

## OPTIMASI PERFORMA *SOLLAR CELL* MENGGUNAKAN *FRESNEL LENS* KONSENTRATOR

**Subandi**

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
Jl. Kalisahak No. 28 Komplek Balapan Jogjakarta  
Email : [subandi@akprind.ac.id](mailto:subandi@akprind.ac.id)

### **abstrak**

*Masalah energi tetap menjadi topik penelitian yang menarik sepanjang peradaban umat manusia. Terdapat beberapa sumber energi alam yang tersedia sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan yang tidak terbatas diantaranya adalah energi surya. Tingkat efisiensi panel surya saat ini hanya mencapai jangkauan sekitar 5-16% dari total energi cahaya matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Bahkan untuk mendapatkan tingkat efisiensi yang tinggi (sekitar 16%) dibutuhkan panel surya berkualitas tinggi dan biaya investasi yang mahal. Tujuan penelitian ini adalah mengoptimalkan panel surya dengan fresnel lens untuk mendapatkan energi yang lebih maksimal. Fresnel lens dapat menambah dan mengoptimalkan intensitas cahaya matahari yang diserap sel surya sehingga efisiensinya bertambah. Pengujian dan pengambilan data pada penelitian ini meliputi pengujian panel surya menggunakan fresnel lens dan pengujian panel surya tanpa menggunakan fresnel lens. Pengukuran data meliputi tegangan, arus, daya, yang dipengaruhi oleh kecepatan angin, kelembapan udara, temperatur, dan intensitas cahaya. Hasil penelitian dengan menggunakan fresnel lens memperoleh signifikansi kuantitatif peningkatan daya sebesar 29.6 watt, dengan efisiensi pada solar panel sebesar 119,2%. Perhitungan nilai ralat di dapat hasil ketelitian dan kepercayaan sebesar 54% tanpa menggunakan fresnel lens dan 62% menggunakan fresnel lens,*

**Kata Kunci** : *fresnel lens concentrator, optimasi, panel surya*

### **1. PENDAHULUAN**

Masalah energi tetap menjadi topik penelitian yang menarik sepanjang peradaban umat manusia. Upaya mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil masih tetap ramai dibicarakan. Terdapat beberapa sumber energi alam yang tersedia sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan yang tidak terbatas (Wilson, 1996) diantaranya adalah energi surya.

Permasalahannya saat ini adalah bagaimana menggunakan panel sel surya untuk mendapatkan keluaran listrik yang optimal. Pemakaian panel sel surya umumnya diletakkan dengan posisi tertentu dengan tanpa perubahan (Pruit, 2001), sebagai contoh panel sel surya dihadapkan ke atas. Dengan posisi panel menghadap ke atas dan jika panel dianggap benda yang mempunyai permukaan rata maka panel akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel.

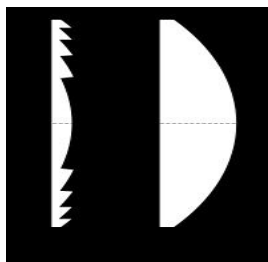
Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23 % digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi. Dengan menggunakan sel surya, selain mendapatkan sumber energi alternatif, juga mendapat beberapa keuntungan. Beberapa keuntungan tersebut antara lain: sel surya tidak menimbulkan polusi, mudah dipindah, dekat dengan pusat beban sehingga penyaluran energi sangat sederhana, tidak ada pemeliharaan yang spesifik, bisa mencapai umur yang panjang, dan mempunyai keandalan yang tinggi (Manan, 2009).

Philips S P, Andreas (2016) melakukan penelitian dan membuktikan bahwa memanfaatkan solar cell cocok untuk daerah beriklim tropis. Fresnel lens memberikan inovasi baru yang lebih ramah lingkungan. Untuk itu perancangan sistem panel surya dengan mengkombinasikan *fresnel lens* dapat menambah dan mengoptimalkan intensitas cahaya matahari yang diserap sel surya sehingga efisiensinya pun bertambah. Menurut Saftiawan A.,(2010), merancang pembacaan pengukuran alat ukur dan menampilkan dalam tampilan LCD sehingga ketelitian dalam pengukuran lebih akurat dan *modern*.

