi surya berubah dalam 1 hari dari jam 2 sampai jam 22. Satuannya diukur dalam  $\text{W/m}^2$ . Secara keseluruhan, iradiasi pada hari ke-1, 2 dan 3 memiliki pola yang sama. Iradiasi dimulai dibawah  $125 \text{ W/m}^2$  pada jam 2 lalu mencapai puncak di  $950 \text{ W/m}^2$  pada jam 12 sebelum turun secara drastis ke bawah  $100 \text{ W/m}^2$  pada jam-jam terakhir. Gambar 20 (b) menunjukkan bagaimana suhu permukaan panel berubah selama 20 jam diantara jam 2 dan jam 22. Satuan diukur dalam derajat celsius. Secara keseluruhan, suhu hari ke-1, 2 dan 3 mengikuti pola yang sama. Pada jam 2, suhu mulai dari sekitar  $15^\circ\text{C}$  dan memuncak di  $45^\circ\text{C}$  pada jam 12 sebelum jatuh secara dramatis  $15^\circ\text{C}$  di jam-jam terakhir.

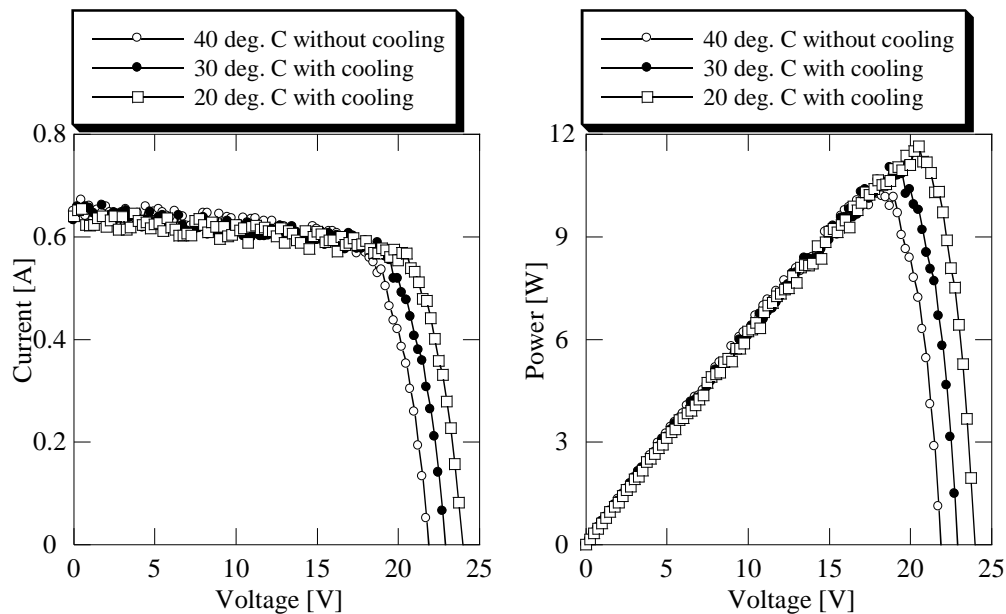


Gambar 20 Kurva dari (a)iradiasi harian, (b)suhu permukaan harian.

Gambar 21(a) menunjukkan perubahan tegangan dan arus selama pengisian selama 4 jam pengisian. Secara keseluruhan, tegangan meningkat sementara arus turun selama pengisian. Untuk tegangan, ia mulai dari 12,6 V dan meningkat secara cepat ke 12,8 V dalam 30 menit sebelum menjadi konstan selama 2 jam. Lalu, tegangan naik secara cepat lagi ke 13,6 V dalam 1,5 jam. Di sisi lain, arus mulai dari sekitar 0,45 A dan jatuh sedikit ke 0,3 A dalam 3 jam sebelum jatuh secara signifikan ke 0,1 A dalam waktu 1 jam. Gambar 21(b) menunjukkan bagaimana tegangan masuk dan tegangan keluar pada inverter berubah selama 80 ms. Secara keseluruhan, tegangan masuk hampir constant dan tegangan keluar beresilasi secara periodic.



Gambar 21 Kurva dari (a) karakteristik pengisian baterai (b) keluaran AC dan masukan DC pada inverter.



Gambar 22 Kurva (a) arus terhadap tegangan dengan dan tanpa pendingin (b)kurva daya terhadap tegangan dengan dan tanpa pendingin.

Gambar 22(a) menunjukkan kurva arus terhadap tegangan dengan dan tanpa pendinginan. Secara keseluruhan, ketika suhu turun,  $V_{MP}$  dan  $V_{OC}$  meningkat dan  $I_{SC}$  turun secara perlahan. Pada suhu 40°C,  $V_{OC}$  sekitar 22 V. Ketika suhu turun ke 20°C dengan pendinginan,  $V_{OC}$  naik ke 24 V. Modul surya sensitive. Ketika suhu meningkat, celah pita energi berkurang. Pada sel surya, parameter yang paling sensitive terhadap suhu adalah  $V_{OC}$ . Ketika suhu meningkat,  $V_{OC}$  turun karena  $V_{OC}$  berubah terhadap temperature secara  $T^{3/2}$ . Ketika  $V_{OC}$  turun, *fill factor* juga berkurang sehingga efisiensi juga ikut berkurang. Gambar 22(b) menunjukkan kurva daya terhadap tegangan dari modul surya yang diberi dan tidak diberi pendingin. Secara keseluruhan, ketika temperature turun,  $V_{OC}$  dan  $V_{MP}$  meningkat dan daya maksimum juga meningkat. Ketika suhu 40°C, daya maksimum pada  $V_{MP}$  17.5 V adalah 10 W. ketika suhu turun ke 20°C dengan pendinginan, daya maksimum naik ke 12 W pada suhu 20 V. Ketika suhu naik, daya naik karena daya merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus. Sebaliknya, ketika suhu naik, daya akan turun.

