

# PROSIDING

Seminar Nasional Teknologi,  
Kualitas dan Aplikasi



SEMINAR NASIONAL  
**TEKNOKA**  
2017

## INOVASI DAN PENDAYAGUNAAN TEKNOLOGI UNTUK INDONESIA BERKEMAJUAN



Sabtu, 04 November 2017

08.00 - 16.30 WIB

Aula Ahmad Dahlan Lantai 6  
Gedung A FKIP UHAMKA

Jl. Tanah Merdeka Kp. Rambutan,  
Ciracas, Jakarta Timur.

### PEMBICARA UTAMA

Dr. Handry Satriago  
(CEO General Electric Indonesia)

### PEMBICARA

Muhammad Fajrin Rasyid S.T.  
(CFO Bukalapak.com)

Adityo Pratomo S.T., M.IDEA  
(Labtek Indie)

Cahyadi Setiawan  
(PT. Robo Marine Indonesia)

PENYELENGGARA : FAKULTAS TEKNIK UHAMKA

Jl. Tanah Merdeka No. 6 Kp. Rambutan, Ciracas, Jakarta Timur

(021) 8400941 (021) 87782739

teknoka@uhamka.ac.id teknoka.uhamka.ac.id

DIDUKUNG OLEH :

**Bukalapak**

**PENERBIT ERLANGGA**  
Kami Melayani Ilmu Pengetahuan



# Prosiding

Seminar Nasional TEKNOKA (Teknologi, Kualitas dan Aplikasi) ke - 2

ISSN Cetak 2502-8782 / ISSN Online 2580-6408

## Reviewer (Penelaah)

- Ir. Harry Ramza, MT., PhD, MIPM (Program Studi Teknik Elektro, FT-UHAMKA, Jakarta - Indonesia).  
Dr. Sugema, M.Kom (Program Studi Teknik Informatika, FT-UHAMKA, Jakarta - Indonesia).  
Dr. Dan Mugsidi, MT (Program Studi Teknik Mesin, FT - UHAMKA, Jakarta - Indonesia).  
Paramita Mirza, PhD (Max-Planck-Institut für Informatik, (Saarbrücken, Germany).  
Dr. Ir. Yohannes Dewanto (Program Studi Teknik Elektro, FT - Universitas Surya Darma, Jakarta - Indonesia).  
Dr. Herna Dewita (Program Studi Teknik Mesin, FT - Universitas Mercu Buana, Jakarta - Indonesia).  
Joko Siswanto, MS, PhD (Program Studi Teknik Informatika, Universitas Surabaya, Surabaya - Indonesia).  
Dr. Eng. Hendra, MT (Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bengkulu, Bengkulu - Indonesia).

## Ketua Editor

Ir. Harry Ramza, MT, PhD, MIPM

## Editor Anggota

Arien Bianingrum, S.Sos  
Drs Arjoni Amir, MT  
Atiqah Meutia Hilda, S.Kom, M.Kom  
Dwi Astuti Cahyasiwi, ST, MT  
Estu Sinduningrum, SST, MT

## Administrator

Herman Fauzi

## Alamat

Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka  
Jalan Tanah Merdeka No. 6, Kp Rambutan, Jakarta 13540  
Telp : +62 21 8400941 / Faks : +62 21 8778 2739



9 772580 640006

Teknoka@2017

## Daftar Isi

|   |     |
|---|-----|
| Editorial .....   | iii |
| Kata Sambutan Ketua Pelaksana .....   | v   |
| Kata Sambutan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka ..... | vii |
| Daftar Isi .....  | ix  |

### Bidang Teknik Informatika

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Herlinda, I. Mutia &amp; Atikah, “Perancangan Knowledge Management System (KMS) Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas Negeri Di Jakarta Selatan” .....</i>   | I1 – I7   |
| <i>W. Wisudawan, B. Hendriana, I. Nuriadin &amp; H. Ramza, “Pengembangan Aplikasi Math Mobile Learning Bangun Datar Berbasis Android pada Materi Segitiga dan Segiempat Pelajaran Matematika di Tingkat SMP” .....</i> | I8 – I13  |
| <i>A. Gunawan &amp; J. F. Andry, “Audit Aplikasi Zahir di PT Radisa Mahardi Rekatama Menggunakan Framework COBIT 5” .....</i>  | I14 – I21 |
| <i>A. I. Harsapranata, “Pemanfaatan Open Source untuk Internal dan Eksternal DNS di Perusahaan” .....</i>  | I22 – I28 |
| <i>Suryadi &amp; J. F. Andry, “Perancangan Enterprise Architecture Menggunakan Togaf Architecture Development Method (Studi Kasus: Yakuza Gym Jakarta Barat) .....</i>   | I29 – I34 |
| <i>B. Mujasir, I. Nuriadin, &amp; B. Hendriana, “Pengembangan Mobile Learning Aplikasi Castle Math Berbasis Sistem Operasi Android pada Materi Bangun Ruang Sisi Datar Tingkat SMP/MTS” .....</i>                      | I35 – I41 |
| <i>I. B. Sukmajaya &amp; J. F. Andry, “Audit Sistem Informasi Pada Aplikasi Accurate Menggunakan Model Cobit Framework 4.1 (Studi Kasus: PT. Setia Jaya Teknologi)” .....</i>  | I42 – I51 |
| <i>Wamiliiana, Warsono &amp; M. D. Maulana, “Perbedaan Solusi Masalah Instalasi Jaringan Multi Tahap Dalam Proses Koneksi Menggunakan Algoritma Modifikasi Prim dan GNU Octave” .....</i>                              | I52 – I55 |
| <i>Widiarti, R. R. Pertiwi &amp; A. Sutrisno, “Perbandingan Mean Squared Error (MSE) Metode Prasad-Rao dan Jiang-Lahiri-Wan Pada Pendugaan Area Kecil” .....</i>   | I56 – I60 |
| <i>D. Kurniasari, N. Setiawan, Warsono &amp; Y. Antonio, “Pendugaan Parameter Model Produksi Constant Elasticity of Substitutions (CES) dengan Metode Kuadrat Terkecil Nonlinear” .....</i>                            | I61 – I66 |

|  |             |
|--|-------------|
| <i>N. Zakiyan, E. Sinduningrum &amp; H. Irfan, “Perancangan Media Pembelajaran Virtualisasi Masjidil Haram Dengan Virtual Reality”</i> .....                   | I67 – I74   |
| <i>Ritzkal &amp; M. Subchan, “Pengukuran Kualitas Perangkat Lunak Sistem Manajemen Pelaporan Kegiatan Berbasis Web Peringatan Berbasis Email”</i> .....        | I75 - I80   |
| <i>D. Utomo, M. Sholeh, &amp; A. Avorizano, “Membangun Sistem Mobile Monitoring Keamanan Web Aplikasi Menggunakan Suricata dan Bot Telegram Channel”</i> ..... | I81 – I87   |
| <i>Y. Adharani &amp; P. Meilina, “Penjadwalan Imunisasi Anak Usia 0 – 18 Tahun Menggunakan Metode Forward Chaining”</i> .....                                  | I88 – I95   |
| <i>M. A. Kusuma, M. Kamayani, A.Avorizano, “Pencarian Full Text Pada Koleksi Skripsi Fakultas Teknik Uhamka Menggunakan Metode Vector Spacemodel”</i> .....    | I96 – I102  |
| <i>A. R. Ruli, “Implementasi Active Directory Single Domain pada Anak Perusahaan Akita Jaya Mobilindo Jakarta”</i> .....                                       | I103 – I108 |
| <i>Aprianda, A. M. Hilda, G. Prayitno, “Penerapan Logika Fuzzy Pada Alat Pengering Lada Otomatis Berbasis Mikrokontroler DHT-22”</i> .....                     | I109 – I116 |