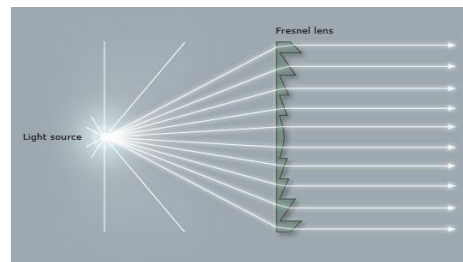
Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan. Dengan menggunakan *Lensa fresnel*, karakteristik lensa fresnel menghasilkan sinar sejajar jika terdapat sumber sinar satu titik, karena lensa fresnel adalah modifikasi dari lensa cembung sumber sinar berasal dari bentuk yang sama sekali bukan titik sinar.

Studi pendahuluan yang telah dilaksanakan dengan *Lensa fresnel* dikembangkan oleh seorang fisikawan berkebangsaan Perancis, Augustin Jean Fresnel untuk aplikasi pada mercusuar. Konstruksi lensa didesain dengan panjang fokus yang pendek, jarak fokus tak terhingga dan tebal lensa yang sangat tipis jika dibandingkan dengan lensa konvensional, agar dapat melewatkan lebih banyak cahaya sehingga lampu mercusuar dapat terlihat dari jarak yang lebih jauh.

Karakteristik lensa fresnel hampir sama dengan lensa cembung yang menghasilkan sinar sejajar jika terdapat sumber sinar satu titik. Lensa fresnel adalah modifikasi dari lensa cembung karena sumber sinar berasal dari bohlam lampu yang dimensi fisiknya besar (bukan titik) sehingga sumber sinar berasal dari bentuk yang sama sekali bukan titik sinar.



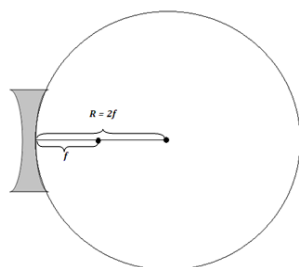
**Gambar 1. Perbedaan penampang *fresnel lens* dibanding dengan lensa cembung**



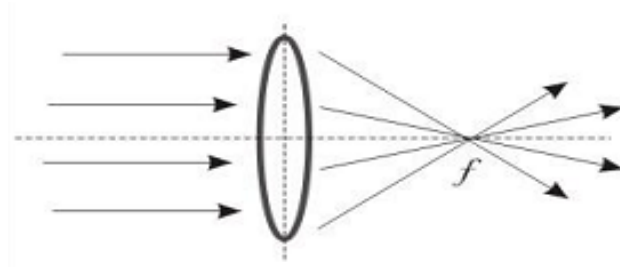
**Gambar 2. Berkas cahaya pada *fresnel lens***

Sebuah lensa memiliki titik fokus, titik fokus lensa adalah titik di mana cahaya yang dibiaskan oleh lensa tersebut terkumpul. Jarak fokus lensa (atau  $f$ ) diukur dari lensa ke titik fokus lensa, makin melengkung sebuah lensa, maka makin kecil jarak fokus lensa. Titik kelengkungan lensa sendiri merupakan titik pusat lingkaran lensa, jarak dari lensa ke titik kelengkungan lensa adalah jari-jari kelengkungan lensa, besarnya adalah:

$$R = 2x f. \dots\dots\dots (1)$$



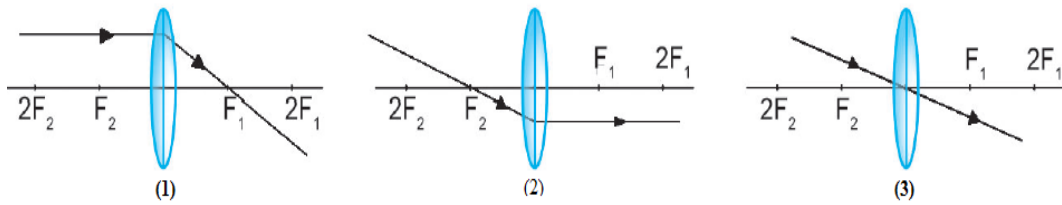
**Gambar 3. Titik kelengkungan lensa**



**Gambar 4. Berkas cahaya pada lensa cembung**

Pada lensa cembung cahaya paraksial dibiaskan menuju ke titik fokus nyata didepan lensa, sehingga lensa cembung dikatakan bersifat konvergen. Jarak antara lensa dengan titik fokusnya dinamakan jarak fokus. Jika berkas-berkas yang paralel dengan sumbu jatuh pada lensa tipis, maka akan di fokuskan pada satu titik ( $f$ ). Untuk menganalisis pembentukan bayangan oleh lensa, dapat menggunakan konsep sinar-sinar istimewa berikut ini. Dikatakan istimewa karena membentuk suatu bentuk geometri yang sederhana dan mudah dianalisis. Berikut sinar- sinar istimewa lensa cembung :

