

Peningkatan Output Daya PLTS Menggunakan Sistem Tracker Dan Reflektor Cahaya Matahari

Dikpride Despa¹, Muhlisin², FX Arinto Setyawan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
despa@eng.unila.ac.id¹, muhlinisps@gmail.com², fx.arinto@eng.unila.ac.id^{3*}

*Korespondensi: fx.arinto@eng.unila.ac.id

Received 02 Februari 2022 | Revised 05 April 2022 | Accepted 25 April 2022

ABSTRAK

Pada saat ini hampir semua peralatan rumah tangga menggunakan teknologi elektrik sehingga kesediaan energi listrik sangat dibutuhkan oleh manusia. Oleh karena itu, di setiap tahun konsumsi energi listrik ini terus meningkat seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi di masyarakat. Untuk meningkatkan suplai energi listrik maka dibutuhkan pembangkit-pembangkit listrik yang harus dibangun. Pembangkit listrik membutuhkan sumber energi yang nantinya akan dikonversi menjadi energi listrik. Salah satu pilihannya adalah sumber energi terbarukan yaitu cahaya matahari (tenaga surya). Untuk mengkonversi tenaga surya menjadi listrik dibutuhkan sel-sel surya yang dirangkai menjadi panel surya. Panel-panel surya ini tidak dapat mengkonversi secara optimal karena efisiensinya masih rendah. Oleh karena itu, diperlukan adanya inovasi untuk meningkatkan daya keluaran dari sel surya yang berupa energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya keluaran sel surya dengan menambahkan lensa fresnel serta melengkapi dengan sistem penjejak arah matahari. Hasil penelitian membuktikan bahwa dengan menambahkan lensa fresnel dan sistem penjejak dapat meningkatkan rata-rata irradiance sebesar 29%, arus listrik sebesar 18,94%, tegangan listrik sebesar 11,57%, dan daya sebesar 44,32%. Hasil ini didasarkan pada perbandingan dengan pembangkit listrik tenaga surya yang tidak menggunakan lensa fresnel serta berpenjejak arah matahari.

Kata kunci: Lensa Fresnel, Penjejak, Tenaga Surya.

At this time almost all household appliances use electrical technology so the availability of electrical energy is needed by humans. Therefore, every year the consumption of electrical energy continues to increase in line with the increase in economic growth in the community. To increase the supply of electrical energy, it is necessary to build power plants. Power plants require an energy source that will later be converted into electrical energy. One option is a renewable energy source, namely solar energy. To convert solar power into electricity, solar cells are needed which are assembled into solar panels. Due to the low efficiency of solar panels, the conversion results of solar panels are not optimal. Therefore, innovation is needed to increase the output power of solar cells in the form of electrical energy. This research aims to increase the output power of solar cells by adding a Fresnel lens and complementing it with a solar tracking system. The research result proves that adding a Fresnel lens and tracking system can increase the average irradiance by 29%, electric current by 18.94%, voltage by 11.57%, and power by 44.32%. These results are based on comparisons with solar power plants that do not use Fresnel lenses and solar tracking systems.

Keywords: Fresnel Lens, Tracker, Solar Power.

I. PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan ekonomi membuat kemampuan daya beli masyarakat juga meningkat. Kebanyakan orang melengkapi rumah tangganya dengan peralatan-peralatan rumah tangga berbasis listrik untuk memudahkan dalam beraktivitas sehari-hari. Oleh karena itu, Meningkatnya pertumbuhan ekonomi di Indonesia memicu pula peningkatan permintaan akan energi listrik (Sen, 2008).