## BAB 5. KESIMPULAN

Sebuah eksperimen dari panel surya telah dilakukan. Ketika iradiasi naik dari  $198 \text{ W/m}^2$  ke  $990 \text{ W/m}^2$ , arus sirkuit pendek dan arus pada titik daya maksimal masing – masing naik ke  $0,7 \text{ A}$  dan  $0,6 \text{ A}$ . Sementara itu, tegangan siruit terbuka naik sedikit sekali ke  $20 \text{ V}$ . Daya maksimum naik ke sekitar  $11 \text{ W}$  ketika iradiasi naik ke  $990 \text{ W/m}^2$ . Tegangan baterai naik selama pengisian dan arus baterai turun selama pengisian. Lalu, peningkatan efisiensi modul surya dengan metode pendinginan telah diinvestigasi. Secara keseluruhan, ketika suhu turun,  $V_{OC}$ ,  $V_{MP}$  dan daya maksimum naik. Pada suhu  $40^\circ\text{C}$ ,  $V_{MP}$  dan  $V_{OC}$  masing-masing adalah  $17,5 \text{ V}$  dan  $22 \text{ V}$  dan daya maksimum adalah  $10 \text{ W}$ . Ketika suhu turun ke  $20 \text{ V}$ ,  $V_{MP}$  dan  $V_{OC}$  naik ke  $20 \text{ V}$  dan  $24 \text{ V}$ .



## DAFTAR PUSTAKA

1. <http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1MZMXCVQV-209Y0Z0-36MB/Atomic%20structures.jpg>
2. <https://qph.ec.quoracdn.net/main-qimg-ebd2d4a5abd9483d4f95327e0f7cdf9f>
3. [http://leung.uwaterloo.ca/CHEM/750/Lectures%202007/SSNT-3-Surface%20Structure%20I\\_files/image031.gif](http://leung.uwaterloo.ca/CHEM/750/Lectures%202007/SSNT-3-Surface%20Structure%20I_files/image031.gif)
4. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Solids/imgsol/sidia2.gif>
5. [https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/semi\\_en/kap\\_2/illustr/si\\_banddiagram.gif](https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/semi_en/kap_2/illustr/si_banddiagram.gif)
6. [http://www.nextnano.com/nextnano3/images/tutorial/1DTightBinding\\_bulk\\_GaAs\\_GaP/BandStructureGaAs\\_so\\_Klimeck.jpg](http://www.nextnano.com/nextnano3/images/tutorial/1DTightBinding_bulk_GaAs_GaP/BandStructureGaAs_so_Klimeck.jpg)
7. <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/Semicond/Ge/bandstr.html>
8. <https://www.hindawi.com/journals/ijp/2009/154059.fig.005.jpg>
9. <http://images.theage.com.au/2011/07/06/2476178/ipad-art-wide-pg4-solar-cell-420x0.jpg>
10. <https://i.stack.imgur.com/uqy7w.png>
11. <https://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/10/solarcity-head.jpg>
12. [www.intechopen.com/source/html/50017/media/image2\\_w.jpg](http://www.intechopen.com/source/html/50017/media/image2_w.jpg)
13. Dharmendra thakur, Amit arnav, Abhishek datta, E.V.V Ramanamurthy. (2016) A Review on Immersion System to increase the efficiency of Solar Panels. International Journal of Advanced Research 4 (4), 312-325.
14. Rasendrasinh Sangdot, Hardik Patel. (2016) A Review on Photovoltaic Panel Cooling Using Heat Pipe. International Journal of Scientific Development and Research 1 (5), 573-576.
15. Nikhil Gakkhar, M.S.Soni, Sanjeev Jakhar. (2016) Analysis of water cooling of CPV cells mounted on absorber tube of a Parabolic Trough Collector. Energy Procedia 90 (-), 78 - 88.
16. Cătălin George Popovici, Sebastian Valeriu Hudişteanu, Theodor Dorin Mateescu, Nelu-Cristian Cherecheş. (2016) Efficiency improvement of photovoltaic panels by using air cooled heat sinks. Energy Procedia 85 (-), 425 - 432.
17. B.Koteswararao, K. Radha Krishna, P.Vijay, N.Raja surya. (2016) Experimental Analysis of solar panel efficiency with different modes of cooling. International Journal of Engineering and Technology 8 (3), 1451-1456.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Justifikasi anggaran biaya

Tabel 1 Anggaran Biaya

Jenis Pengeluaran	Biaya yang Diusulkan [Rp]
Honor	1094400
Pembelian bahan habis pakai	2055600
Publikasi konferens, jurnal	700000
Perjalanan	150000
Total [Rp]	4000000

Tabel 2 Rincian Honor

Honorarium	Honor /jam [Rp]	Waktu (jam/minggu)	Minggu	Honor 6 bulan [Rp]
Pelaksana 1	1900	8	24	364800
Pelaksana 2	1900	8	24	364800
Pelaksana 3	1900	8	24	364800
Subtotal				1094400