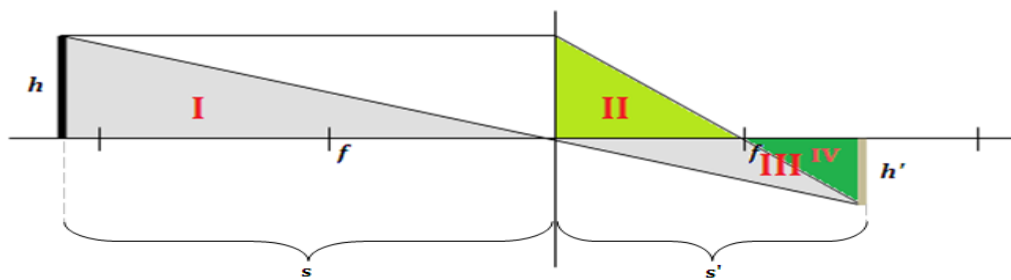
1. Sinar datang sejajar sumbu utama akan dibiaskan melalui titik fokus ( $F_1$ ) di belakang lensa,
2. Sinar datang menuju titik fokus di depan lensa ( $F_2$ ) akan dibiaskan sejajar sumbu utama,
3. Sinar yang datang melewati pusat optik lensa (O) diteruskan, tidak dibiaskan.



**Gambar 5. Sinar-sinar istimewa lensa cembung**

Terlihat dari Gambar 5, lensa cembung cenderung mengumpulkan cahaya (konvergen). Pembiasan (*refraction*) adalah pembelokan cahaya (dan gelombang elektromagnetik lainnya) karena melalui dua medium yang berbeda. Indeks bias suatu medium (*refractive index of a substance*) menunjukkan seberapa besar pengaruh medium tersebut terhadap perambatan cahaya yang melaluinya.

Adapun untuk perhitungan letak bayangan ( $s'$ ) jika benda diletakkan di suatu jarak tertentu ( $s$ ) dari lensa diturunkan dari Gambar 7. pembentukan bayangan.



**Gambar 6. Ilustrasi letak bayangan**

Dari gambar diatas didapat, Segitiga I sebangun dengan segitiga III, ambil tangen sudut yang bersilangan didapat:

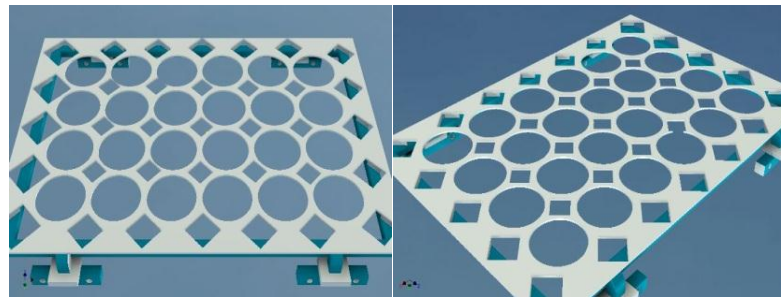
$$\frac{h}{s} = \frac{h'}{s'} \Rightarrow \frac{h}{s} = \frac{h'}{s'} \dots\dots\dots (2)$$

Segitiga II sebangun dengan segitiga IV, ambil tangen sudut yang bersilangan didapat:

$$\frac{h}{f} = \frac{h'}{f - s'} \dots\dots\dots (3)$$

Kemudian bagi persamaan (3) dengan persamaan (4), didapatkan

$$\frac{f}{s} = \frac{s' - f}{s'} \dots\dots\dots (4)$$



**Gambar 7. Rekayasa penyusunan lensa**

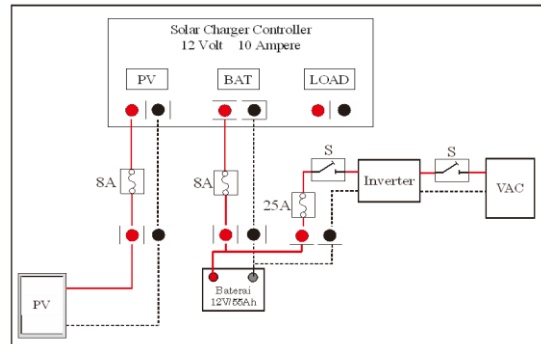
kemudian didapatkan bentuk yang sederhana berikut