## **Bidang Teknik Elektro**

|  |           |
|--|-----------|
| <i>A. Gamayel, “Pengaruh Bentuk Bluff Body Terhadap Tegangan Listrik yang dihasilkan Piezoelektrik dengan Sistem Kantilever”</i> .....   | E1 – E5   |
| <i>M. R. Robiansyah, “Perancangan Kontroler Untuk Turbin Angin Skala Kecil”</i> .....  | E6 – E15  |
| <i>A. D. M. Surachman, M. Ramdani, &amp; R. Nugraha, “Desain Dan Implementasi Lengan Robot Berbasis Electromyogram Untuk Orang Berkebutuhan Khusus”</i> .....  | E16 – E23 |
| <i>I. M. W. Kastawan, “Reduksi Harmonisa Arus Sumber Tiga-Fasa dengan Transformator Penggeser Fasa”</i> .....  | E24 – E30 |
| <i>Supriyadi, E. Rakhman, Suyanto, A.Rahman, &amp; N. C. Basjaruddin, “Transfer Daya Nirkabel dengan Kopleng Induksi”</i> .....  | E31 – E36 |
| <i>A. Goeritno &amp; W. K. Soekarna, “Simulasi Perubahan Frekuensi Akibat Perubahan Beban Untuk Prediksi Waktu Kestabilan pada Sistem Tenaga Listrik Dua Area”</i> .....   | E37 – E46 |
| <i>F. Pahlawan, D. A. Cahyasiwi &amp; K. Fayakun, “Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON): Studi Kasus Perumahan Graha Permai Ciputat”</i> ..... | E47 – E54 |
| <i>Nuryanti, Suparman &amp; E. S. Amitayani, “Analisis Kelayakan Finansial Proyek PLTN SMR di Indonesia Dengan Pendekatan Probabilistik: Studi kasus pengaruh</i>  |           |

|  |           |
|--|-----------|
| <i>penambahan jumlah variabel ketidakpastian”</i> .....  | E55 – E60 |
| <i>M. Musaruddin, A. Munawir, &amp; S. Hay, “Pengaruh Pemasangan Pembangkit Terdistribusi (Distributed Generation) Terhadap Magnitude Arus Gangguan pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik”</i> ..... | E61 – E67 |
| <i>Triyono, D. A. Cahyasiwi, E. Roza, &amp; K. Fayakun, “Analisis Interferensi TV Digital Terhadap Long Term Evolution (LTE) Pada Frekuensi 700 MHZ”</i> .....                                       | E68 – E77 |
| <i>Sukmara, E. Roza, &amp; D. A. Cahyasiwi, “Rancang Bangun Antena Multiband V-Double Dipole Frekuensi 700 MHz dan 2,4 GHz”</i> .....  | E78 – E88 |
| <i>Rosalina, I. Qosim, dan M. Mujirudin, “Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)”</i> .....   | E89 – E94 |

### **Bidang Teknik Mesin**

|  |           |
|--|-----------|
| <i>U. Sumirat, A. Djohar, I. Kuntadi &amp; S. Supriatno, “Analisis Sifat Mekanis Magnesium Melalui Uji Tarik”</i> .....  | M1 – M3   |
| <i>A. S. Mubarak, M. Y. Djeli &amp; D. Mugsidi, “Pengaruh Berat Bucket Terhadap Putaran dan Torsi Pada Turbin Pelton”</i> .....                                    | M4 – M8   |
| <i>M. Wasi, D. Mugsidi, &amp; Rifky, “Uji Eksperimental Pengaruh Fresnel Pada Modul Surya 10 W Peak Dengan Posisi Sesuai Pergerakan Arah Matahari”</i> .....       | M9 – M16  |
| <i>G. Gundara, “Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Serat Gelas Berlapis”</i> .....  | M17 – M21 |
| <i>M. Gunara, “Potensi Batubara Sebagai Sumber Energi Alternatif Untuk Pengembangan Industri Logam”</i> .....  | M22 – M27 |
| <i>T. Suhaemi, “Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Korea Selatan: Pembelajaran Bagi Indonesia”</i> .....   | M28 – M36 |
| <i>D. Agusman, Rifky, &amp; A. K. Buono, “Pengaruh Starter Ragi dalam Proses Pembentukan Biogas Limbah Buah”</i> .....   | M37 – M43 |
| <i>O. Heriyani, D. Mugsidi &amp; H. Faturahman, “Pengaruh Kekasaran Material Pada Laju Penguapan Air Laut Dalam Proses Desalinasi Dengan Panas Matahari”</i> ..... | M44 – M48 |

# Uji Eksperimental Pengaruh Fresnel Pada Modul Surya 10 W Peak Dengan Posisi Sesuai Pergerakan Arah Matahari

Muhidal Wasi, Dan Mugisidi, Rifky

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta.  
Jl. Tanah Merdeka no.6 Pasar Rebo Jakarta Timur  
Telp. +62-21-87782739, Fax. +62-21-87782739, Mobile +6285716494818

---

**Abstrak** – Sistem sel surya merupakan teknologi yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Radiasi matahari yang terpancar terbagi dan menyebar sehingga tidak terfokuskan, serta tidak terserap sepenuhnya. Oleh karena itu dibutuhkan metode untuk meningkatkan daya keluaran sel surya. Penggunaan dan pengaturan posisi lensa Fresnel yang tegak lurus dari matahari untuk tiap penyinaran matahari yang akan diserap oleh panel surya, sehingga dapat peningkatan pada arus dan tegangan yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lensa Fresnel yang digunakan terhadap penyerapan cahaya pada panel surya (solar cell) dan peningkatan nilai pada tegangan serta arus yang dihasilkan. Untuk melakukan uji experimental research (penelitian percobaan) dari pancaran radiasi matahari dengan perhitungan intensitas radiasi ( $W/m^2$ ) yang sebagai input (masukan) akan menghasilkan output (keluaran) berupa arus hubungan singkat ( $I_{sc}$ ), dan tegangan ( $V_{oc}$ ). Jika ditinjau dari tegangan dan arus yang diperoleh, panel surya dengan Fresnel mengalami peningkatan tegangan sebesar 124,6% dan arusnya sebesar 109,8% yang dihasilkan.