Tabel 3 Rincian Pembelian Bahan Habis Pakai

Material	Justifikasi Pembelian	Kuantitas	Harga Satuan [Rp]	Harga [Rp]
Panel surya 10 Wp	Mengubah energi cahaya menjadi energi listrik	1	165000	165000
Heatsink	Mendinginkan solar panel	2	45000	90000
Potensiometer	Mengubah hambatan	10	7500	75000
Solar power meter	Mengukur radiasi sinar matahari	1	680000	680000
Termometer inframerah	Mengukur suhu panel surya	2	170000	340000
Multimeter	Mengukur arus dan tegangan	1	180000	180000
Cermin	Memantulkan cahaya matahari	1	85000	85000
Pengering rambut	Memanaskan panel surya	1	65000	65000
Sakelar	Menghubung/memutus arus	1	10000	10000
Kabel jumper	penghubung komponen	1	15600	15600
Bread board	Tempat komponen	1	30000	30000

Capit buaya	penghubung komponen	3	10000	30000
Penggaris	membuat gambar	3	10000	30000
Kabel	penghubung komponen	5	3000	15000
Solder set	solder	1	115000	115000
Pengupas kabel	mengupas kabel	1	40000	40000
Fotokopi	Fotokopi materi dan laporan	100	150	15000
Jilid	Jilid materi dan laporan	5	6000	30000
Kertas A4 1 rim	Menulis, menggambar rancangan	1	45000	45000
			Subtotal	2055600

Tabel 4 Rincian Pengeluaran untuk Publikasi

Material	Justifikasi Pembelian	Kuantitas	Harga Satuan [Rp]	Harga [Rp]
Pendaftaran seminar dan jurnal	Biaya pendaftaran seminar / jurnal / konferens	1	700000	700000
			Subtotal	700000

Tabel 5 Rincian Pengeluaran untuk Perjalanan

Material	Justifikasi Pembelian	Kuantitas	Harga Satuan	Harga
Ongkos pembelian bahan habis pakai	Ongkos transportasi survey dan pembelian	4	10000	40000
Ongkos kirim alat bahan	Ongkos transportasi pengiriman alat bahan	4	10000	40000
Perjalanan seminar / konferens	Ongkos transportasi seminar / konferens	2	35000	70000
			Subtotal	150000

## Lampiran 2 Bukti abstrak diterima pada prosiding SEMNASTEK 2017

**SURAT PENERIMAAN ABSTRAK**

Kepada Ykh,  
**Prian Gagani Chamdareno, S.T., M.T.**  
 Universitas Muhammadiyah Jakarta

Dengan Hormat,  
 Melalui surat ini kami sampaikan bahwa abstrak dengan judul makalah yang tertera dibawah ini dapat diterima untuk diseminarkan pada Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNASTEK) 2017.

Penulis Utama : Prian Gagani Chamdareno, S.T., M.T.  
 Penulis Pendamping : Budiyanto, Fadliandi, Haris Isyanto,  
 Judul Makalah : EXPERIMENTAL STUDY OF SOLAR PANEL AND INVERTER  
 Topik Makalah : Teknik Elektro (Telekomunikasi, Instrumentasi dan Kontrol, Teknik Tenaga Listrik, Elektronika dan Energi Terbarukan)  
 Universitas/Instansi : Universitas Muhammadiyah Jakarta  
 Kode Makalah : 07\_PO\_TE

Selanjutnya kami persilakan Bapak/Ibu untuk segera mengirimkan makalah lengkap (fullpaper) dalam bentuk word atau poster dalam bentuk power point sesuai template yang tersedia dan mengunggah pada halaman makalah melalui website SEMNASTEK 2017 di <http://semnastek.umj.ac.id/>.

Setelah fullpaper atau poster telah diverifikasi oleh admin, Mohon untuk segera melakukan pembayaran melalui rekening Bank Mandiri a/n : FT Univ. Muhammadiyah Jakarta dengan No. Rekening : 123-00-0638219-8. Format berita acara transfer dengan menyebutkan nama lengkap (pemakalah/Peserta) serta mengunggah KTM/KTP dan bukti pembayaran pada halaman makalah melalui website SEMNASTEK 2017. Jika dalam satu makalah yang hadir lebih dari satu orang, maka akan dikenakan biaya sebagai peserta per orang.

Jika Bapak/Ibu membutuhkan penjelasan lebih lanjut untuk pengiriman makalah lengkap dan pembayaran dapat menghubungi email kami [semnastek@ftumj.ac.id](mailto:semnastek@ftumj.ac.id) atau Apriana Diana 081319712341.

Kami mengapresiasi partisipasi dari Bapak/Ibu pada SEMNASTEK 2017. Prosiding seminar dalam bentuk elektronik dengan eISSN dapat diberikan dalam bentuk CD dan diunduh ke (<https://jurnal.umj.ac.id>) setelah seminar selesai.

Kami tunggu kehadiran Bapak/Ibu pada acara SEMNASTEK 2017 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta pada 1 - 2 November 2017.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Dekan,



Dr. Budiyanto, ST., MT.

