

INOVASI PENINGKATAN EFISIENSI PANEL SURYA BERBASIS *FRESNEL* *SOLAR CONCENTRATOR* DAN *SOLAR* *TRACKER*

Muhammad Adhijaya Saputra¹⁾,
Muhammad Fadli Azis²⁾, Evandro Aditia
Sinuraya³⁾, Nor Ain Firdaus⁴⁾, Rizky
Nafiar Rafiandi⁵⁾, dan Dimas Fajar Uman
Putra

¹⁾Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,
ITS Surabaya

Email: adhijaya11@mhs.ee.its.ac.id,

fadli11@mhs.ee.its.ac.id,

evandro.aditia@gmail.com,

ain.firdaus11@mhs.ee.its.ac.id,

rizkynafiar@gmail.com,

dimasup@ee.its.ac.id

Abstract

Indonesia is a tropical country with great potential for solar energy is about 4.5 kWh per m². However, this potential can not be fully utilized due to the efficiency of solar panels is still very low at around 16%. Various research and development of solar panels has been done in order to get a system with higher efficiency. Starting from the development of constituent materials, the selection of topology until the latest is the change construction design of the solar panels. That is a change from fixed solar panel model (fixed solar panels) into a solar tracker. With the discovery of the sun's solar panels followers, efficiency solar panels can now be increased up to 16.5%. However, the figure is too low if the solar panel want to be a solar panel power generation technologies that can be utilized by the general public. We tried to develop a solar panel system by utilizing the Fresnel lens that can concentrate sunlight intensity on the solar cell. Then, because of the position of the sun that always changes, we use a solar tracker that automatically adjust the position of the solar panels to always face the sun. So with the combination of the two technologies, solar panel can absorb maximum sunlight intensity.

Keywords: Solar Panels, Solar Tracker, Fresnel Solar Concentration.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya perekonomian dan berkembangnya teknologi di Indonesia saat ini membuat kebutuhan akan penyediaan energi listrik terus meningkat. Dinas Perencanaan Sistem PT. PLN (Persero) dan Tim Energi BPPT memproyeksikan kebutuhan listrik di Indonesia selama kurun waktu 2003 – 2020 akan mengalami kenaikan 6,5% setiap tahunnya. Berbagai upaya dan strategi pun sudah dilakukan baik oleh pihak penyedia energi listrik maupun pemerintah untuk menangani kenaikan kebutuhan listrik tersebut. Namun, belum ada hasil yang memuaskan. Pemerintah telah menetapkan kebijakan utama dalam pengelolaan energi yaitu konservasi dan diversifikasi energi agar dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi tak terbarukan dan memenuhi permintaan energi listrik yang terus meningkat.

Berdasarkan data dan fakta di masyarakat, penggunaan panel surya sebagai salah satu sumber energi listrik alternatif yang terbarukan di masyarakat saat ini masih sangat terbatas. Banyak faktor yang menyebabkan masyarakat masih enggan menerapkan teknologi panel surya sebagai salah satu sumber energi listrik terbarukan ini, diantaranya adalah proses instalasi panel surya yang sulit, dan tingkat efisiensi panel surya yang masih sangat rendah.

Seperti diketahui, 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. Hal ini membuat masyarakat semakin enggan menerapkan teknologi panel surya sebagai salah satu sumber energi alternatif terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi listriknya sehari-hari.

Untuk itu diharapkan dengan merancang sistem panel surya baru yaitu mengkombinasikan antara penjejak matahari dan lensa Fresnel dapat mengoptimalkan intensitas cahaya matahari yang diserap sel surya sehingga efisiensinya pun bertambah.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam proses pembuatan alat ini adalah:

2.1. Pengkajian Masalah

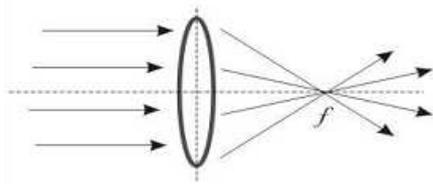
Mengkaji dan menggali lebih dalam tentang masalah sistem panel surya yang masih rendah tingkat efisiensinya dan masih sedikit penerapannya di masyarakat sebagai alternatif sumber energi listrik terbarukan.

2.2. Studi Literatur

Selanjutnya dilakukan studi literatur sebagai langkah untuk mengetahui lebih dalam tentang masalah yang dikaji dan tentang lensa Fresnel dan sistem penjejak matahari yang cocok untuk diterapkan pada sistem. Kami menggunakan beberapa sumber sebagai media studi kami, diantaranya buku, jurnal, internet, dan penelitian sebelumnya.