Besarnya permintaan energi listrik dapat diatasi dengan membuat pembangkit-pembangkit listrik yang baru atau meningkatkan produksi energi listrik dari pembangkit listrik yang lama. Pembangunan pembangkit listrik memerlukan sumber energi yang akan dikonversi menjadi energi listrik. Oleh karena itu, perlu memanfaatkan sumber energi alternatif yang dapat diperbarui (energi terbarukan) dan tersedia melimpah. Salah satu sumber energi yang tersedia melimpah dan ramah lingkungan adalah sumber energi dari cahaya matahari. Sumber energi ini tersedia melimpah karena letak Indonesia di sekitar garis katulistiwa dimana matahari selalu ada disetiap harinya. Hasil perubahan energi matahari menjadi listrik

dapat dimanfaatkan untuk pembuatan lampu penerangan jalan dimana lampu penerangan ini dapat menyala secara otomatis saat gelap dan mematikannya saat kondisi sudah terang (Setyawan, 2021).

Besarnya intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap energi yang akan diserap oleh panel surya. Panel surya merupakan susunan dari sel surya-sel surya yang disusun menjadi kesatuan agar energi yang diserap menjadi lebih banyak. Panel surya yang digunakan dalam pembangkit energi listrik biasanya merupakan panel surya statik (diam). Kelemahan panel surya statik adalah kurang optimal dalam mendapatkan intensitas radiasi matahari. Hal ini disebabkan karena panel surya statik tidak mengikuti arah cahaya matahari sehingga permukaan panel tidak tegak lurus dengan arah datangnya cahaya matahari. Pada saat cahaya matahari datang sejajar dengan garis normal bidang panel ($\theta = 0^\circ = 180^\circ$) maka panel akan menghasilkan energi listrik yang maksimal. Selain sudut datang cahaya matahari, energi listrik yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh fokus cahaya yang mengenai permukaan panel surya. Hal ini karena, semakin fokus cahaya matahari mengenai panel maka semakin besar intensitas yang diterima panel sehingga daya yang didapat lensa juga semakin besar. Penelitian ini mengusulkan adanya inovasi panel surya yang dapat menyesuaikan permukaannya mengikuti arah pergerakan matahari dan memfokuskan cahaya matahari ke permukaan panel menggunakan lensa fresnel.

Pembangkit yang memanfaatkan energi yang ada dalam radiasi cahaya matahari untuk menjadi energi listrik adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Besarnya daya yang diubah dari radiasi cahaya matahari sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan yang mempengaruhi kinerja dari sel surya. Pada kondisi standar, energi yang terkandung dalam cahaya matahari adalah sebesar 1000W/m^2 pada suhu 25°C sehingga besarnya radiasi cahaya matahari yang ada dan suhu lingkungan merupakan faktor penting penentu besar kecilnya energi yang dihasilkan oleh panel surya (Irawan, 2016).

Indonesia yang terletak pada daerah katulistiwa sangat cocok untuk pengembangan pembangkit listrik bertenaga surya. Sumber energi surya pada daerah ini cukup berlimpah dengan rata-rata intensitas radiasi matahari yaitu sekitar $4,8\text{ kWh/m}^2$ per hari (Ilyas, 2017). Akan tetapi panel surya yang ada saat ini memiliki nilai efisiensi yang cukup rendah yaitu sekitar 17,4% (Hariyati, 2019) sehingga perlu dilakukan upaya agar energi yang dihasilkan dapat maksimal.

Penelitian mengenai PLTS ini sudah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Sianipar (2014) dan Sukmajati (2015) melakukan penelitian mengenai penentuan kapasitas PLTS berdasarkan konfigurasi yang digunakan. Pada penelitian ini tidak dibahas mengenai upaya peningkatan jumlah energi yang dihasilkan dengan membuat alat tambahan tetapi hanya didasarkan pada pemilihan komponen yang digunakan. Penelitian mengenai perhitungan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh PLTS dengan panel yang dapat mengikuti arah matahari dilakukan oleh Ramadhan (2016). Pada penelitian ini tidak menghitung besarnya energi yang dibutuhkan oleh alat yang dipasang agar panel dapat mengikuti arah matahari. Pengaruh intensitas matahari terhadap daya yang dikeluarkan oleh panel surya telah diteliti sebelumnya oleh Yuliananda (2015) dimana intensitas matahari yang memberikan daya maksimum terjadi pada pukul 13.00.