Ketua Panitia,



Dr. Tri Yuni Hendrawati, ST., M.Si

## Lampiran 3 Bukti pencantuman nomor kontrak pada prosiding SEMNASTEK 2017

**TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih diberikan untuk Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta karena telah mandanai tulisan ini melalui skema Hibah Penelitian Internal PAKARTI dengan nomor kontrak 77k/FT-UMJ/V/2017.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aldinani, M., M. A. Mahmoud, R.K.AL-Dadah. 2014. The Effect of Cooling on the Performance of Photovoltaic Cells under Dusty Environmental Conditions. *Energy Procedia*, 61, 2383-2386.
- Bilal, M., Muhammad Naem Arbab, Muhammad Zain Ul Abideen Afridi, Alishpa Khattak. 2016. Increasing the Output Power and Efficiency of Solar Panel by Using Concentrator Photovoltaics (CPV). *International Journal of Engineering Works*, 3 (12), 98-102.
- Blakers, A., Ngwe Zin, Keith R. McIntosh, Kean Fong. 2012. High Efficiency Silicon Solar Cells. *Energy Procedia*, 33, 1-10.
- Fathi, M., Mahfoud Abderrezek, Farid Djahli, Mohammed Ayad. 2015. Study of thin film solar cells in high temperature condition. *Energy Procedia*, 74, 1410 – 1417.
- Iqbal, S., Samia Afzal, Atta Ullah Mazhar, Hazeema Anjum, Anab Diyyan. 2016. Effect of Water Cooling on the Energy Conversion Efficiency of PV Cell. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 20(1), 122-128.
- Saffar, A. P., Bahman Deldadeh Barani. 2014. Thermal Effects Investigation on Electrical Properties of Silicon Solar Cells Treated by Laser Irradiation. *International Journal of Renewable Energy Development*, 3 (3), 184-187.
- Sharma, S. Kamlesh Kumar Jain, Ashutosh Sharma. 2015. Solar Cells: In Research and Applications—A Review. *Materials Sciences and Applications*, 6(12), 1145-1155.
- Tobnaghi, D. M., Rahim Madatov, Daryush Naderi. 2013. The Effect of Temperature on Electrical Parameters of Solar Cells. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 2 (12), 6404-6407.
- Tyler, K.J., Jeffrey A. Ivie, Jason Jaruvang, and Oliver L. A. Monti. 2017. Fast sensitive amplifier for two-probe conductance measurements in single molecule break junctions. *Review of Scientific Instruments*, 88(3).
- Ugwuoke, P.E., Okeke, C.E.. 2012. Performance Assessment of Three Different PV Modules as a Function of Solar Insolation in South Eastern Nigeria. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(3), 319-327.

## STUDI EKSPERIMEN TERHADAP PANEL SURYA DAN INVERTER

Prian Gagani Chamdareno<sup>1</sup>, Budiyanto<sup>2</sup>, Fadliandi<sup>3</sup>, Haris Isyanto<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jalan Cempaka Putih Tengah 27, 10510

E-mail address : prian.gagani@ftumj.ac.id

### ABSTRAK

Energi surya telah menjadi objek populer penelitian dalam bidang energi terbarukan. Latar belakang dari penelitian ini adalah bahwa ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin sedikit mengakibatkan kebutuhan terhadap sumber energi baru meningkat. Salah satu sumber energi baru adalah sinar matahari yang ketersediaannya sangat melimpah terutama pada daerah yang terletak di garis khatulistiwa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik tegangan arus searah yang kemudian dikonversikan ke tegangan arus bolak balik. Sebuah eksperimen panel surya telah dilakukan. Metode yang dilakukan adalah dengan memaparkan panel surya terhadap sinar matahari lalu luaran dari panel surya dimasukkan ke converter. Ketika iradiasi meningkat dari 198 W/m<sup>2</sup> ke 990 W/m<sup>2</sup>, arus short circuit dan arus saat daya mencapai maksimum, masing-masing meningkat ke 0,7 A dan 0,6 A. Sementara itu, tegangan open circuit meningkat sangat sedikit sekali ke 20 V. Daya maksimum meningkat ke 11 W saat iradiasi naik ke 990 W/m<sup>2</sup>. Tegangan baterai meningkat, sementara itu arus berkurang selama pengisian. Tegangan bermula dari 12,6 V dan meningkat secara drastis ke 12,8 V dalam 30 menit sebelum menjadi hampir konstan selama 2 jam. Lalu, ia meningkat secara cepat ke nilai maksimum sekitar 13,6 V dalam 1,5 jam. Di sisi lain, arus bermula di sekitar 0,45 A dan berkurang secara perlahan ke 0,3 A dalam 3 jam sebelum ia jatuh secara drastis ke 0,1 A dalam waktu 1 jam. Kesimpulan yang didapat adalah bahwa energi sinar matahari berhasil dikonversikan ke energi listrik arus searah yang kemudian disimpan dalam baterai lalu diubah ke arus bolak balik dengan memakai converter.

**Kata kunci:** panel, surya, inverter, konversi

### ABSTRACT

*Recently, solar energy has become a popular object of research in renewable energy because of its advantages. An experiment of solar panel was carried out. When the irradiance increased from 198 W/m<sup>2</sup> to 990 W/m<sup>2</sup>, the short circuit current and the maximum power point current increased to 0.7 A and 0.6 A respectively. Meanwhile, the open circuit voltage increased very slightly to 20 V. The maximum power increased to around 11 W when the irradiance rose to 990 W/m<sup>2</sup>. The voltage of battery increased over the charging time while the current of battery decreased during the charging. With regards to the voltage, it began at around 12.6 V and rose rapidly to 12.8 V in 30 minutes before remaining almost constant for 2 hours. It then increased rapidly to the maximum around 13.6 V in 1.5 hours. On the other hand, the current started at about 0.45 A and fell slightly to 0.3 A in 3 hours before falling dramatically to about 0.1 A in 1 hour.*

