

Analisis Efisiensi Daya Pada Panel *Monocrystalline Single Axis Tracking System*

¹Raden Prasetyo Kustiandrana, ²Hartono, ³Adi Nugraha,
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
e-mail: kustiandranaarden@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan efisiensi daya dan kinerja panel surya single axis tracking dan statis. Metode yang digunakan yakni metode implementatif dengan membuat alat dan sistem panel surya monocrystalline 85 WP, melakukan pengukuran di lapangan pada kondisi cuaca cerah dan berawan. Hasilnya menunjukkan panel single axis tracking system lebih baik, menghasilkan daya maksimal dan efisiensi maksimum lebih tinggi dibandingkan panel statis. Dalam cuaca cerah, panel single axis menghasilkan rata-rata efisiensi daya normalisasi sebesar 51% sedangkan panel statis hanya 31,37% dengan daya puncak masing-masing 68,67 Watt, panel statis hanya 56,10 Watt. Dalam cuaca berawan, panel single axis menghasilkan rata-rata efisiensi daya normalisasi sebesar 35,78% dan panel statis hanya 20,43% dengan daya puncak 57,15 Watt, sementara panel statis hanya 45,55 Watt. Kesimpulannya, sistem pelacak sumbu tunggal lebih efektif dalam penyerapan energi matahari dibandingkan panel statis.

Kata Kunci : Panel surya, *Monocrystalline, Single Axis Tracking*, Efisiensi daya.

1. Pendahuluan

Penggunaan solar *tracker* pada masa kini adalah jawaban dari solusi efektif untuk meminimalisir penggunaan sumber daya fosil. Maka dari itu perlu adanya pemanfaatan energi terbarukan dengan menggunakan teknologi yang mampu memaksimalkan penyerapan energi matahari yakni dengan menggunakan solar *tracking system*, yang memiliki tujuan untuk memaksimalkan *output* titik daya maksimum dari matahari [1]. Hal ini dapat dicapai melalui penerapan sistem pelacakan surya, karena panel surya yang dilengkapi dengan pelacak ini dinilai lebih efisien [2]. Panel surya berfungsi untuk mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik, transformasi ini disebut efek *photovoltaic*[3].

Permasalahan saat ini adalah penempatan panel surya selalu dalam posisi statis atau tetap hal ini mengakibatkan pancaran sinar matahari tidak terserap secara optimal oleh panel surya sehingga energi listrik yang dihasilkan menjadi tidak maksimal [4].

Pemanfaatan energi matahari yang optimal dan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi perlu memperhatikan arah datangnya sinar matahari, cahaya matahari harus selalu dalam kondisi menghadap panel surya [5].

Pergerakan rotasi bumi yang mengakibatkan penerimaan cahaya pada panel surya tidak maksimal. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan penangkapan cahaya matahari oleh panel surya diperlukan penggunaan solar *tracker* untuk

menyelaraskan dengan sudut datangnya sinar matahari agar selalu selalu tegak lurus dengan pancaran sinar matahari [6].

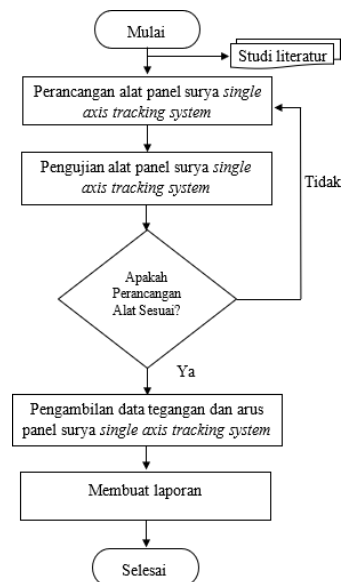
Solar *tracker* merupakan alat yang didesain dan mampu memonitor cahaya matahari agar bergerak berdasarkan arah datangnya sinar matahari agar panel surya tetap mengarah ke sinar matahari dengan mempertahankan posisinya pada sudut 90°[7]. Panel surya *single axis tracking system* merupakan sebuah alat atau sistem yang memungkinkan panel surya beroperasi dengan otomatis mengikuti arah datangnya sinar matahari dengan hanya menggunakan satu sumbu penggerak horizontal maupun vertikal setiap saat [8]. Keuntungan dari penggunaan panel surya *single axis tracking system* ini adalah biaya investasi yang dikeluarkan relatif lebih murah dan mempunyai tingkat durabilitas yang cukup lama dibandingkan dengan penggunaan pelacak sumbu ganda [9]. Keuntungan lainnya penggunaan panel surya *single axis tracking system* ini menghasilkan tingkat efisiensi jauh lebih besar dari penggunaan panel surya statis serta tingkat kerumitan lebih mudah jika dibandingkan dengan pelacak sumbu ganda [10]. Panel surya *single axis tracking system* juga dilengkapi dengan sensor *Light Dependent*