Penelitian penggunaan reflector parabola agar meningkatkan energi yang dihasilkan oleh panel surya juga telah dilakukan sebelumnya oleh Ilyas (2017). Pada penelitian ini terbukti bahwa penggunaan reflector parabola meningkatkan efisiensi sebesar 1.039 kali dibanding tanpa reflector. Penelitian yang diusulkan pada artikel ini adalah penggunaan solar tracker (penjejak arah matahari) dan penggunaan lensa Fresnel agar cahaya matahari terfokus mengenai sel surya yang digunakan.

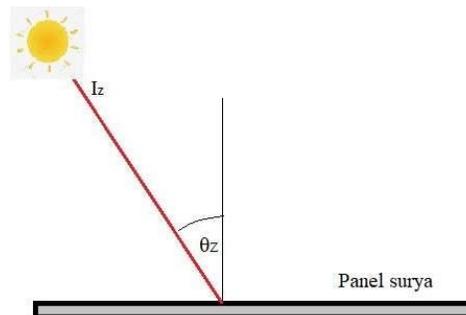
II. METODE PENELITIAN

Panel surya menerima intensitas radiasi (*Irradiance*) matahari tidak sama untuk setiap waktu. Intensitas radiasi adalah energi persatu satuan waktu yang jatuh pada suatu permukaan yang mempunyai luasan tertentu dengan satuan W/m^2 . Total radiasi matahari yang diterima permukaan bumi dipengaruhi oleh empat factor, yaitu jarak matahari ke bumi, intensitas radiasi matahari, panjang hari, dan pengaruh atmosfer. Pada saat bumi berjarak paling dekat dengan matahari maka energi yang diterima dari radiasi matahari paling besar. Besarnya intensitas radiasi matahari dipengaruhi oleh sudut datangnya sinar matahari terhadap permukaan bumi. Pengertian panjang hari adalah lamanya matahari dalam satu hari, hal ini dipengaruhi oleh pergerakan bumi dan posisi permukaan bumi. Sedangkan pengaruh atmosfer karena adanya penyerapan dan pemantulan kembali oleh gas-gas, debu atau uap air terhadap radiasi matahari yang akan jatuh pada suatu permukaan di bawah atmosfer.

Besarnya sudut datang sinar matahari dipengaruhi oleh berpindahnya posisi matahari sehingga panel surya tidak menerima cahaya matahari secara tegak lurus. Intensitas radiasi matahari yang diterima pada permukaan bumi dirumuskan menggunakan persamaan (1) dan diilustrasikan pada Gambar 1. Panel surya akan menerima intensitas radiasi matahari maksimal saat posisinya tepat tegak lurus dengan sumber cahaya. Oleh karena itu, salah satu upaya meningkatkan energi yang diperoleh dari cahaya matahari adalah dengan membuat posisi panel surya menerima cahaya matahari secara tegak lurus. Hal ini dapat diperoleh dengan cara membuat panel surya bergerak mengikuti berpindahnya posisi matahari.