**Keywords :** panel, solar, inverter, conversion

### PENDAHULUAN

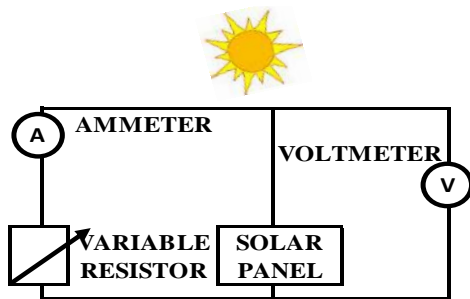
Saat ini, sekitar 80% dari energy kita dating dari bahan bakar fosil yang menghasilkan polutan dan gas rumah kaca ketika mereka dikonversikan ke dalam energy listrik (Tobnaghi et al, 2013). Sumber energy terbarukan seperti surya air dan biomassa isa menjadi solusi karena kelebihannya seperti ketersediaannya yang melimpah, gratis dan ramah lingkungan dan ketersediaannya sepanjang tahun (Bilal et al. 2016). Dibandingkan dengan sumber energy terbarukan lainnya, energy surya memiliki banyak kelebihan seperti kebersihannya,

ketenangannya, keamanannya dan tidak menghasilkan polusi (Chinnammai, 2013). Iradiasi surya sekitar 1000 W/m<sup>2</sup> harus dikonversikan ke dalam bentuk energy listrik sebelum digunakan (Ugwuoke et al, 2012). Divais elektronik yang mengonversikan energy cahaya menjadi energy listrik disebut sel surya yang pada umumnya diklasifikasikan menjadi 3 jenis yakni sel surya mono crystalline (mono-Si), sel surya polycrystalline (poly-Si) dan sel surya film (Sharma et al, 2015). Silikon merupakan material semikonduktor utama untuk memproduksi sel surya mono crystalline dan sel surya polycrystalline yang sensitive terhadap perubahan suhu dan bisa mencapai

efisiensi sekitar 30 %, sementara itu CdTe dan CiGs digunakan untuk memfabrikasi sel surya film tipis yang lebih kuat terhadap suhu tinggi tetapi memiliki efisiensi yang lebih rendah yakni sebesar 20 % (Fathi et al. 2015). Efisiensi sel surya sangat dipengaruhi oleh banyak factor seperti rugi resistif, rugi pembawa minoritas, rugi foton, rugi panas joule dan rugi optic (Blakers et al. 2013). Sementara itu, kinerja sel surya akan turun ketika suhu naik (Biodun et al. 2017).

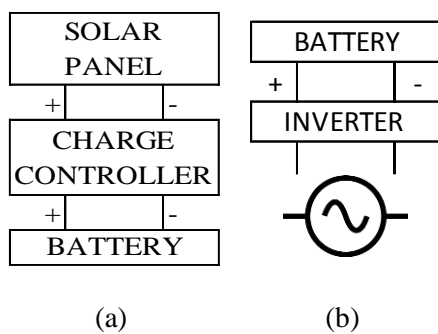
**BAHAN DAN METODE**

Iradiasi surya biasanya diukur dengan solarimeter yang ditempatkan pada permukaan datar. Pengukuran karakteristik listrik ditunjukkan pada Gambar 1 dengan memakai sebuah ammeter, voltmeter, potensiometer dan box resistor (Iqbal et al. 2016). Loading sangat tidak baik pada saat pengukuran sehingga diperlukan voltmeter dengan impedansi yang tinggi dan ammeter dengan impedansi yang kecil (Tyler et al. 2017).



Gambar 1 Skematik pengukuran.

Gambar 2 menunjukkan cara untuk mengisi baterai dari panel surya dan cara untuk menginversikan arus DC ke arus AC.



Gambar 2 Skematik dari (a) pengisian baterai dan (b) pengonversian DC dan AC.

Persamaan 1 memberikan fill factor yang didefinisikan sebagai hasil bagi dari  $V_{MP}I_{MP}$  terhadap  $V_{OC}I_{SC}$  (Saffar et al. 2014). Sementara persamaan 2 adalah arus keluaran dari sel surya dimana  $I_{ph}$  adalah arus foto dan  $I_d$  adalah arus jenuh balik sel. Lalu,  $q$  adalah muatan electron,  $V$  adalah tegangan,  $k$  adalah tetapan Boltzman,  $T$  adalah suhu dan  $A$  adalah factor keidealan (Aldihani et al. 2014). Hasil kali dari  $V$  dan  $I$  yang merupakan daya keluaran diberikan pada persamaan 3. Persamaan 4 adalah efisiensi dari sel surya dengan  $V_{oc}$  dan  $I_{sc}$  masing-masing adalah tegangan sirkuit terbuka dan arus sirkuit tertutup.  $P_{INPUT}$  adalah daya cahaya masuk.