**Kata kunci:** Panel surya, Fresnel, Irradiasi, Arus, Tegangan

---

## 1 Pendahuluan

Salah satu upaya untuk menemukan energi alternatif dalam mengurangi kelangkaan energi dari bahan bakar fosil adalah memanfaatkan energi matahari. Pemanfaatan energi matahari dapat dilakukan dengan bantuan panel surya. Panel surya adalah teknologi fotovoltaik yang mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi sumber energi listrik dengan menggunakan divais semikonduktor. Harga sel surya relatif mahal dikarenakan membutuhkan teknologi yang canggih dan sukar dalam pengolahan pasir silika menjadi silikon. Saat ini penggunaan sel surya yang dikembangkan kurang optimal dengan tidak terfokuskannya intensitas radiasi pada sel surya.

Pada proses sel surya diperlukan fokus intensitas cahaya matahari yang diterima, karena intensitas mempengaruhi sel surya untuk menghasilkan energi listrik yang optimal. Untuk mengatasi keterbatasan pada panel surya dalam memfokuskan intensitas radiasi, maka di butuhkan lensa Fresnel agar lebih

terfokuskan dan dikonversikan menjadi energi listrik dengan efisien dan optimal oleh sel surya.

## 2 Dasar Teori

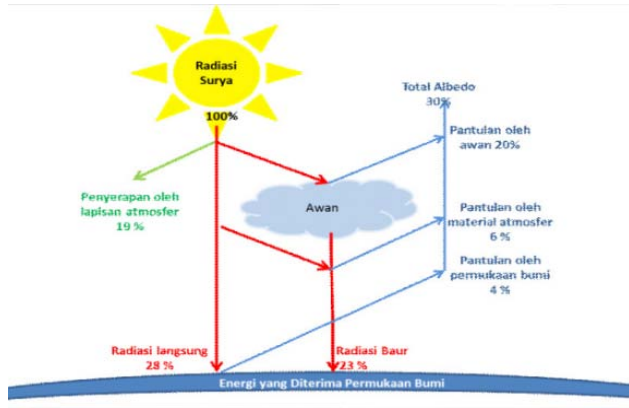
### 2.1. Energi Radiasi Surya

Matahari merupakan kendali cuaca dan iklim yang sangat penting sebagai sumber energi utama di bumi yang menggerakkan udara dan arus laut. Energi matahari diradiasikan ke segala arah, sebagian hilang ke alam semesta dan hanya sebagian kecil saja yang diterima di bumi. Energi matahari ini dijalarakan ke permukaan dan diradiasikan ke dalam ruang angkasa. Dalam perjalanannya ke permukaan, 30% energi matahari direfleksikan dan disebar kembali ke angkasa, memberikan bumi dan atmosfer albedo sekitar 30%, sementara itu sebanyak 19% diabsorpsi oleh atmosfer dan awan serta 51% diabsorpsi oleh permukaan [5].

Energi surya (radiasi surya) yang tersedia di luar atmosfer bumi seperti yang di ungkapkan oleh konstanta



surya  $1353 \text{ W/m}^2$  dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek (ultraviolet), karbondioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi sebagai radiasi sebaran [10].



Gambar 1. Matahari sebagai sumber energi

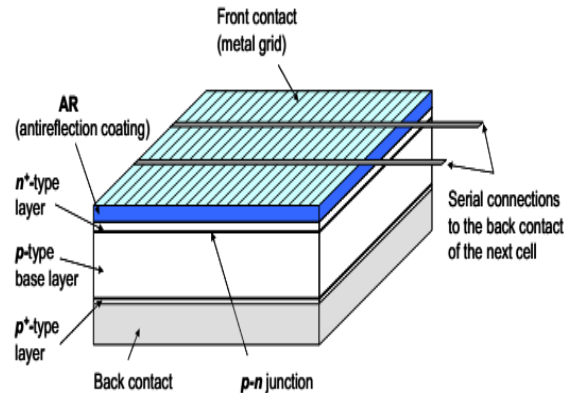
Radiasi adalah proses perpindahan panas dengan bantuan radiasi gelombang elektromagnetik. Jika sebuah objek dipanaskan, molekul-molekulnya bervibrasi dan akan memancarkan gelombang elektromagnetik[1]. Energi radiasi surya merupakan fusi termonuklir pada inti matahari membebaskan energi dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi. Gelombang elektromagnetik yang merupakan kombinasi dari gelombang elektrik arus dan bolak-balik berkecepatan tinggi dengan gelombang medan magnetik yang menumbuhkan partikel-partikel energi dalam bentuk foton[12].

## 2.2. Sel surya

Sel surya memiliki banyak aplikasi, terutama cocok untuk digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia, seperti di wilayah terpencil, satelit pengorbit bumi, kalkulator genggam, pompa air dan lain-lainnya. Sel surya (dalam bentuk modul atau panel surya) dapat dipasang di atap gedung dimana dapat dihubungkan dengan inverter ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net meterin. Listrik tenaga surya diperoleh dengan melalui sistem photo-voltaic. *Photo-voltaic* terdiri dari *photo* dan *voltaic*. *Photo* berasal dari kata Yunani phos yang berarti cahaya. Sedangkan *voltaic* diambil dari nama Alessandro Volta (1745 – 1827), seorang pelopor dalam pengkajian mengenai listrik. Sehingga *photo-voltaic* dapat diartikan listrik-cahaya. Suatu alat yang dapat mengubah energi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik adalah sel surya fotovoltaik [4]. Pada dasarnya sel tersebut merupakan

suatu diode semikonduktor yang bekerja menurut suatu proses khusus yang dinamakan proses tidak seimbang (*non equilibrium process*) dan berlandaskan efek fotovoltaik. Secara umum, dalam proses ini sel surya dapat menghasilkan tegangan antara 0,5 dan 1 volt, tergantung intensitas cahaya dan zat semikonduktor yang dipakai.

Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan sel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai “sel surya hubung pendek”, arus rangkaian pendek” atau  $I_{sc}$  (*short circuit current*), yang sebanding dengan irradiansi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai  $I_{sc}$  naik dengan meningkatnya temperatur, meskipun temperatur standar yang tercatat untuk arus rangkaian pendek adalah  $25^\circ \text{C}$ . Jika arus sel surya sama dengan nol, sel surya tersebut digambarkan sebagai “rangkaiannya terbuka”. Tegangan sel surya kemudian menjadi “tegangan rangkaian terbuka”,  $V_{oc}$  (*open circuit voltage*). Ketergantungan  $V_{oc}$  terhadap irradiansi bersifat logaritmis, dan penurunan yang lebih cepat disertai dengan peningkatan kecepatan melebihi kecepatan kenaikan  $I_{sc}$ . Oleh karena itu, daya maksimum sel surya dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperatur pada kebanyakan sel surya, peningkatan temperatur dari  $25^\circ \text{C}$  mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%.