$$I_z = I \cos \theta_z \quad (1)$$

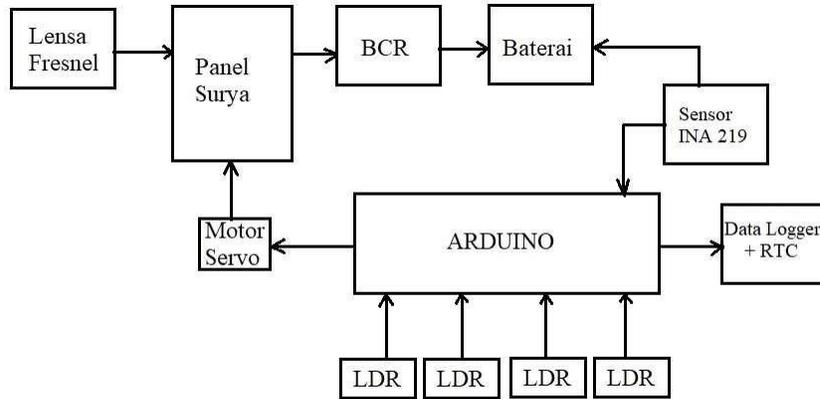
Dimana I_z adalah intensitas radiasi matahari yang sampai dipermukaan bumi, I adalah intensitas radiasi matahari, dan θ_z adalah sudut yang terbentuk dari permukaan panel surya dengan arah datangnya sinar. Pengaruh jarak matahari ke bumi, panjang hari, dan atmosfer tidak dibicarakan karena tidak dapat dikondisikan sesuai keinginan tetapi berbeda untuk setiap waktu tertentu. Jarak matahari ke bumi dipengaruhi waktu bumi mengorbit ke matahari dimana jaraknya bervariasi dari $1,47 \times 10^8$ km hingga $1,52 \times 10^8$ km, sementara Panjang hari dipengaruhi pergerakan bumi dalam mengorbit matahari dimana kecondongan arah bumi berubah setiap waktu sedangkan atmosfer bumi kondisinya bisa berubah tergantung cuaca misalnya mendung dan cerah.



Gambar 1. Ilustrasi Panel Surya Dalam Menerima Instensitas Radiasi Matahari

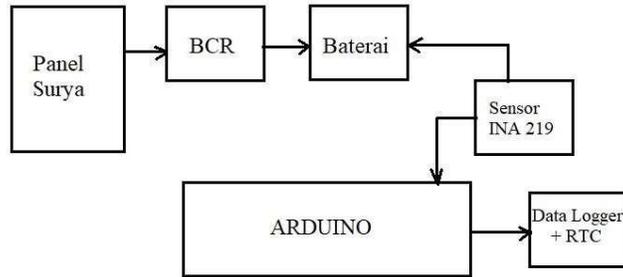
A. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini dibuat dua prototipe yaitu prototipe system yang diusulkan dan prototipe pembanding. Prototipe system yang diusulkan adalah prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dilengkapi dengan tracker dan lensa Fresnel sedangkan prototipe pembanding merupakan prototipe PLTS konvensional biasa (tanpa tracker dan Lensa Fresnel). Pembandingan dilakukan dengan mengukur nilai Arus, Tegangan, dan Daya, yang dihasilkan oleh sel surya pada prototipe lalu dibandingkan. Pada penelitian ini digunakan panel surya 1 WP yang berdimensi 11 x 6 x 2 cm. Blok diagram rancangan PLTS yang diusulkan diperlihatkan pada Gambar 2 sedangkan blok diagram pembanding diperlihatkan pada Gambar 3. Pada PLTS pembanding tidak menggunakan lensa Fresnel dan motor servo untuk mengarahkan panel surya.



Gambar 2. Blok Diagram Rancangan PLTS Yang Diusulkan

Pada panel surya terdapat sensor LDR yang akan membaca intensitas cahaya yang paling optimal. Sehingga permukaan sel surya akan selalu menghadap cahaya matahari. Pada rangkaian terdapat sensor INA219 untuk mengukur tegangan dan arus yang dikontrol menggunakan Arduino. Data akan tersimpan secara otomatis di Sdcard yang terdapat di data logger berdasarkan waktu yang dibaca RTC. Semua komponen di suplai Aki 12V.