$$FF = \frac{V_{MP} \times I_{MP}}{V_{OC} \times I_{SC}} \tag{1}$$

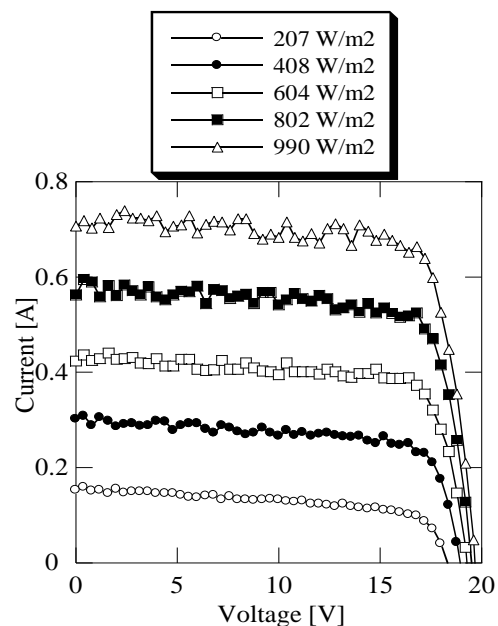
$$I = I_{ph} - I_d \left[ \exp\left(\frac{qV}{kTA}\right) - 1 \right] \tag{2}$$

$$P = V \times I \tag{3}$$

$$\eta = \frac{P_{MAX}}{P_{INPUT}} = \frac{FF \times V_{OC} \times I_{SC}}{P_{INPUT}} \tag{4}$$

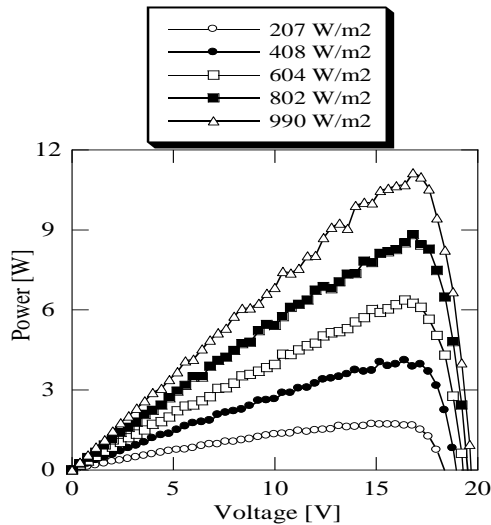
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Ketergantungan kurva arus tegangan terhadap iradiasi ditunjukkan pada Gambar 3. Hasilnya menunjukkan bahwa ketika iradiasi naik dari 198 W/m<sup>2</sup> ke 990 W/m<sup>2</sup>,  $I_{SC}$  dan  $I_{MP}$  masing-masing naik ke 0,7 A and 0,6 A. Sementara itu,  $V_{OC}$  naik sedikit ke 20 V.



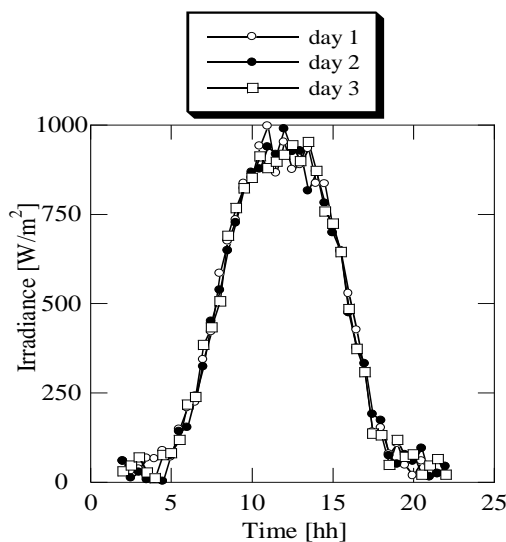
Gambar 3 Kurva arus terhadap tegangan.

Ketergantungan kurva daya tegangan terhadap iradiasi ditampilkan pada Gambar 4. Daya maksimum naik ke 11 W ketika iradiasi naik ke 990 W/m<sup>2</sup>.



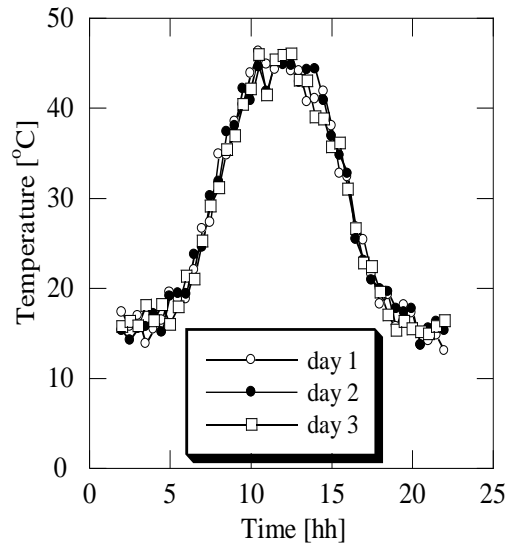
Gambar 4 Kurva daya terhadap tegangan.

Gambar 5 mengilustrasikan bagaimana iradiasi surya berubah dalam 1 hari dari jam 2 sampai jam 22. Satuannya diukur dalam W/m<sup>2</sup>. Secara keseluruhan, iradiasi pada hari ke-1, 2 dan 3 memiliki pola yang sama. Iradiasi dimulai dibawah 125 W/m<sup>2</sup> pada jam 2 lalu mencapai puncak di 950 W/m<sup>2</sup> pada jam 12 sebelum turun secara drastic ke bawah 100 W/m<sup>2</sup> pada jam-jam terakhir.



Gambar 5 Iradiasi surya harian.