Resistor (LDR) atau sensor cahaya yang digunakan untuk menentukan arah datangnya cahaya matahari [11]. Sensor LDR akan bekerja dengan menggunakan prinsip resistor, variasi resistansi yang tinggi akan memicu LDR untuk memberikan *input* ke mikrokontroler sehingga dapat menggerakkan motor *stepper* sesuai dengan arah datangnya sinar matahari [12]. Berbagai komponen tersebut tidak akan bekerja sesuai dengan fungsinya tanpa perintah dari mikrokontroler sebagai otak utama yang digunakan sebagai pemberi perintah untuk menggerakkan komponen-komponen yang ada pada panel surya *single axis tracking system* [13].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Erwan Eko Prasetyo dkk, mendapatkan hasil solar panel dengan *tracking system* memiliki tingkat efisiensi daya dan arus berurutan sebesar 455,5Wh dan arus sebesar 74,07% sedangkan tanpa solar *tracking system* didapatkan hasil daya dan arus sebesar 120,19 Wh dan persentase arus sebesar 73,84%, hasil tersebut membuktikan bahwa solar panel dengan *tracking system* menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan solar panel statis [14]. Oleh karena atas dasar pemikiran diatas, pada penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai Panel Surya *Single Axis Tracking System*, penelitian sebelumnya melakukan pengamatan terhadap objek pengamatan yakni, tegangan dan arus sedangkan penelitian ini akan menambahkan objek pengamatan fokus pembahasan yakni suhu lingkungan, tegangan, dan arus yang diproduksi oleh panel surya *single axis tracking system*.

2. Metode Penelitian

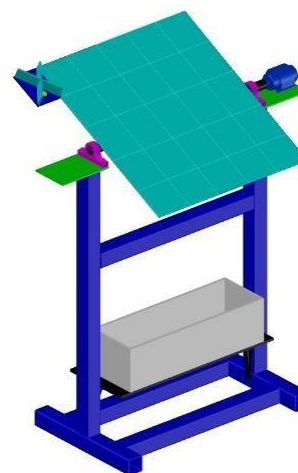
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode implementatif yakni dengan merancang dan mendesain panel surya *single axis tracking system* dan melakukan analisis efisiensi daya dengan menggunakan panel surya tipe monocrystalline dengan kapasitas 85 Wp. Pelacak surya sumbu tunggal ini dikendalikan melalui sistem kontrol Open Loop dengan menggunakan motor *stepper* sebagai penggerak panel, melalui input perintah yang diberikan Arduino Atmega2560. Sensor cahaya yang digunakan pada penelitian ini berjumlah dua buah untuk menentukan arah datangnya sinar matahari serta mengoptimalkan pembacaan cahaya.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1. Perancangan Alat

Berdasarkan Gambar 1. di atas, merupakan diagram alir penelitian yang akan dilakukan, dimulai dengan melakukan studi literatur yakni mencari berbagai referensi yang berhubungan dengan topik penelitian yang akan dibahas, setelah itu melakukan perancangan alat yakni panel surya *single axis tracking system*. Adapun desain alat yang akan dibuat dalam penelitian yang akan dilakukan ini, yakni sebagai berikut.

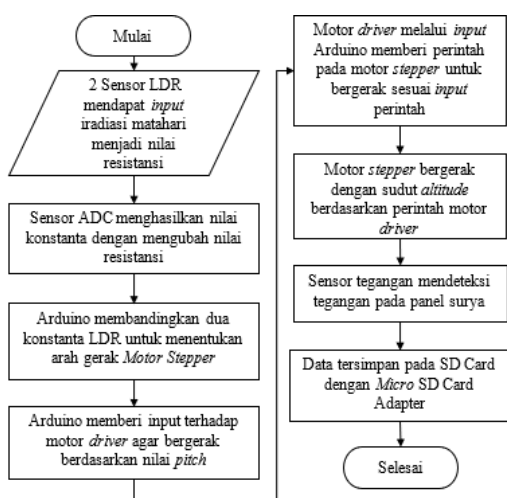


Gambar 2. Desain Alat Panel Surya *Single Axis Tracking System*

Perancangan alat dirancang dengan menggunakan bilah besi hollow sebagai kerangka panel surya, dengan beberapa komponen yang digunakan seperti, Motor Stepper, Sensor Light Dependent Resistor (LDR), dan terdapat Control box yang digunakan sebagai tempat rangkaian komponen penyusun kelistrikan

2.2. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dirancang berfungsi dengan baik, adapun proses pengujian alat pada penelitian ini seperti yang dijelaskan berdasarkan diagram alir pengujian alat sebagai berikut ini.