Gambar 3. Blok Diagram PLTS Pemanding

B. Penentuan Jarak Lensa Fresnel dengan Sel Surya

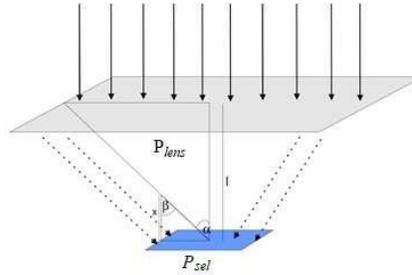
Jarak lensa Fresnel dengan sel surya harus diperhitungkan secara cermat agar semua cahaya matahari dapat mengenai sel surya yang diinginkan. Jarak yang optimal agar sel surya seluruhnya terkena oleh cahaya matahari didapatkan menggunakan persamaan (4).

$$\tan \alpha = \tan \theta \tag{2}$$

$$\frac{\frac{1}{2}P_{lens}}{l} = \frac{\frac{1}{2}P_{set}}{x} \tag{3}$$

$$y = l - x \tag{4}$$

Dimana P_{lens} adalah panjang lensa, P_{sel} adalah panjang panel surya, l adalah jarak fokus lensa, x adalah nilai pengurangan jarak lensa dan panel surya, dan y adalah jarak maksimal panel mendapat cahaya diilustrasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Cara menentukan jarak lensa ke panel surya.

Pada penelitian ini panjang lensa yang digunakan adalah 15cm, panjang panel surya adalah 11 cm, dan jarak focus lensa adalah 20 cm. Dari data peralatan yang digunakan tersebut dan dengan menggunakan persamaan (4) dapat ditentukan jarak lensa ke panel adalah 5,4 cm. Pengukuran jarak lensa ke panel surya menggunakan penggaris diperlihatkan pada Gambar 5.

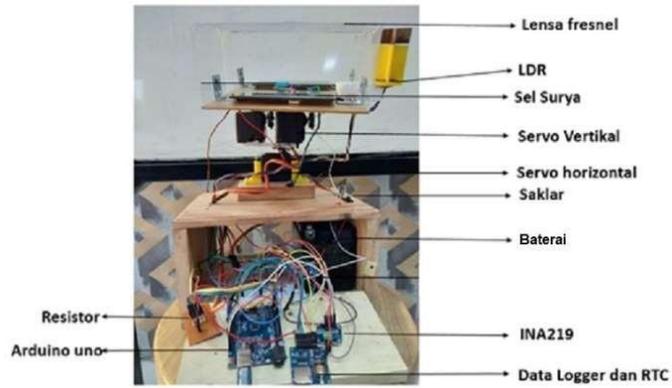


Gambar 5. Pengukuran Jarak Lensa ke Panel Surya

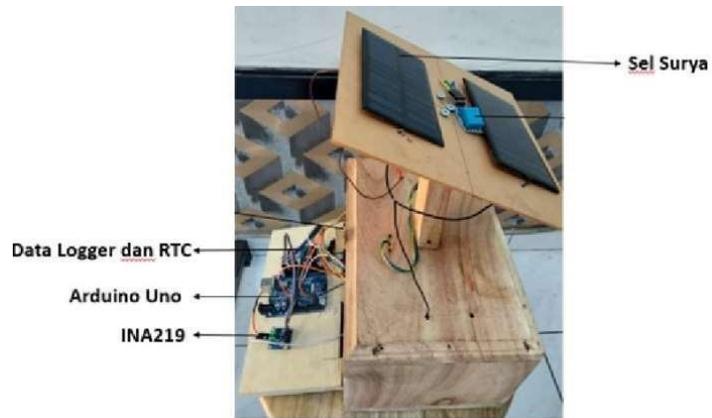
C. Prototipe PLTS

Prototipe PLTS dengan menggunakan metode yang diusulkan diperlihatkan pada Gambar 6 sedangkan prototipe PLTS pembandingan diperlihatkan pada Gambar 7. Pada PLTS dengan metode yang diusulkan menggunakan lensa Fresnel dan motor servo untuk menggerakkan panel surya sedangkan pada PLTS pembandingan tidak menggunakannya. Motor Servo menggerakkan panel surya mengikuti arah Matahari berdasarkan intensitas cahaya yang dideteksi menggunakan sensor LDR yang bentuk susunannya diperlihatkan pada Gambar 8.