Gambar 2 Tipikal Struktur Sel surya

## 2.3. Energi dan Daya

Sistem tenaga listrik terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara daya atau kekuatan (*power*) dan energi. Daya listrik merupakan perkalian tegangan dan arusnya sedangkan energinya adalah daya dikalikan waktu. Ketika muatan melewati elemen rangkaian maka medan listrik bekerja pada muatan tersebut. Total usaha yang bekerja pada muatan  $q$  yang melewati rangkaian elemen sebanding dengan produk  $q$  dan beda potensial  $V$ . Jika arus adalah  $I$  dan selang waktu  $dt$ , maka jumlah muatan yang mengalir adalah  $dQ = I dt$ . Usaha yang bekerja pada muatan ini adalah (Young And Freedman, 1996).

$$dw = VdQ = V_i dt \quad (1)$$

$$\frac{dw}{dt} = P = VI \quad (2)$$

Dimana :

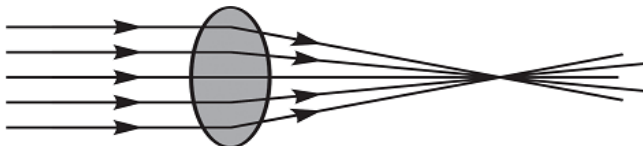
V = tegangan (volt)

I = arus listrik (ampere)

P = Daya (Watt)

#### 2. 4. Energi Cahaya dan hubungan dengan Fresnel

Kenyataan bahwa cahaya membawa energi telah jelas bagi orang yang pernah memfokuskan sinar matahari pada sepotong kertas dan membakar lubang dikertas tersebut. Christian Huygens (1629-16-95), yang se-zaman dengan Newton, mengusulkan sebuah teori gelombang dari cahaya yang memiliki banyak keuntungan. Saat ini yang masih berguna adalah teknik yang dikembangkan untuk meramalkan posisi berikutnya dari sebuah muka gelombang jika posisi sebelumnya diketahui. Teknik ini yang dikenal dengan prinsip Huygens yang mengatakan bahwa, setiap titik pada muka gelombang dapat dianggap sebagai sumber gelombang-gelombang kecil yang menyebar maju dengan laju yang sama dengan laju gelombang itu sendiri. Muka gelombang yang baru merupakan sampul dari semua gelombang-gelombang kecil tersebut yaitu tangen (garis singgung) dari semua gelombang tersebut (Giancoli, 2001). Lensa Fresnel atau kaca pembesar terdiri dari sebuah lensa cembung yang membentuk sebuah bayangan maya, tegak, dan diperbesar untuk sebuah benda yang berjarak lebih kecil dari pada jarak fokus lensa.



Gambar 3 Lensa Fresnel memfokuskan cahaya

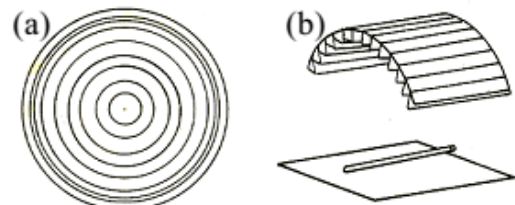
Cahaya adalah kumpulan dari butiran-butiran (*corpuscles*) yang mengalir. Butiran-butiran ini di pancarkan oleh sumber cahaya seperti matahari, api lilin dan lain-lain serta memancar keluar dari sumber tersebut mengikuti lintasan lurus. Cahaya (aliran butiran) ini dapat menembus bahan bening (misalnya prisma) dan dapat dipantulkan oleh suatu permukaan kusam. Jika aliran ini mengenai mata maka timbul kesan penglihatan. Eksperimen interferensi cahaya Thomas Young dan Agustin Fresnel (1825) serta pengukuran kecepatan cahaya oleh Leon Foucault (1850), menunjukkan keberadaan fenomena optik tidak cukup hanya dengan teori butiran Fenomena interferensi dan difraksi hanya akan dapat diterangkan dengan baik jika menganggap cahaya adalah sebuah gerak gelombang. Percobaan Thomas Young dapat mengukur panjang gelombang cahaya sedangkan percobaan Fresnel menunjukkan gerak lurus cahaya di samping dapat menjelaskan fenomena difraksi cahaya. Cahaya sebagai gelombang dengan sifat-sifat dapat berinterferensi,

terdifraksi dapat diukur lajunya dalam percobaan Foucault dengan laju  $3 \times 10^8$  m/det. James Clerk Maxwell (ilmuan Scotlandia, 1873) bahwa berdasarkan teori gelombang cahaya (cahaya sebuah fenomena gelombang, bukan teori butiran) dari Young dan Fresnel menduga Cahaya adalah sebuah gerak gelombang[1].

Radiasi panas matahari pada prinsipnya dapat difokuskan dengan dua cara yaitu pemantulan (*reflection*) dan pembiasan (*refraction*) dengan menggunakan cermin atau lensa. Cermin ini dapat berupa bidang (*heliostats* atau parabola), sedangkan lensa dapat berupa lensa cembung atau lensa Fresnel. Konsentrator digunakan untuk meningkatkan efektifitas penangkapan energi surya untuk keperluan yang spesifik. Fenomena pembiasan dalam lensa terjadi di permukaan, sedangkan ketebalan bahan tidak berpengaruh dalam refraksi.

#### 2.5. Lensa Fresnel

Fresnel yaitu lensa bias (*reflective lens*) dan cermin pantul (*reflective mirrors*). Lensa fresnel bias sebagian besar digunakan dalam aplikasi fotovoltaik sedangkan cermin reflektik banyak diaplikasikan dalam *solar thermal power*. Desain optikal lensa fresnel lebih fleksibel dan menghasilkan kerapatan fluks yang seragam pada absorber. Fresnel juga diklasifikasi menjadi imaging lens (3D-lens) dan non imaging lens (2D-lens) perbedaan dari kedua tipe ini adalah bentuk bidang fokusnya. Lensa imaging berupa fokus titik (*focal point*) sedangkan tipe non-imaging berupa garis (*line/linear focus*) di sepanjang sumbu dari reflektor *cylindrical parabolic*.



Gambar 4 (a). 3D-Fresnel lens, (b). 2D-Fresnel lens

#### 2.6. Perhitungan daya masukan dan daya keluaran

Sebelum mengetahui bebrapa nilai daya sesaat yang dihasilkan terlebih dahulu harus mengetahui daya yang di terima (daya input), dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area *photovoltaic* (PV) *module* dengan persamaan (2.3):

$$P_{in} = I_r \times A \quad (3)$$

di mana:

$P_{in}$  = Daya input akibat *irradiance* matahari

$I_r$  = Intensitas radiasi matahari ( $\text{watt/m}^2$ )

A = Luas area permukaan sel surya ( $\text{m}^2$ )



Sedangkan untuk besarnya daya pada sel surya ( $P_{out}$ ) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), arus hubungan singkat ( $I_{sc}$ ), dan *Fill Factor* ( $FF$ ) yang dihasilkan oleh sel *photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (4)$$

di mana:

$P_{out}$  = daya yang dibangkitkan (watt)

$V_{oc}$  = tegangan rangkaian terbuka (volt)

$I_{sc}$  = arus hubungan singkat pada sel surya (ampere)

$FF$  = Fill Factor

$$FF = V_{oc} - I_n \frac{(V_{oc} + 0.72)}{V_{oc} + 1} \quad (5)$$

Menentukan nilai daya keluaran (*output*)

$$P = V \cdot I \quad (6)$$

Dengan:

$P$  = Daya keluaran (watt)

$V$  = Tegangan keluaran (volt)

$I$  = Arus (ampere)

Menentukan nilai rata-rata

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (7)$$

Dengan:

$P_{rata-rata}$  = Daya rata-rata (watt)

$P_1$  = Daya pada titik pengujian ke satu

$P_2$  = Daya pada titik pengujian ke dua

$P_n$  = Daya pada titik pengujian ke  $n$

Menurut Amalia dan Satwiko S. (2009), intensitas cahaya menentukan besarnya arus dan tegangan sel surya, dihitung menggunakan persamaan:

Intensitas terhadap daya keluaran

$$P_{in} = J \cdot A \quad (8)$$

Dengan:

$P_{in}$  = Daya yang diterima akibat *irradiance* matahari (watt)

$J$  = Intensitas cahaya ( $W/m^2$ )

$A$  = Luas area permukaan sel surya ( $m^2$ )

Faktor pengisian dihitung menggunakan persamaan

$$FF = \frac{V_{oc} - I_n (V_{oc} + 0,72)}{V_{oc} + 1} \quad (9)$$

### 3 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juli 2017 di halaman terbuka/atap rumah denan lokasi di Serang, Banten. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

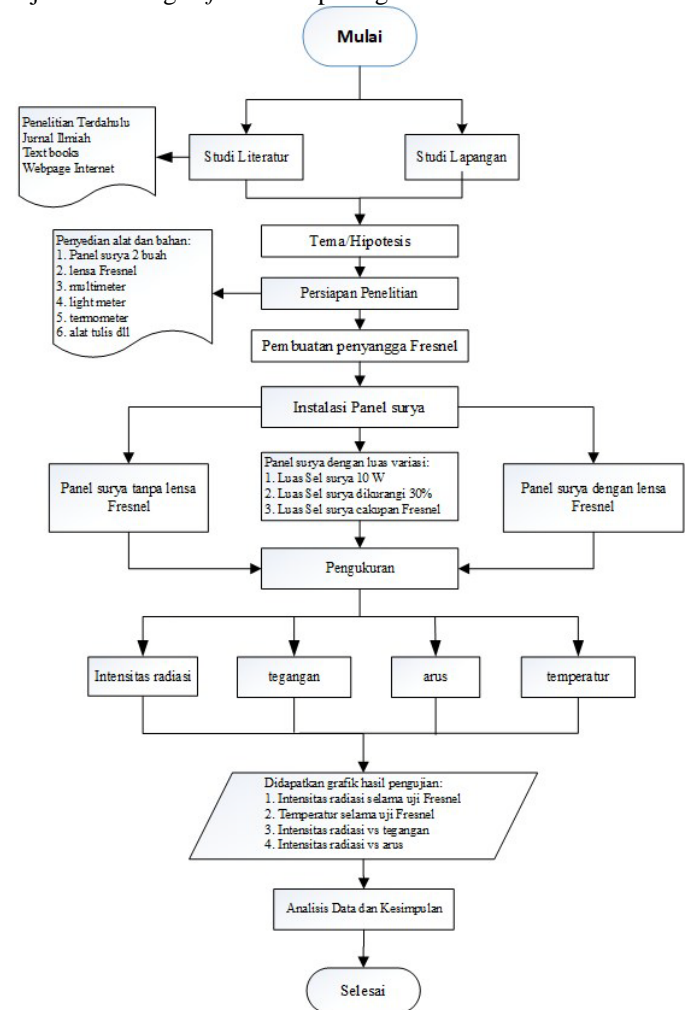
1. Lensa Fresnel,
2. Panel Surya,

3. Stopwatch.
4. Light Meter,
5. Multimeter dan
6. Termometer



Gambar 5 Perlatan yang digunakan

Kemudian berikut adalah alur kegiatan penelitian ini yang dijelaskan dengan *flowchart* pada gambar 6 ini.



Gambar 6 Flowchart

## 4 Temuan dan Pembahasan

### 4.1. Temuan Penelitian

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian ini adalah dengan mengukur intensitas cahaya matahari, tegangan dan arus yang keluar dari sel surya didapatkan data seperti pada tabel dibawah ini:

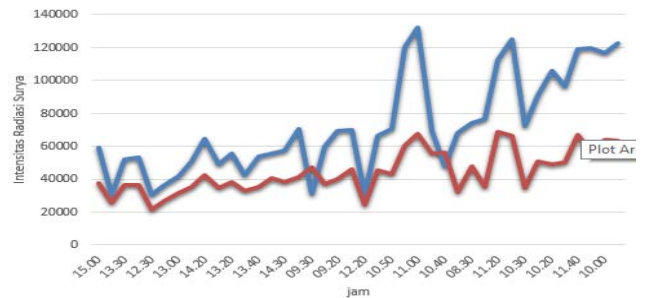
Tabel 1 Nilai rata-rata pengukuran pada lensa Fresnel

| Jam   | Di bawah Fresnel |            | Di atas Fresnel |            |
|-------|------------------|------------|-----------------|------------|
|       | Lux              | suhu ( C ) | Lux             | suhu ( C ) |
| 08.30 | 74050            | 39,0       | 48100           | 37,5       |
| 08.40 | 91100            | 40,5       | 50700           | 38,0       |
| 08.50 | 119700           | 42,0       | 56400           | 39,5       |
| 09.00 | 68000            | 39,0       | 32350           | 38,0       |
| 09.10 | 76650            | 39,0       | 35000           | 38,0       |
| 09.20 | 69350            | 35,5       | 39750           | 33,0       |
| 09.30 | 31305            | 35,5       | 47300           | 34,0       |
| 09.40 | 59650            | 35,5       | 37050           | 34,0       |
| 09.50 | 96450            | 41,5       | 50400           | 35,0       |
| 10.00 | 116550           | 43,0       | 64250           | 38,0       |
| 10.10 | 69550            | 38,5       | 55500           | 34,5       |
| 10.20 | 105550           | 41,0       | 49300           | 36,0       |
| 10.30 | 72600            | 40,5       | 34800           | 35,5       |
| 10.40 | 48050            | 39,0       | 56050           | 34,0       |
| 10.50 | 70600            | 37,5       | 43050           | 33,0       |
| 11.00 | 132400           | 38,0       | 67650           | 37,0       |
| 11.10 | 120350           | 38,0       | 60300           | 36,0       |
| 11.20 | 112250           | 40,0       | 68800           | 36,0       |
| 11.30 | 124950           | 40,0       | 66250           | 37,0       |
| 11.40 | 119100           | 42,0       | 66800           | 41,0       |
| 11.50 | 122750           | 43,0       | 63400           | 38,0       |
| 12.00 | 66100            | 37,5       | 45700           | 37,5       |
| 12.10 | 55550            | 34,5       | 40650           | 33,0       |
| 12.20 | 30400            | 36,0       | 24700           | 34,5       |
| 12.30 | 30200            | 33,5       | 21400           | 33,0       |
| 12.40 | 30450            | 32,5       | 25700           | 32,5       |
| 12.50 | 36400            | 33,5       | 26700           | 32,0       |
| 13.00 | 41700            | 33,5       | 31600           | 33,0       |
| 13.10 | 53150            | 33,0       | 36600           | 33,0       |
| 13.20 | 55650            | 34,0       | 38250           | 33,5       |
| 13.30 | 51950            | 33,0       | 36200           | 33,0       |
| 13.40 | 53700            | 34,5       | 35350           | 34,0       |
| 13.50 | 50700            | 33,5       | 35200           | 33,5       |