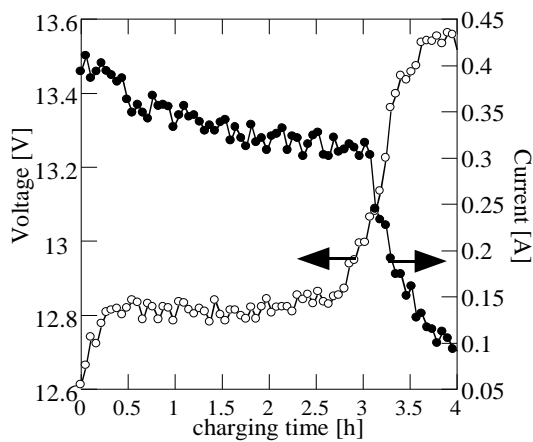
Gambar 6 menunjukkan bagaimana suhu permukaan panel berubah selama 20 jam diantara jam 2 dan jam 22. Satuan diukur dalam derajat celsius. Secara keseluruhan, suhu hari ke-1, 2 dan 3 mengikuti pola yang sama. Pada jam 2, suhu mulai dari sekitar 15°C dan memuncak di 45°C pada jam 12 sebelum jatuh secara dramatis 15°C di jam-jam terakhir.



Gambar 6 Suhu permukaan panel harian.

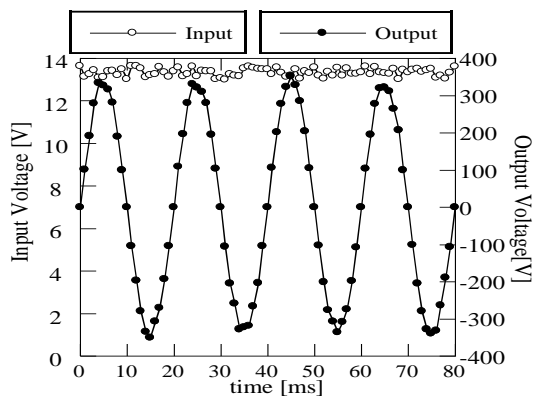
Gambar 7 menunjukkan perubahan tegangan dan arus selama pengisian sel selama 4 jam pengisian. Secara keseluruhan, tegangan meningkat sementara arus turun selama pengisian. Untuk tegangan, ia mulai dari 12,6 V dan meningkat secara cepat ke 12,8 V dalam 30 menit sebelum menjadi konstan selama 2 jam. Lalu, tegangan naik secara cepat lagi ke 13,6 V dalam 1,5 jam. Di sisi lain, arus mulai dari sekitar 0,45 A dan jatuh sedikit ke 0,3 A dalam 3 jam sebelum jatuh secara signifikan ke 0,1 A dalam waktu 1 jam.





Gambar 7 Karakteristik pengisian baterai.

Gambar 8 menunjukkan bagaimana tegangan masuk dan tegangan keluar pada inverter berubah selama 80 ms. Secara keseluruhan, tegangan masuk hampir constant dan tegangan keluar berosilasi secara periodis.



Gambar 8 Keluaran AC dan masukan DC pada inverter.

## KESIMPULAN

Sebuah eksperimen dari panel surya telah dilakukan. Ketika iradiasi naik dari 198 W/m<sup>2</sup> ke 990 W/m<sup>2</sup>, arus sirkuit pendek dan arus pada titik daya maksimal masing-masing naik ke 0,7 A dan 0,6 A. Sementara itu, tegangan siruit terbuka naik sedikit sekali ke 20 V. Daya maksimum naik ke sekitar 11 W ketika iradiasi naik ke 990 W/m<sup>2</sup>. Tegangan baterai naik selama pengisian dan arus baterai turun selama pengisian.

## TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan untuk Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta karena telah mandanai tulisan ini

melalui skema Hibah Penelitian Internal PAKARTI dengan nomor kontrak 77k/FT-UMJ/V/2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldihani, A., A. Aldossary, S. Mahmoud, R.K.AL-Dadah. 2014. The Effect of Cooling on the Performance of Photovoltaic Cells under Dusty Environmental Conditions. *Energy Procedia*, 61, 2383-2386.
- Bilal, M., Muhammad Naeem Arbab, Muhammad Zain Ul Abideen Afridi, Alishpa Khattak. 2016. Increasing the Output Power and Efficiency of Solar Panel by Using Concentrator Photovoltaics (CPV). *International Journal of Engineering Works*, 3 (12), 98-102.
- Blakers, A., Ngwe Zin, Keith R. McIntosh, Kean Fong. 2012. High Efficiency Silicon Solar Cells. *Energy Procedia*, 33, 1-10.
- Fathi, M., Mahfoud Abderrezek, Farid Djahli, Mohammed Ayad. 2015. Study of thin film solar cells in high temperature condition. *Energy Procedia*, 74, 1410 – 1417.
- Iqbal, S., Samia Afzal, Atta Ullah Mazhar, Hazeema Anjum, Anab Diyyan. 2016. Effect of Water Cooling on the Energy Conversion Efficiency of PV Cell. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 20(1), 122-128.
- Saffar, A. P., Bahman Deldadeh Barani. 2014. Thermal Effects Investigation on Electrical Properties of Silicon Solar Cells Treated by Laser Irradiation. *International Journal of Renewable Energy Development*, 3 (3), 184-187.
- Sharma, S. Kamlesh Kumar Jain, Ashutosh Sharma. 2015. Solar Cells: In Research and Applications—A Review. *Materials Sciences and Applications*, 6(12), 1145-1155.
- Tobnaghi, D. M., Rahim Madatov, Daryush Naderi. 2013. The Effect of Temperature on Electrical Parameters of Solar Cells. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 2 (12), 6404-6407.