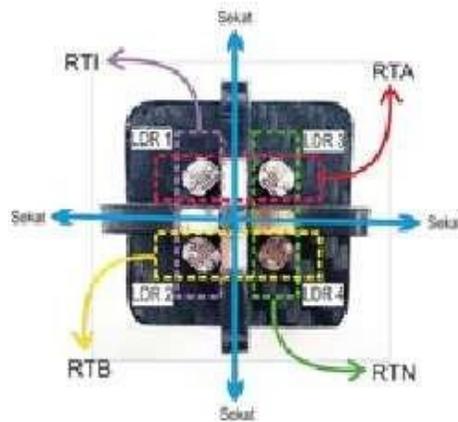
Dimana RTI adalah rata-rata intensitas cahaya yang diterima sensor LDR sebelah kiri, RTA adalah rata-rata intensitas cahaya yang diterima sensor LDR sebelah atas, RTN adalah rata-rata intensitas cahaya yang diterima sensor LDR sebelah kanan, dan RTB adalah rata-rata intensitas cahaya yang diterima sensor LDR sebelah bawah. Jika RTA lebih besar dari RTB maka motor akan memutar panel ke atas jika sebaliknya maka akan diputar ke bawah dan jika nilainya sama maka dipertahankan posisinya. Jika RTI lebih besar dari RTN maka motor akan memutar panel ke arah kiri dan jika sebaliknya maka motor akan memutar ke kanan serta jika nilainya sama maka posisinya dipertahankan.



Gambar 6. Prototipe PLTS Menggunakan Tracker dan Lensa Fresnel



Gambar 7. PLTS Tanpa Tracker dan Lensa Fresnel



Gambar 8. Susunan LDR

D. Optimalisasi Daya Sel Surya

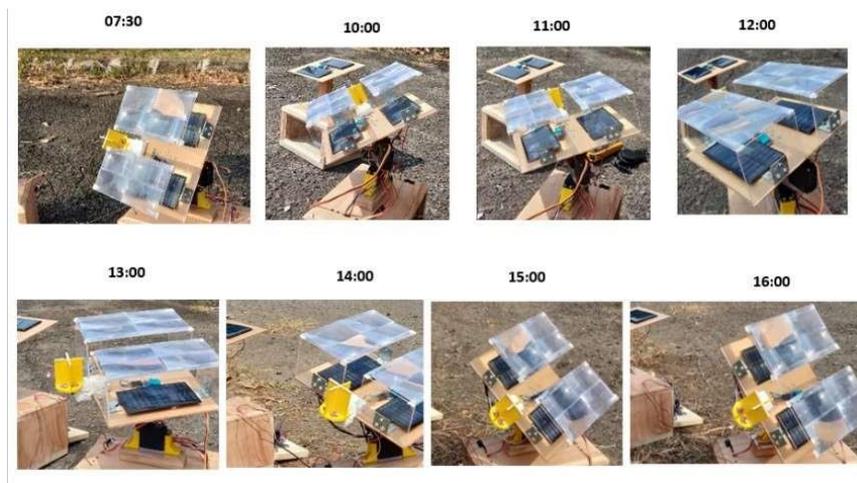
Optimalisasi daya Sel surya berarti usaha meningkatkan energi yang dihasilkan sel surya. Optimalisasi ini dapat dilakukan dengan cara memaksimalkan intensitas radiasi matahari yang akan diserap sel surya dengan membuat sistem tracker berpengerak motor servo berdasarkan intensitas cahaya yang diterima oleh sensor LDR (persamaan 1) dan membuat concentrator pada sel surya menggunakan lensa Fresnel. Maksud pemakaian lensa Fresnel ini adalah mengarahkan cahaya matahari agar jatuh tepat pada sel surya pada panel walau seharusnya cahaya tersebut tidak jatuh pada sel surya (diperlihatkan pada Gambar 4). Hal ini mengakibatkan sel surya akan menerima intensitas radiasi matahari yang maksimal sehingga energi yang dihasilkan juga akan lebih besar (Priatam, 2021). Pengaruh radiasi terhadap daya yang dihasilkan oleh sel surya didapat menggunakan persamaan (5).