Tabel 1 Nilai rata-rata pengukuran pada lensa Fresnel

| Jam   | Di bawah Fresnel |            | Di atas Fresnel |            |
|-------|------------------|------------|-----------------|------------|
|       | Lux              | suhu ( C ) | Lux             | suhu ( C ) |
| 14.00 | 42600            | 34,5       | 32900           | 34,0       |
| 14.10 | 49250            | 34,0       | 34850           | 33,0       |
| 14.20 | 64700            | 33,5       | 42600           | 33,5       |
| 14.30 | 57100            | 34,5       | 38450           | 34,0       |
| 14.40 | 70050            | 35,5       | 46150           | 35,5       |
| 14.50 | 70600            | 35,0       | 41450           | 35,5       |
| 15.00 | 59400            | 32,0       | 37700           | 32,0       |

Pada data tabulasi di atas dihasilkan bentuk grafik dari hasil pengujian intensitas radiasi matahari dengan pengaruh Fresnel di bawah ini.



Gambar 7 Grafik Intensitas terhadap pengujian Fresnel

Dari grafik di atas tampak intensitas cahaya matahari cenderung meningkat dari pukul 08:30 WIB sampai 12:20 WIB sedikit mengalami fluktuasi tapi cenderung meningkat karena pada rentang jam tersebut posisi matahari menuju tegak lurus dimana posisi tegak lurus menghasilkan intensitas tertinggi. Adapun dari pukul 12:20 WIB sampai 15:00 WIB cenderung grafik menurun, dimana pada rentang jam tersebut posisi matahari menjauhi posisi tegak lurus sehingga intensitas pun menurun. Hal ini berkaitan dari hasil teori pada cuaca yang bagus di siang hari, pancaran dapat mencapai  $1000 \text{ W/m}^2$  di permukaan bumi. *Insolation* terbesar terjadi sebagian hari yang berawan dan cerah. Sebagai hasil dari pancaran matahari yang memantul melewati awan, maka *insolation* dapat mencapai hingga  $1400 \text{ W/m}^2$  untuk jangka pendek (Eflita Yohana, Darmanto.2012).

Tabel 2 Pengukuran hari pertama untuk sel surya dengan Fresnel dan tanpa Fresnel

| waktu | Sel Surya tanpa Fresnel |      |    |       | Sel Surya dengan Fresnel |      |    |        |
|-------|-------------------------|------|----|-------|--------------------------|------|----|--------|
|       | volt                    | mA   | C  | Lux   | Volt                     | mA   | C  | Lux    |
| 08:30 | 7,05                    | 0,75 | 36 | 52000 | 8,15                     | 0,84 | 40 | 60900  |
| 08:40 | 6,30                    | 0,73 | 37 | 52600 | 7,81                     | 0,74 | 41 | 88400  |
| 08:50 | 6,45                    | 0,76 | 35 | 56000 | 7,97                     | 0,75 | 42 | 96300  |
| 09:00 | 6,51                    | 0,77 | 38 | 60400 | 8,33                     | 0,87 | 40 | 110500 |

Tabel 2 Pengukuran hari pertama untuk sel surya dengan Fresnel dan tanpa Fresnel

| waktu | Sel Surya tanpa Fresnel |      |    |       | Sel Surya dengan Fresnel |      |    |        |
|-------|-------------------------|------|----|-------|--------------------------|------|----|--------|
|       | volt                    | mA   | C  | Lux   | Volt                     | mA   | C  | Lux    |
| 09:10 | 6,60                    | 0,79 | 38 | 61300 | 8,40                     | 0,88 | 40 | 116900 |
| 09:20 | 6,72                    | 0,82 | 38 | 61900 | 8,49                     | 0,93 | 42 | 111300 |
| 09:30 | 6,40                    | 0,74 | 35 | 62000 | 8,50                     | 0,93 | 37 | 11610  |
| 09:40 | 5,18                    | 0,52 | 34 | 41200 | 6,70                     | 0,56 | 36 | 66500  |
| 09:50 | 6,14                    | 0,68 | 37 | 49400 | 8,05                     | 0,78 | 49 | 86400  |
| 10:00 | 6,27                    | 0,68 | 38 | 64500 | 8,10                     | 0,81 | 47 | 100500 |
| 10:10 | 6,32                    | 0,71 | 34 | 54000 | 8,10                     | 0,80 | 41 | 42800  |
| 10:20 | 5,08                    | 0,48 | 32 | 32300 | 6,10                     | 0,49 | 41 | 97900  |
| 10:30 | 6,14                    | 0,66 | 35 | 44700 | 7,93                     | 0,76 | 44 | 97900  |
| 10:40 | 6,01                    | 0,62 | 33 | 62500 | 8,03                     | 0,77 | 42 | 10500  |
| 10:50 | 4,90                    | 0,45 | 30 | 25900 | 6,13                     | 0,64 | 39 | 31000  |
| 11:00 | 6,23                    | 0,65 | 37 | 72200 | 8,04                     | 0,79 | 38 | 113600 |
| 11:10 | 5,84                    | 0,43 | 36 | 55100 | 6,97                     | 0,60 | 38 | 90400  |
| 11:20 | 6,64                    | 0,70 | 37 | 79300 | 7,93                     | 0,75 | 44 | 122500 |
| 11:30 | 6,77                    | 0,72 | 38 | 71000 | 7,62                     | 0,69 | 43 | 115000 |
| 11:40 | 6,20                    | 0,70 | 41 | 70500 | 7,64                     | 0,73 | 42 | 107400 |
| 11:50 | 6,18                    | 0,67 | 36 | 67000 | 7,64                     | 0,69 | 38 | 108500 |
| 12:00 | 6,29                    | 0,69 | 40 | 62000 | 7,66                     | 0,71 | 39 | 97000  |
| 12:10 | 6,39                    | 0,74 | 33 | 68400 | 7,62                     | 0,70 | 35 | 95700  |
| 12:20 | 5,68                    | 0,64 | 36 | 41700 | 6,96                     | 0,68 | 38 | 51600  |
| 12:30 | 5,53                    | 0,57 | 34 | 34800 | 6,70                     | 0,63 | 34 | 50800  |
| 12:40 | 5,63                    | 0,61 | 34 | 44000 | 6,79                     | 0,65 | 34 | 52100  |
| 12:50 | 5,48                    | 0,56 | 32 | 38700 | 6,55                     | 0,59 | 34 | 47700  |
| 13:00 | 6,30                    | 0,70 | 35 | 56300 | 8,05                     | 0,79 | 36 | 74300  |
| 13:10 | 6,49                    | 0,75 | 36 | 63400 | 8,34                     | 0,80 | 36 | 94700  |
| 13:20 | 6,37                    | 0,73 | 37 | 64200 | 8,02                     | 0,79 | 37 | 96900  |
| 13:30 | 6,14                    | 0,68 | 34 | 60400 | 7,72                     | 0,72 | 34 | 88800  |
| 13:40 | 6,35                    | 0,74 | 34 | 61000 | 7,98                     | 0,78 | 35 | 93500  |
| 13:50 | 6,27                    | 0,70 | 35 | 60800 | 8,04                     | 0,80 | 35 | 90700  |
| 14:00 | 6,46                    | 0,73 | 37 | 55800 | 7,85                     | 0,76 | 38 | 73600  |
| 14:10 | 6,42                    | 0,72 | 35 | 61000 | 7,83                     | 0,75 | 37 | 88900  |
| 14:20 | 6,37                    | 0,69 | 34 | 61500 | 7,78                     | 0,71 | 34 | 94200  |
| 14:30 | 6,30                    | 0,70 | 35 | 60300 | 7,67                     | 0,67 | 36 | 85300  |
| 14:40 | 6,00                    | 0,63 | 35 | 56400 | 7,60                     | 0,65 | 35 | 86800  |
| 14:50 | 5,89                    | 0,61 | 35 | 54000 | 7,30                     | 0,61 | 34 | 79200  |
| 15:00 | 5,87                    | 0,59 | 33 | 53200 | 7,28                     | 0,61 | 33 | 80800  |