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \dots\dots\dots (5)$$

*Fresnel lens* disusun memanjang sebanyak 6 buah lensa dengan jarak masing masing lensa 1 cm sehingga jumlah keseluruhan lensa yang digunakan 24 buah. Susunan lensa direkatkan pada

akrilik mika dengan panjang 71 cm dan lebar 49,5 cm dengan ketebalan akrilik 3 mm. Desain penyusunan lensa tampak seperti pada Gambar 7.

Diagram pengawatan yang direncanakan diharapkan dapat mempermudah saat proses instalasi dan mengurangi faktor kesalahan yang terjadi pada proses instalasi. Diagram pengawatan ini akan digunakan sebagai acuan dalam instalasi dalam bok panel sehingga dapat tertata rapih.



Gambar 8. Diagram instalasi pengawatan panel surya

## 2. METODOLOGI

Metodelogi yang digunakan dalam prosedur penelitian menyangkut pada teknis penerapan dan pengujian sistem yang terdiri dari Pengujian panel surya menggunakan *fresnel lens* meliputi pengujian tegangan arus dan daya. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan panel surya dengan *fresnel lens* untuk mendapatkan energi yang lebih maksimal. Perancangan sistem yang akan disusun dalam perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) meliputi: Panel surya SINKOBE 50wp 19,5V, Baterai 12V 55Ah, *Solar charger controller* CMP 12 volt dengan nilai arus maksimal 10 ampere, inverter SUOER 500 watt 220V. Aadaupun peralatan penunjang lainnya adalah, Voltmerter AC/DC, Amperemeter AC/DC, Lux meter, tang potomg/pengupas kabel, gergaji, bor listrik, kompas, konektor konektor, digital multimeter.

Pada penelitian ini menggunakan panel surya 50 wp diameter ( $D$ ) setiap lensa 9cm, diameter sel surya - lensa 9 cm agar mendapatkan konsentrasi merata pada permukaan panel surya – lensa dan focus lensa ( $f$ ) 15cm sebanyak 24 buah. dengan menggunakan sifat sinar istimewa lensa yakni sinar datang melewati pusat optik lensa ( $O$ ) akan diteruskan, tidak dibiaskan, sehingga didapat persamaan(2) dengan mengambil tangen sudut yang bersilangan sehingga :

$$\frac{r}{f} = \frac{r'}{f - x} \dots\dots\dots (6)$$

Jika,  $r$  lensa = 4,5 cm dan  $r'$  panel = 4,5 cm, focus = 15 cm.

Sehingga  $\tan A = \tan B$

$$\frac{4,5}{15} = \frac{4,5}{15 - x} \text{ sehingga, } 67,5 - 4,5r' = 67,5 ; - 4,5r' = 67,5 - 67,5 \text{ Jadi } x = 4,5 \text{ cm}$$