1). *Fresnel Solar Concentrator*

Pada lensa cembung cahaya paraksial dibiaskan menuju ke titik fokus nyata di depan lensa, sehingga lensa cembung dikatakan bersifat konvergen. Jarak antara lensa dengan titik fokusnya dinamakan jarak fokus.



Gambar 1. Berkas cahaya pada lensa cembung

Jika berkas-berkas yang paralel dengan sumbu jatuh pada lensa tipis, maka akan di fokuskan pada satu titik (f). Berkas-berkas paralel akan difokuskan pada satu bagian kecil yang hampir berupa titik jika diameter lensa lebih kecil dibandingkan dengan radius kelengkungan kedua permukaan

lensa. Kriteria ini dipenuhi oleh lensa yang sangat tipis dibandingkan dengan diameternya. Titik fokus lensa bisa ditemukan dengan menentukan titik titik dimana berkas berkas cahaya matahari atau benda jauh lainnya dibentuk menjadi bayangan yang tajam.

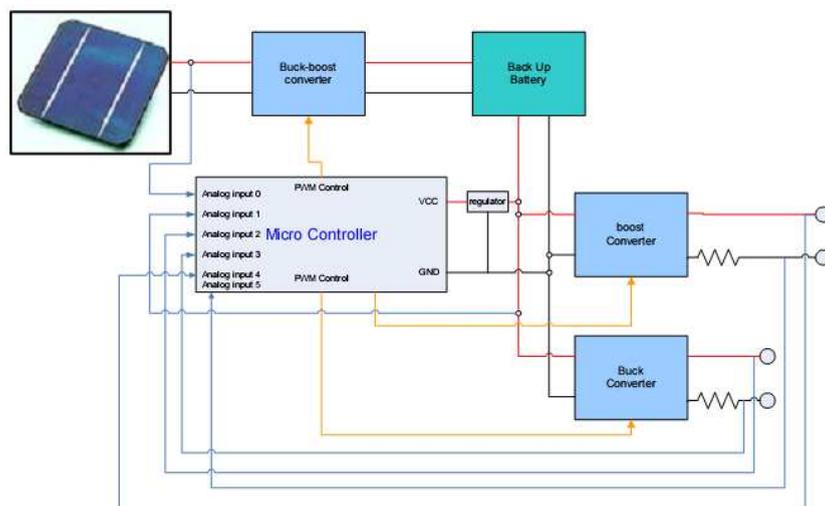
Agustin Fresnel mengurangi berat dan ketebalan lensa dengan memindahkan “bagian silindris” dari lensa seperti mengubah bentuknya namun tanpa mengubah cahaya dari hasil pembiasannya. Lensa Fresnel ini digunakan untuk meningkatkan intensitas cahaya, digunakan untuk mercusuar, dengan meningkatkan kekuatan lensa (lensa semakin tebal).

2). *Solar Tracker*

Solar Tracker atau Penjejak Matahari adalah komponen tambahan pada panel surya yang terdiri dari motor dan driver guna menggerakkan panel surya sesuai dengan titik maksimal radiasi matahari atau dengan kata lain menjaga posisi panel surya tetap 90 derajat dengan matahari. Banyak tipe dari Penjejak matahari ini, diantaranya adalah penjejak matahari dengan sensor radiasi dan penjejak matahari berdasarkan waktu. Tipe yang kami gunakan untuk sistem ini adalah berdasarkan waktu.

3). *Panel Surya*

Sel surya adalah suatu peralatan yang merupakan implementasi dari efek fotovoltaik yaitu mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya adalah satu kesatuan modul yang didalamnya terdapat sel surya dan peralatan tambahan lainnya.



Gambar 2. Desain Sistem Panel Surya

Tegangan output yang dihasilkan dari sel surya berubah – ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang jatuh pada permukaannya. Perubahan nilai tegangan ini akan menghambat sistem charging baterai apabila solar cell langsung dihubungkan dengan baterai. Sehingga dibutuhkan peralatan tambahan yang dapat menghasilkan tegangan output yang stabil dari tegangan input sel surya yang berubah – ubah. Ketika tegangan input dari sel surya terlalu kecil maka harus dinaikkan dengan Buck-Boost Konverter. Sedangkan saat tegangan input dari sel surya terlalu besar maka perlu digunakan buck converter untuk menurunkan tegangan. Operasi dari kedua kontroler tersebut diatur oleh mikrokontroler, sebagai contoh adalah Mikrokontroler AT Mega16.