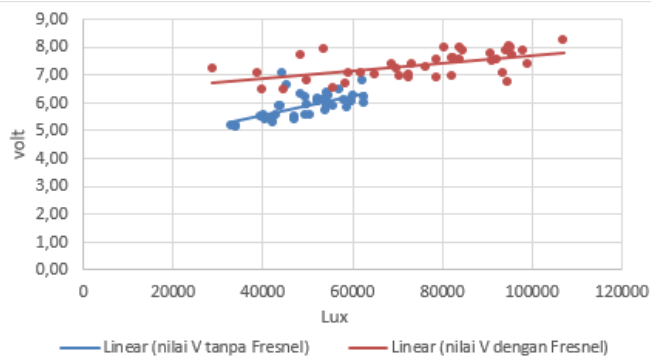
Tabel 3 Pengukuran hari kedua untuk sel surya dengan Fresnel dan tanpa Fresnel

| waktu | Sel Surya tanpa Fresnel |      |    |       | Sel Surya dengan Fresnel |      |    |        |
|-------|-------------------------|------|----|-------|--------------------------|------|----|--------|
|       | volt                    | mA   | C  | Lux   | Volt                     | mA   | C  | Lux    |
| 08:30 | 6,24                    | 0,58 | 29 | 38500 | 7,73                     | 0,67 | 30 | 46700  |
| 08:40 | 6,34                    | 0,60 | 33 | 44600 | 8,15                     | 0,65 | 33 | 72300  |
| 08:50 | 5,91                    | 0,53 | 31 | 42800 | 7,14                     | 0,58 | 32 | 61000  |
| 09:00 | 5,60                    | 0,50 | 35 | 44200 | 6,86                     | 0,54 | 36 | 53700  |
| 09:10 | 5,79                    | 0,53 | 35 | 47100 | 7,15                     | 0,56 | 34 | 64500  |
| 09:20 | 6,05                    | 0,62 | 33 | 46500 | 7,49                     | 0,65 | 37 | 79200  |
| 09:30 | 5,84                    | 0,50 | 31 | 54400 | 6,92                     | 0,58 | 34 | 85300  |
| 09:40 | 6,31                    | 0,60 | 36 | 66600 | 7,42                     | 0,69 | 36 | 120300 |
| 09:50 | 6,02                    | 0,63 | 35 | 56700 | 7,74                     | 0,71 | 32 | 102200 |
| 10:00 | 5,80                    | 0,61 | 36 | 55400 | 7,28                     | 0,65 | 41 | 90500  |
| 10:10 | 4,75                    | 0,41 | 32 | 26700 | 6,03                     | 0,41 | 35 | 34700  |
| 10:20 | 5,97                    | 0,65 | 35 | 62200 | 7,40                     | 0,70 | 38 | 91500  |
| 10:30 | 4,90                    | 0,39 | 33 | 34300 | 6,00                     | 0,45 | 36 | 43200  |
| 10:40 | 5,13                    | 0,42 | 32 | 38500 | 6,45                     | 0,47 | 36 | 47200  |
| 10:50 | 5,38                    | 0,44 | 32 | 42000 | 6,79                     | 0,49 | 36 | 58600  |
| 11:00 | 5,42                    | 0,53 | 33 | 45500 | 7,10                     | 0,58 | 33 | 70500  |
| 11:10 | 5,25                    | 0,51 | 32 | 44000 | 6,87                     | 0,56 | 34 | 67200  |
| 11:20 | 5,34                    | 0,47 | 34 | 46000 | 6,85                     | 0,49 | 38 | 75300  |
| 11:30 | 5,05                    | 0,46 | 32 | 38500 | 6,25                     | 0,48 | 35 | 49500  |
| 11:40 | 4,72                    | 0,39 | 34 | 23600 | 6,33                     | 0,42 | 36 | 38000  |
| 11:50 | 4,65                    | 0,38 | 35 | 26900 | 6,21                     | 0,40 | 35 | 36400  |
| 12:00 | 4,47                    | 0,35 | 33 | 19100 | 5,73                     | 0,38 | 33 | 19800  |
| 12:10 | 4,14                    | 0,32 | 31 | 16200 | 5,42                     | 0,32 | 31 | 15500  |
| 12:20 | 4,67                    | 0,37 | 34 | 24600 | 6,03                     | 0,39 | 33 | 28300  |
| 12:30 | 4,89                    | 0,40 | 33 | 33000 | 6,90                     | 0,48 | 32 | 49200  |
| 12:40 | 5,30                    | 0,48 | 33 | 40500 | 7,39                     | 0,58 | 39 | 66300  |
| 12:50 | 5,62                    | 0,52 | 35 | 47300 | 7,91                     | 0,65 | 35 | 91600  |
| 13:00 | 7,85                    | 0,42 | 34 | 32700 | 6,76                     | 0,53 | 36 | 63000  |
| 13:10 | 5,88                    | 0,52 | 33 | 62000 | 8,20                     | 0,74 | 40 | 119300 |
| 13:20 | 5,43                    | 0,50 | 34 | 44300 | 7,96                     | 0,65 | 37 | 71200  |
| 13:30 | 5,59                    | 0,49 | 34 | 50900 | 8,04                     | 0,62 | 40 | 107200 |
| 13:40 | 6,00                    | 0,62 | 32 | 43700 | 6,79                     | 0,50 | 37 | 53300  |
| 13:50 | 6,20                    | 0,52 | 36 | 59800 | 7,17                     | 0,67 | 41 | 74400  |
| 14:00 | 6,52                    | 0,58 | 36 | 58300 | 7,84                     | 0,73 | 40 | 95300  |
| 14:10 | 7,12                    | 0,67 | 37 | 63700 | 8,19                     | 0,85 | 43 | 100800 |
| 14:20 | 5,42                    | 0,42 | 35 | 26500 | 6,27                     | 0,52 | 36 | 35800  |
| 14:30 | 5,47                    | 0,51 | 33 | 27300 | 6,49                     | 0,40 | 38 | 38500  |