$$P_{out} = \frac{\mu \times I_r \times A}{100\%} \quad (5)$$

Dimana P_{out} adalah daya yang dihasilkan oleh sel surya, μ adalah efisiensi sel surya, I_r adalah intensitas radiasi matahari yang diterima sel surya, dan A adalah luasan sel surya yang menerima cahaya matahari.

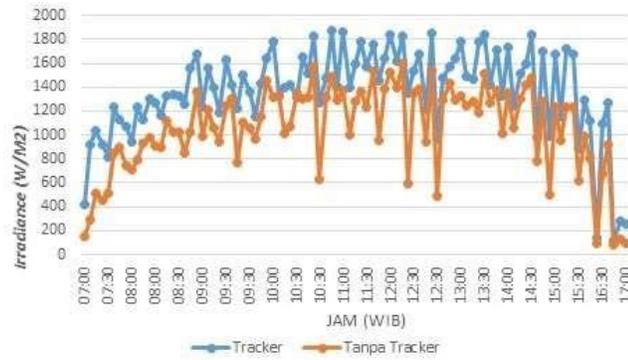
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemakaian sensor LDR untuk pengaturan tracker diperlihatkan pada Gambar 9. Pada gambar tersebut terlihat bahwa terjadi perubahan posisi panel surya mengikuti arah matahari. Panel ini diharapkan berposisi tegak lurus dengan arah sinar sehingga sel surya pada panel mendapat intensitas maksimum dan dapat menghasilkan energi yang maksimum.



Gambar 9. Posisi Panel Surya Untuk Waktu Yang Berbeda-Beda

Perbandingan intensitas radiasi antara panel surya bertracker dan berlensa Fresnel dengan panel suryastatis diperlihatkan pada Gambar 10. Pengambilan data dilakukan pada hari yang sama dan pada waktu yang bersamaan. Fluktuasi nilai intensitas radiasi disebabkan karena kondisi cuaca berawan sehingga cahaya matahari seringkali terhalang oleh awan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa panel surya bertracker dan berlensa Fresnel nilai intensitas radiasinya selalu lebih tinggi dibanding panel surya statis. Hal ini disebabkan karena Panel surya bertracker selalu mengikuti arah matahari. Rata-rata kenaikan intensitas radiasi panel surya bertracker dibanding tanpa tracker sebesar 29% dalam satu hari.



Gambar 10. Perbandingan Intensitas Radiasi Kedua Panel

Perbandingan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya diperlihatkan pada Gambar 11. Terlihat tegangan pada panel surya bertracker lebih besar daripada tanpa tracker. Pada panel bertracker, tegangan yang dihasilkan lebih stabil dibandingkan tanpa tracker hal ini disebabkan karena arah panel selalu mengarah ke arah matahari sehingga intensitas radiasi yang diterima panel lebih stabil. Pengambilan data tegangan ini dilakukan bersamaan waktunya dengan pengambilan data intensitas radiasi dan arus.