Agar efisiensi dari panel surya tinggi maka foton yang berasal dari sinar matahari harus bisa diserap sebanyak – banyaknya, kemudian memperkecil refleksi dan rekombinasi serta memperbesar konduktivitas bahannya. Untuk bisa membuat agar foton yang diserap dapat sebanyak – banyaknya, maka absorber harus memiliki energi pembebas electron dengan range yang lebar.

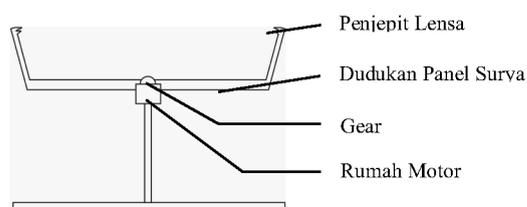
C. Pengumpulan Data

Dari studi literatur yang kami lakukan, kami berhasil mengumpulkan data yang dapat digunakan sebagai acuan untuk perancangan dan pembuatan sistem. Ini juga mencakup penyusunan hipotesis dimana nantinya akan berguna saat evaluasi kinerja sistem.

D. Perancangan Sistem

Kemudian kami mulai merancang sistem solar panel tersebut. Pada langkah ini dilakukan desain teknis yang meliputi mekanik, elektrik dan elektronik menggunakan software CAD dan perhitungan manual.

1). Sistem Mekanik



Gambar 3. Desain Sistem Mekanik

Lensa diletakkan pada penjepit dengan jarak memperhatikan titik focus lensa sehingga nantinya didapatkan persebaran cahaya ke seluruh permukaan panel surya.

Kemudian driver motor pada rumah motor akan menggerakkan gear yang akan memutar panel surya mengikuti arah pergerakan matahari.

2). Sistem Elektrik

Sistem Elektrik meliputi rangkaian converter panel surya dan juga baterai penyimpanan daya dan juga pengkabelan yang nantinya berguna untuk pengukuran. Selain itu juga meliputi rangkaian DC sebagai tenaga suplai bagi driver motor.

3). Sistem Elektronik

Sistem Elektronik adalah rangkaian driver motor stepper yang didalamnya juga dilakukan pemrograman untuk menentukan jadwal pergeseran atau rotasi motor agar motor dapat dengan tepat mengarahkan panel surya menghadap pada posisi maksimal radiasi matahari.

E. Pembuatan Sistem

Setelah rancangan sistem selesai dibuat, maka dimulai realisasi pembuatan baik untuk sistem mekanik, elektrik dan elektronik.

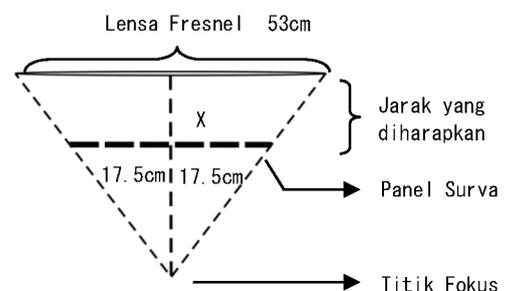
F. Pengujian Kinerja Sistem

Sistem yang telah kami buat akan kami uji kelayakan penggunaannya. Jika masih ditemukan masalah pada saat pengoperasian sistem ini maka akan diadakan evaluasi untuk sistem ini mulai dari tahap perancangan sistem. Apabila sistem telah mampu bekerja secara optimal, maka pembuatan sistem ini telah selesai dan sistem layak untuk diterapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Agar alat dapat diaplikasikan maka hasil pengujian alat harus sesuai dengan hipotesis.

1). Penentuan Posisi Lensa Frsnel – Panel Surya



Gambar 4. Skema Jarak Lensa - Panel Surya

Lensa Fresnel yang kami pilih untuk digunakan pada Sistem ini adalah circle lens

berbahan dasar plastik dan dengan diameter 53 cm. Pertimbangan pemilihan jenis ini adalah karena massanya yang ringan dan ukuran yang sudah disesuaikan dengan ukuran panel surya yang kami gunakan untuk pengujian yaitu panel surya 10 wp dengan ukuran 35x28 cm. Lensa ini memiliki titik fokus sejauh 50 cm, sehingga untuk mendapatkan konsentrasi cahaya matahari yang merata pada seluruh permukaan panel surya bisa didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