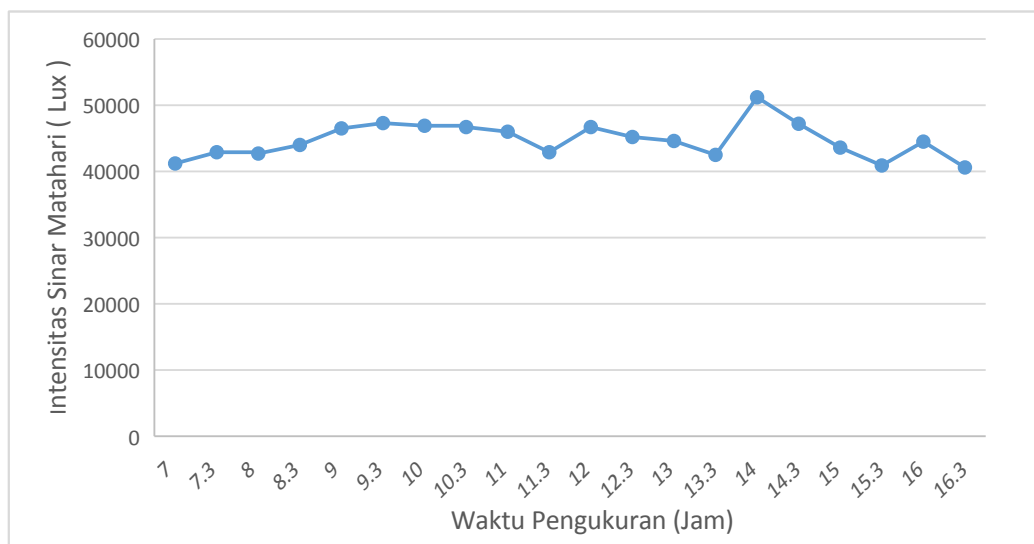
Dengan Jarak tersebut diharapkan permukaan panel surya-lensa akan mendapatkan iradiasi matahari yang optimal.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan dengan beberapa parameter yakni suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ), kelembapan udara (Rh%), intensitas matahari (lux) , Dalam proses tersebut akan terlihat hasil tegangan (volt) dan arus (amper) yang dihasilkan oleh panel surya dan pengaruhnya terhadap parameter lainnya sedangkan besarnya daya (watt) berdasarkan hasil data Tabel 1 sebagai berikut hasil perbandingan tegangan, arus, dan daya solar cell dengan *fresnel lens* dalam bentuk Gambar grafik9 dan 10 .

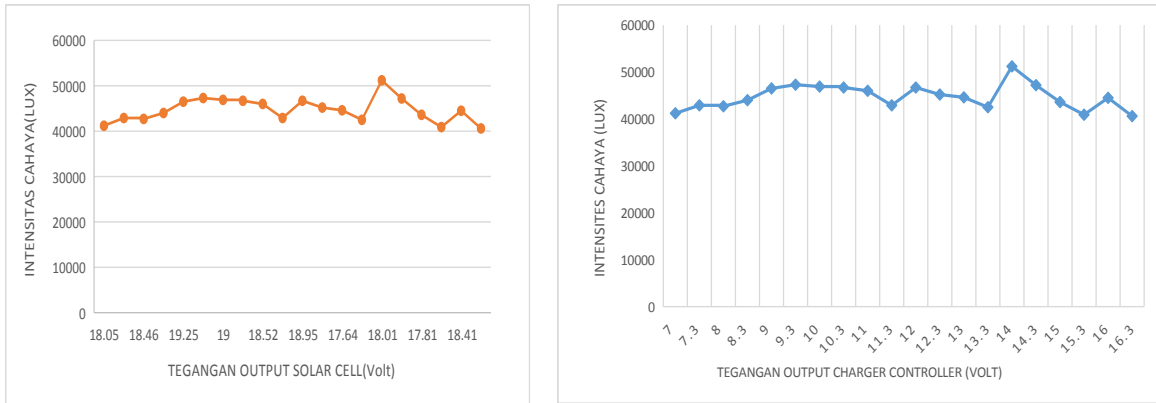
**Tabel 1. Data pengujian panel surya menggunakan *fresnel lens***

No	Time	Suhu Keliling		Output Solar Cell			Output Charger			Kondisi Cuaca	
		Suhu panel( C°)	Kelem (Rh %)	Light (Lux )	V(v)	I(A)	P(w)	V(v)	I(A)		P(w)
1	07.00	30	46.7	41200	18.05	0.29	5.2	7.96	0.28	2.2	berawan
2	07.30	29.6	33.3	42900	18.25	0.41	7.5	7.12	0.39	2.8	berawan
3	08.00	30.4	39	42700	18.46	0.53	9.8	7.29	0.53	3.9	berawan
4	08.30	33	48	44000	18.7	0.69	12.9	7.48	0.68	5.1	berawan
5	09.00	32.3	40.5	46500	19.25	0.86	16.6	7.37	0.86	6.3	berawan
6	09.30	37.9	31.6	47300	19.05	1.53	29.1	7.95	1.47	11.7	berawan
7	10.00	36.3	31.7	46900	19	1.56	29.6	7.63	1.54	11.8	berawan
8	10.305	36	32.5	46700	18.8	1.42	26.7	7.3	1.41	10.3	berawan
9	11.00	36	30.4	46000	18.52	0.79	14.6	7.16	0.77	5.5	berawan
10	11.30	33.3	30.6	42900	17.82	0.41	7.3	6.71	0.4	2.7	berawan
11	12.00	34.3	30.9	46700	18.95	0.68	12.9	7.78	0.66	5.1	berawan
12	12.30	33.7	30.6	45200	17.73	0.4	7.1	6.47	0.39	2.5	berawan
13	13.00	32.2	29.6	44600	17.64	0.25	4.4	6.75	0.23	1.6	berawan
14	13.30	31	29	42500	17.03	0.14	2.4	5.9	0.13	0.8	berawan
15	14.00	31.2	30.6	51200	18.01	0.39	7.0	6.48	0.38	2.5	berawan
16	14.30	32.5	30	47200	18.44	0.74	13.6	7.16	0.73	5.2	berawan
17	15.00	32	32	43600	17.81	0.35	6.2	6.5	0.34	2.2	berawan
18	15.30	31.7	32.8	40900	17.16	0.17	2.9	5.9	0.15	0.9	berawan
19	16.00	31.1	33	44500	18.41	0.78	14.4	6.27	0.76	4.8	berawan
20	16.30	30.6	34	40600	17.53	0.33	5.8	6.33	0.31	2.0	berawan