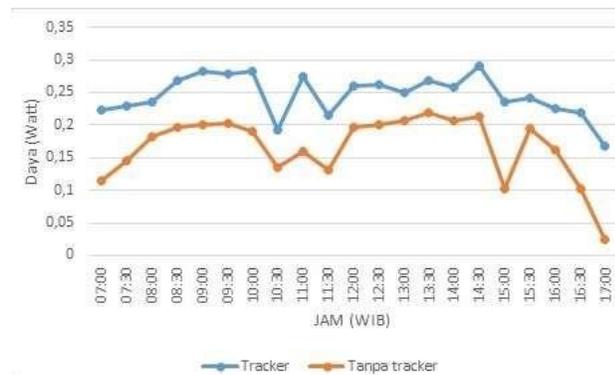


Gambar 11. Perbandingan Tegangan Kedua Panel Surya

Besarnya arus yang dihasilkan oleh panel surya bertracker dan panel surya statis diperlihatkan pada Gambar 12. Rata-rata kenaikan tegangan panel surya bertracker dibanding tanpa tracker sebesar 18,94% sedangkan arusnya sebesar 11,57% dalam satu hari. Jika dibandingkan maka arus dari panel surya bertracker selalu lebih besar dibandingkan panel surya tanpa tracker. Sedangkan perbandingan daya yang dihasilkan antara kedua panel diperlihatkan pada Gambar 13. Dari Gambar 13 tampak bahwa terjadi peningkatan daya yang dihasilkan oleh panel surya bertracker dan berlensa Fresnel. Peningkatan daya yang didapat dengan melakukan rata-rata daya tiap jamnya didapatkan kenaikan persentase sebesar 44,32%.



Gambar 12. Perbandingan Arus Kedua Panel Surya



Gambar 13. Perbandingan Daya Kedua Panel Surya

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

PLTS yang menggunakan sistem tracker dan berlensa Fresnel 29% lebih banyak menangkap intensitas radiasi dibandingkan PLTS tanpa tracker dan lensa Fresnel. Oleh karena itu PLTS yang diusulkan menghasilkan nilai arus dan tegangan yang lebih besar daripada PLTS tanpa tracker dan lensa Fresnel, yaitu 18,94% untuk tegangan dan 11,57% untuk arusnya. Peningkatan daya output sebesar 44,32% dihasilkan oleh PLTS dengan sistem tracker dan dilengkapi lensa Fresnel dibandingkan dengan PLTS yang tidak menggunakan sistem tracker dan lensa Fresnel.

Untuk selanjutnya perlu dilakukan perhitungan efisiensi energi yang diperlukan oleh PLTS yang menggunakan tracker dan berlensa Fresnel. Efisiensi dihitung dari kebutuhan energi untuk motor, sensor dan kebutuhan sistem pendukung lainnya antara kedua PLTS. Penelitian berikutnya dapat dilakukan pengambilan data untuk jangka waktu yang lebih lama sehingga peningkatan daya dan energi dapat lebih presisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariyati, R., Qosim, M. N., Hasanah, A.W. (2019). *Konsep Fotovoltaik On Grid Gedung STT-PLN. Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 11(1), 17-26.
- Ilyas, S., & Kasim, I. (2017). *Peningkatan Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Reflektor Parabola*. JETri, 14(2), 67-80.
- Irawan, I. P. (2016). *Analisis Sistem Kontrol Solar Cell Dengan Acuan Pergerakan Matahari Berbasis SensorLDR (Light Dependent Resistor)*. JTM, 4(3), 419-426.
- Priatam, P.P.T.D., Zambak, M. F., Suwarno, Harahap, P. (2021). *Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP*. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 4(1), 48-54.
- Ramadhan, A. I., Diniardi, E., Mukti, S. H. (2016). *Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50WP*. Teknik, 37(2), 59-63.
- Sen, Z. (2008). *Solar Energy Fundamentals And Modeling Techniques*. Istanbul: Springer.
- Setyawan, FX. A., Murdika, U., Fitriawan, H., & Yudamson, A. (2021). *Pelatihan Pembuatan Lampu Penerangan Jalan Swaenergi Di Dusun Kecapi, Padang Cermin*. Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 5(1), 27-32.
- Sianipar, R. (2014). *Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. JETri, 11(2), 61-78.
- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). *Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10MW On Grid di Yogyakarta*. Jurnal Elergi dan Kelistrikan, 7(1), 49-63.
- Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, RA. R. (2015). *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya*. Jurnal Pengabdian LPPM UNTAG Surabaya, 1(2), 193-202.