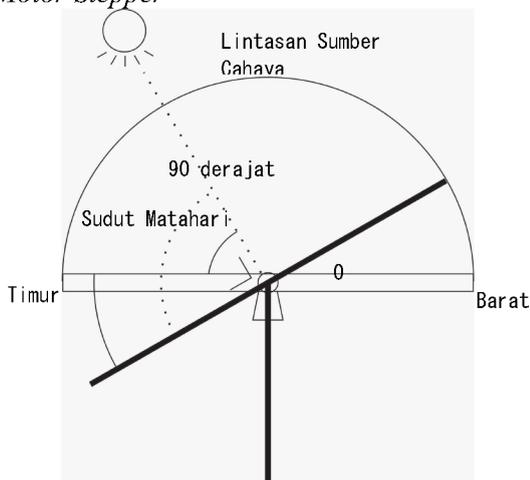
$$\begin{aligned} \tan A &= \tan B \\ \frac{26,5}{50} &= \frac{17,5}{(50 - x)} \\ 1325 - 26,5x &= 875 \\ x &= \mathbf{16,98 \text{ cm}} \end{aligned}$$

Dengan Jarak tersebut maka seluruh permukaan panel surya akan mendapatkan iradiasi matahari sebesar luasan lensa fresnel yang besarnya merupakan 2,25 : 1 dari luasan panel surya.

Luasan Panel Surya : $35\text{cm} \times 28\text{cm} = 980\text{cm}^2$

Luasan Lensa : $\pi r^2 = 3,14 \times 53 \times 53 \times 0,25 = 2205,065\text{cm}^2$

2). Pemasangan Solar Tracker Berbasis Motor Stepper



Gambar 5. Skema Pergerakan Penjejak Matahari

Pengukuran dilakukan pada pukul 07.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB dengan sumber cahaya penyinaran dari matahari secara langsung.

Waktu	Sudut Penyinaran	Sudut Penampang	Sudut Optimal
-	-	90	90
07.00-07.30	0-9	90	90
07.30-08.00	9-18	81	90
08.00-08.30	18-27	72	90
08.30-09.00	27-36	63	90
09.00-09.30	36-45	54	90
09.30-10.00	45-54	45	90
10.00-10.30	54-63	36	90
10.30-11.00	63-72	27	90
11.00-11.30	72-81	18	90
11.30-12.00	81-90	9	90
12.00-12.30	90-99	0	90
12.30-13.00	99-108	-9	90
13.00-13.30	108-117	-18	90
13.30-14.00	117-126	-27	90
14.00-14.30	126-135	-36	90
14.30-15.00	135-144	-45	90
15.00-15.30	144-153	-54	90
15.30-16.00	153-162	-63	90
16.00-16.30	162-171	-72	90
16.30-17.00	171-180	-90	90
-	-	90	90

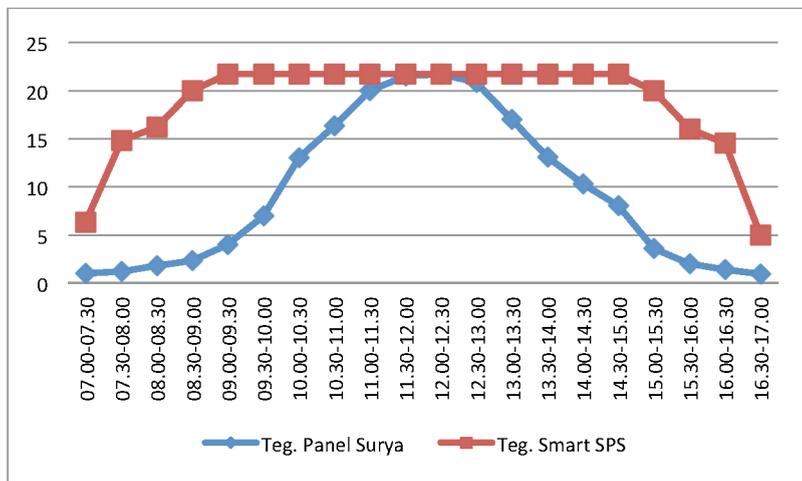
Tabel 1. Perhitungan Sudut Pergeseran Motor Stepper

Driver dirancang agar dapat memberikan pergerakan atau rotasi motor 9 derajat per step nya setiap 30 menit. Jenis motor stepper yang dipilih pun motor stepper dengan torsi tinggi yaitu tipe bipolar 0,65 A.

Sudut₉₀Optimal dari Sistem ini dihitung dengan menjumlah sudut penyinaran dengan sudut penampang panel surya atau lensa sehingga didapatkan nilai 90 derajat. Dengan tetap berada pada sudut optimal maka panel surya dapat tetap bekerja pada *peak* atau kemampuan maksimumnya sehingga didapatkan efisiensi sistem yang lebih tinggi.