**Gambar 9. Grafik Hasil Pengukuran Intensitas Sinar Matahari**

Dari analisa grafik daya diatas didapatkan:

Keluaran *sollar panel* menggunakan *fresnel lens* : Daya tertinggi = 29,6 watt ,Daya terendah = 2,4 watt, Rata-rata daya = 9,9 watt. Keluaran *sollar controler* menggunakan *fresnel lens* :Daya tertinggi = 11,8 watt, daya terendah = 0,8 watt, Rata-rata daya = 3,8 wat. Sehingga Signifikasi kuantitatif peningkatan daya setelah menggunakan *fresnel lens* dapat dianalis dengan menggunakan optimasi *fresnel lens* mengalami peningkatan daya pada *sollar panel* sebesar 119,2% dan pada *sollar controller* sebesar 122,5%.



**Gambar 10. Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Output Solar Cell dan OCC**

#### 4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan suatu proses pembuatan dan perencanaan, maka secara keseluruhan rangkaian perangkat keras yang telah diuji, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efisiensi panel surya dapat ditingkatkan dengan mengkombinasikan *Fresnel lens*, karena dengan *fresnel lens* dapat meningkatkan daya serap sinar matahari ke solar cell menjadi arus listrik lebih tinggi.
2. Dari hasil penelitian dengan menggunakan *fresnel lens* memperoleh signifikansi kuantitatif peningkatan daya sebesar 29.6 watt, dengan efisiensi pada solar panel sebesar 119,2%.
3. Perhitungan nilai ralat di dapat hasil ketelitian dan kepercayaan sebesar 54% tanpa menggunakan *fresnel lens* dan 62% menggunakan *fresnel lens*,
4. Didapatkan signifikansi kuantitatif peningkatan daya setelah menggunakan *fresnel lens*, pada solar panel sebesar 119.2% dan pada solar controller sebesar 122.5%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Manan S., 2009, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Efisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia" Semarang : Universitas Diponegoro.
- Philipps S P, Andreas., 2016, " Current Status of Concentrator Photovoltaic (CPV) Technology" Fraunhofer ISE NREL CPV Report TP-6A20-63916.
- Pruit, D.,2001,"The Simulation Of Building Integrated Photovoltaics In Commercial Office Buildings, Seventh International IBPSA Conference" Rio De Janeiro.
- Saputra M.A, Azis M.F, Sinuraya E.A , Firdaus N.A, Rafiandi R.N, dan Putra D.F.U., 2014, "Inovasi Peningkatan Efisiensi Panel Surya Berbasis Fresnel Solar Concentrator dan SollarTracker",
- Saftiawan A.,2010 "Rekayasa Cahaya Ultra Violet Menggunakan Led untuk Membantu Pertumbuhan Tanaman Bunga Krisan Secara Efektif dengan Memanfaatkan Sumber Studi Biofisika & Energy Terbarukan pada Kelompok Tani Tunas Merapi", Kerja Praktek 2. Yogyakarta (tidak diterbitkan).
- Wilson W.W., 1996,"Teknologi Sel Surya : Perkembangan Dewasa Ini dan yang Akan Datang, Edisi ke empat, Elektro Indonesia No. 12.