- Tyler, K.J., Jeffrey A. Ivie, Jason Jaruvang, and Oliver L. A. Monti. 2017. Fast sensitive amplifier for two-probe conductance measurements in single molecule break junctions. *Review of Scientific Instruments*, 88(3).
- Ugwuoke, P.E., Okeke, C.E.. 2012. Performance Assessment of Three Different PV Modules as a Function of Solar Insolation in South Eastern Nigeria. *International Journal of applied Science and Technology*, 2(3), 319-327.

## Lampiran 4 Kontrak penelitian



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
 PERJANJIAN PELAKSANAAN  
 PROGRAM PENELITIAN INTERNAL DOSEN FAKULTAS TEKNIK UMJ  
 TAHUN ANGGARAN 2017  
 Nomor : 774/FT-UMJ/V/2017

Pada hari ini Kamis tanggal Delapan Belas bulan Mei Tahun Dua Ribu Tujuh Belas, kami yang bertandatangan di bawah ini :

1. Dr. Ir. Budiyanto, MT : Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, bertindak untuk dan atas nama Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta yang selanjutnya dalam Surat Perjanjian ini disebut sebagai *Pihak Pertama* ;
2. Fadliondi, B. Eng., M.Eng : Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, dalam hal ini bertindak atas nama Peneliti dan/atau Ketua Tim Peneliti Penelitian Internal Dosen Fakultas Teknik UMJ Tahun Anggaran 2017 untuk selanjutnya disebut *Pihak Kedua*.

Perjanjian ini berdasarkan pada Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Nomor: 101 Tahun 2017, tanggal Mei 2017 tentang Penetapan Dosen Penerima Dana Penelitian Internal di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

*Pihak Pertama* dan *Pihak Kedua*, secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Internal Dosen Fakultas Teknik UMJ Tahun 2017 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagaimana diatur dalam pasal-pasal sebagai berikut:

Pasal 1

*Pihak Pertama* memberi biaya kepada *Pihak Kedua*, dan *Pihak Kedua* menerima biaya tersebut untuk melaksanakan penelitian dengan judul " Peningkatan Kinerja Panel Surya Dengan Metode Pendinginan"

Pasal 2

*Pihak Pertama* memberikan dana penelitian sebagaimana tersebut pada pasal 1 sebesar Rp. 4.000.000,- (empat juta rupiah) yang dibebankan kepada Anggaran Pendapatan dan Belanja Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta dan pembayarannya dilaksanakan secara bertahap sebagai berikut:

- a. Tahap pertama 50% sebesar Rp. 2.000.000,- (*dua juta rupiah*) setelah surat perjanjian ini ditanda tangani oleh kedua belah pihak;
- b. Tahap kedua 50% sebesar Rp. 2.000.000,- (*dua juta rupiah*) setelah *Pihak Kedua* menyerahkan hasil laporan akhir penelitian dan publikasi nasional pada jurnal ISSN on line atau Prosiding Seminar Nasional on line kepada *Pihak Pertama*, disertai dengan Berita Acara.
- c. Apabila *Pihak Pertama* tidak mengumpulkan laporan hasil penelitian, maka harus mengembalikan dana 50% yang sudah diterima kepada *Pihak Kedua*.

## Lampiran 5 Bukti submit ke jurnal internasional terindeks scopus

#7949 Summary

<http://www.iaescore.com/journals/index.php/IJECE/author/submissio...>**#7949 Summary**

SUMMARY REVIEW EDITING

**Submission**

Authors Fadlioni Fadlioni, Haris Isyanto, Budiyanto Budiyanto  
 Title Bypass Diodes For Improving Solar Panel Performance  
 Original file [2949-8201-1-SM.DOCX](#) 2017-07-14  
 Supp. files None [ADD A SUPPLEMENTARY FILE](#)  
 Submitter Fadlioni Fadlioni   
 Date submitted July 14, 2017 - 06:59 AM  
 Section Electrical\_Power\_Engineering  
 Editor Tarek Bouktir  (Review)  
 Lech M. Grzesiak  (Review)  
 Ahmad Saudi Samosir  (Review)  
 Govindaraj Thangavel  (Review)  
 Sanjay Warkad  (Review)

**Status**

Status In Review  
 Initiated 2017-07-14  
 Last modified 2017-09-29

**Submission Metadata**[EDIT METADATA](#)**Authors**

Name Fadlioni Fadlioni   
 Affiliation Universitas Muhammadiyah Jakarta  
 Country Indonesia  
 Bio Statement —  
 Principal contact for editorial correspondence.  
 Name Haris Isyanto   
 Affiliation Universitas Muhammadiyah Jakarta  
 Country Indonesia  
 Bio Statement —  
 Name Budiyanto Budiyanto   
 Affiliation Universitas Muhammadiyah Jakarta  
 Country Indonesia  
 Bio Statement —

**Title and Abstract**

Title Bypass Diodes For Improving Solar Panel Performance  
 Abstract The output power of solar panel that decreased due to shading has been improved using bypass diode method. The placement of bypass diodes increased the output current and power. New peaks and maximum powerpoints on the current - voltage characteristics and power - voltage characteristics were observed. Without bypass diodes, the maximum output power was only around 50 W. After placing bypass diodes, the first peak around 115 W and second peak around 150 W appeared at voltage of around 31 V and 40 V, respectively.

**Indexing**

Academic discipline and sub-disciplines —  
 Keywords —  
 Language en

**Supporting Agencies**

Agencies —



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).