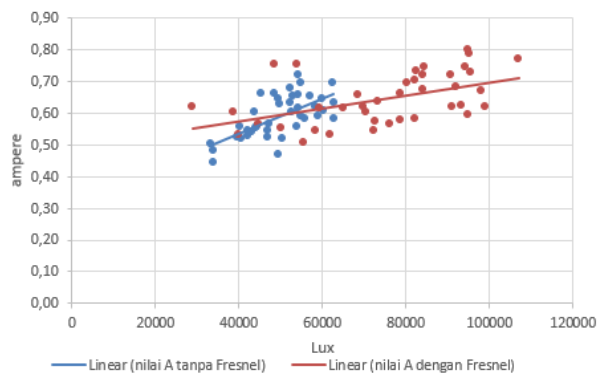
Tabel 3 Pengukuran hari kedua untuk sel surya dengan Fresnel dan tanpa Fresnel

| waktu | Sel Surya tanpa Fresnel |      |    |       | Sel Surya dengan Fresnel |      |    |        |
|-------|-------------------------|------|----|-------|--------------------------|------|----|--------|
|       | volt                    | mA   | C  | Lux   | Volt                     | mA   | C  | Lux    |
| 14:40 | 5,91                    | 0,63 | 34 | 43300 | 6,91                     | 0,48 | 35 | 65700  |
| 14:50 | 6,35                    | 0,60 | 35 | 51200 | 7,78                     | 0,74 | 39 | 88600  |
| 15:00 | 6,65                    | 0,80 | 38 | 56400 | 7,68                     | 0,63 | 41 | 101400 |

Dari table diatas diambil rata-rata hasil uji selama dua hari dapat dilihat dengan grafik yang di hasilkan dari data tabulasi di atas.



Gambar 8 Grafik Intensitas Radiasi dengan tegangan yang di dapat



Gambar 9 Grafik Intensitas Radiasi dengan Arus yang didapat

Tampak perubahan dari setiap pengujian baik untuk sel surya dengan Fresnel dan tanpa Fresnel dengan luas masing-masing sesuai cakupan fresnel. Nilai volt dan ampere dari pola grafik Gambar 8 dan pola grafik Gambar 9 yang cenderung meningkat dari rentang intensitas radiasi matahari di kisaran 20000 Lux sampai 60000 Lux untuk sel surya tanpa Fresnel dan rentang 20000 Lux sampai 120000 Lux untuk sel surya dengan Fresnel tersebut. Pola grafik Gambar 8 tentang tegangan dengan pola grafik Gambar 9 tentang Arus keluaran sel surya dengan intensitas cahaya matahari mengalami peningkatan drastis dari sel surya menggunakan Fresnel dengan sel surya tanpa Fresnel.

Perbandingan sel surya menggunakan Fresnel memperoleh nilai arus dan tegangan cenderung meningkat, dibanding dengan sel surya tanpa Fresnel dimana grafik yang menggambarkan selalu meningkat naik. Hal ini dikarenakan fokus intensitas radiasi matahari yang di terima sel surya dengan Fresnel lebih baik di bandingkan dengan tidak menggunakan Fresnel sehingga arus dan tegangan yang diperoleh dapat optimal.

## 5 Simpulan dan Saran

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan Pengujian ang dilakukan, kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah

1. Intensitas radiasi matahari yang sampai pada permukaan panel surya dengan pengukuran pada luasan panel surya yang berpengaruh pada nilai tegangan dan arus terlihat berbeda dan semakin kecil jika luasan sel surya kecil. Akan tetapi dengan menggunakan Fresnel, intensitas radiasi matahari yang difokuskan pada luasan yang sama pada sel surya 10 W mengalami peningkatan pada nilai tegangan rata-rata antara yang menggunakan Fresnel sebesar 7,04 V sedangkan nilai rata-rata arus dengan Fresnel sebesar 0,56 A.
2. Perubahan intensitas matahari mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga terjadi kenaikan dan penurunan pada perubahan tersebut. Begitu pun dengan luasan permukaan sel surya dan cahaya yang di fokuskan berdampak pada kerja sel surya. Fresnel dengan memfokuskan intensitas radiasi pada sel surya terjadi peningkatan antara arus dan tegangan dengan menggunakan lensa Fresnel yakni sebesar 124,6 % untuk tegangan dan sebesar 109,8 % untuk arus yang dihasilkan.

### 5.2 Saran

Dalam penelitian ini lensa Fresnel sangat membantu meningkatkan arus dan tegangan yang di hasilkan oleh sel surya dari intensitas radiasi yang diterima. Hanya saja perlu disesuaikan jarak yang tepat antara Fresnel dengan luas sel surya atau lensa Fresnel yang luasnya lebih besar dari sel surya, serta material tambahan untuk penyangga yang baik untuk Fresnel.

## Kepustakaan

- [1] Arkundato Artoto, Rohman Lutfi. 2007. Buku Materi Pokok "Optika". Jakarta. Universitas Terbuka
- [2] Amalia, satwiko S, (2009), Optimalisasi Output Modul Surya Polikristal Silikon dengan Cermin Datar Sebagai Reflektor pada Sudut 60°, Jurnal Teknik Mesin
- [3] Kadiman kusmayanto. 2006. "Buku Putih Indonesia 2005-2025". Jakarta. Kemenristek.
- [4] Kadir Abdul. 1995. "Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik, Dan Potensi Ekonomi". Jakarta. UIPress,

- [5] Muhammad Adhijaya, M. Fadli Azis. Dkk. Jurnal. "Inovasi Peningkatan Efisiensi Panel Surya Berbasis Fresnel Solar Concentrator Dan Solar Tracker". Institute Teknologi Surabaya.
- [6] Surindra, M denny. Jurnal. "Analisis Karakteristik Model Photovoltaic Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Laboratorium". Semarang. Teknik Polines.
- [7] Sulasno, 2009, "Teknik konversi Energi Listrik dan Sistem Pengaturan". Yogyakarta. Garaha Ilmu,
- [8] Sutarno, 2013, " Sumber Daya Energi", Yogyakarta. Graha Ilmu
- [9] Pudjanarsa, Astu dan Djati Nursuhud, 2012. Mesin Konversi Energi, Yogyakarta, Andi Offset.
- [10] Ted j. jansen.(1995), Teknologi rekayasa surya, Jakarta, Paradnya Paramita.
- [11] Vetri Nurliyanti, Marlina Pandin, dan Bono Pranoto, 2012. "Pembuatan Peta Potensi Energi Surya". Jurnal material dan Energi vol.10, No. 4, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenaga Listrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konversi Energi.
- [12] Young and Freedman. 2012. "Sear and Zemansky's University Physics: With Modern Physics". 13th edition. Addison Weasley. Boston.