3). Pengukuran dan Perhitungan Efisiensi Sistem

Waktu	Teg. Panel Surya	Arus P.S	Energi p.s (wh)	Teg. Smart SPS	Arus SPS	Energi SPS (wh)
07.00-07.30	1	0	0	6.3	0	0
07.30-08.00	1.2	0	0	14.8	1.4	8.4
08.00-08.30	1.8	0	0	16.2	2.1	12.6
08.30-09.00	2.3	0	0	20	4	24
09.00-09.30	4	0	0	21.7	4.85	29.1
09.30-10.00	7	0	0	21.7	4.85	29.1
10.00-10.30	13	0.5	3	21.7	4.85	29.1
10.30-11.00	16.3	2.15	12.9	21.7	4.85	29.1
11.00-11.30	20	4	24	21.7	4.85	29.1
11.30-12.00	21.5	4.75	28.5	21.7	4.85	29.1
12.00-12.30	21.7	4.85	29.1	21.7	4.85	29.1
12.30-13.00	20.8	4.4	26.4	21.7	4.85	29.1
13.00-13.30	17	2.5	15	21.7	4.85	29.1
13.30-14.00	13.1	0.55	3.3	21.7	4.85	29.1
14.00-14.30	10.3	0	0	21.7	4.85	29.1
14.30-15.00	8	0	0	21.7	4.85	29.1
15.00-15.30	3.6	0	0	20	4	24
15.30-16.00	2	0	0	16	2	12
16.00-16.30	1.4	0	0	14.5	1.25	7.5
16.30-17.00	0.9	0	0	5	0	0



Gambar 6. Perbandingan tegangan rata-rata panel surya dengan panel surya Fresnel solar tracker

Daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut; $P = V.I$. sedangkan arus suplai dihasilkan dari persamaan sebagai berikut ini;

$$I = \frac{V_{Suplai} - V_{baterai}}{impdansi\ internal\ baterai}$$

Sehingga daya yang diperoleh oleh panel surya dan Smart SPS untuk setiap range

waktu seperti pada table diatas. Perbandingan daya rata-rata untuk kedua sistem tersebut adalah sebagai berikut;

Energi panel surya yang dihasilkan (07.00-17.00) = 142.2 Wh

Energi Smart SPS yang dihasilkan (07.00-17.00) = 437.7 Wh

Maka peningkatan efisiensi jika menggunakan Smart SPS dibanding Panel Surya biasa adalah; $437.7/142.2 = 3.078$ atau peningkatan sebesar 307.8%. Sehingga untuk perbandingan panel surya dan lensa Fresnel 1 : 2,25 terdapat peningkatan efisiensi sekitar 307.8%.

4. KESIMPULAN

Efisiensi Panel surya dapat ditingkatkan dengan menggabungkan sistem *Solar Tracker* dengan *Fresnel Solar Concentrator*. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa untuk perbandingan luasan panel surya dan lensa Fresnel 1 : 2,25 didapatkan kenaikan efisiensi sebesar 307,8%, disamping itu untuk pemasangan panel surya dengan daya keluaran 900 watt didapatkan penghematan biaya sebesar Rp.16.285.000. Dengan Penambahan Sistem *Solar Tracker* dan *Fresnel Solar Concentrator*, panel surya dapat bekerja pada kondisi optimalnya setiap saat.

6. REFERENSI

1. Catalin, Alexandru. Optimal Design of the Controller for a Photovoltaic Tracking System Using Parametric Technique. Transilvania University of Brasov, Romania. 2010.
2. Guo, Liping, Paul Curtis, Andrew Barendregt, Anthony Surillo. A Sun-Tracking Solar Power System. Northern Illinois University, USA. 2009.
3. Lorenzo, Eduardo. Solar Electricity, Engineering of Photovoltaic Systems. Madrid: Polytechnic University of Madrid. 1994.
4. Prabowo, Adi Yulianto. 2010. Perancangan dan Simulasi Sistem Tracking Panel Surya Dua Derajat Kebebasan Menggunakan Metode Kendali Logika Fuzzy. Semarang : Universitas Diponegoro.
5. Davis, Arthur. 2011. Fresnel lens solar concentrator derivations and simulations. New York : 500 Lee Rd Rochester.
6. Verlinden, P.J. 1993. High-efficiency, point-contact silicon solar cells for Fresnel lens concentrator modules. Sunnyvale : SunPower Corp