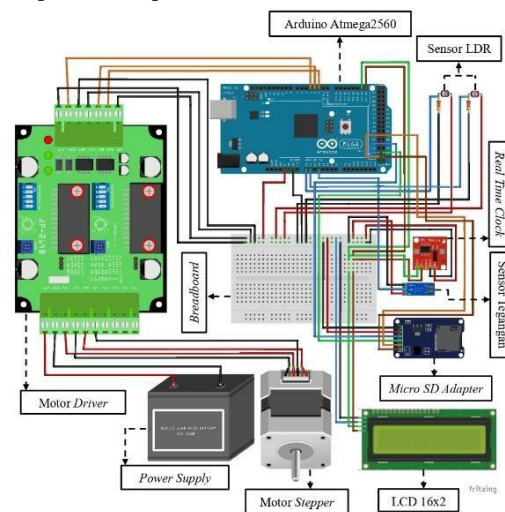


Gambar 3. Diagram Alir Pengujian Panel Surya Single Axis Tracking System

Berdasarkan Gambar 3. diatas merupakan diagram alir pengujian alat yang dilakukan pada penelitian ini, dalam proses pengujian alat terdapat beberapa proses yang berjalan hingga alat bekerja berdasarkan input perintah yang telah diberikan. Pada tahap pengujian alat ini alat bekerja dengan menggunakan prinsip pembacaan intensitas cahaya matahari yang mengenai panel, dimana sensor cahaya LDR akan membaca arah pergerakan matahari, kemudian sensor ADC akan menghasilkan nilai konstanta melalui LDR, kemudian Arduino akan membaca nilai konstanta LDR sebagai penentu arah gerak motor stepper, setelah itu Arduino memberikan input kepada motor driver untuk bergerak sesuai dengan nilai pitch, kemudian motor driver akan memberi perintah untuk bergerak sesuai dengan input perintah berdasarkan input dari Arduino, selanjutnya motor driver bergerak dengan menggunakan sudut altitude berdasarkan perintah motor driver. Kemudian sensor tegangan akan

mendeteksi tegangan pada panel surya, data tegangan tersimpan di dalam SD card.

Adapun diagram wiring sistem kendali pada panel surya *single axis tracking system* dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 4. Sistem Kendali Motor Stepper

Gambar 4. diatas merupakan sistem kendali motor stepper yang digunakan sebagai penggerak panel surya single axis pada penelitian ini, dimana terdapat beberapa komponen penyusun seperti Arduino Atmega 2560 yang digunakan sebagai input perintah, Motor Driver sebagai pengendali motor stepper dengan cara mengubah sinyal arus rendah menjadi sinyal yang lebih tinggi, Sensor Tegangan untuk mengukur dan memonitoring tegangan yang dikeluarkan oleh panel surya *single axis*, Real Time Clock komponen yang berfungsi untuk menyimpan waktu real time pada saat pengambilan data, kemudian terdapat power supply untuk menyalakan komponen kelistrikan, sensor Light Dependent Resistor (LDR) yang digunakan untuk mendeteksi arah datangnya sinar matahari dan motor stepper sebagai penggerak panel surya.

2.3. Pengumpulan Data

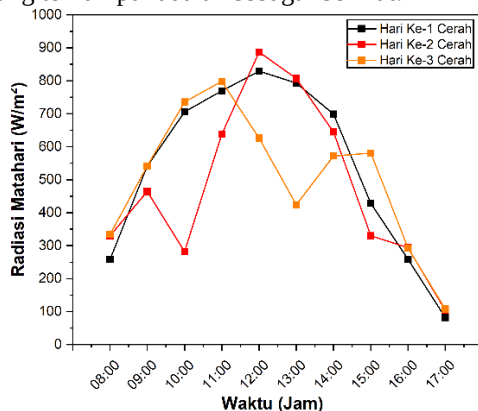
Metode pengambilan data pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dilakukan mulai pukul 08.00 WIB s.d. 17.00 WIB, pengambilan data dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel secara bersamaan dengan membandingkan antara penggunaan pelacak sumbu tunggal dan pada panel surya statis.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data yang dikumpulkan terkait dengan Analisis Efisiensi Daya pada Panel Surya Single Axis Tracking system. Adapun hasil yang didapat pada penelitian ini yakni meliputi beberapa kondisi cuaca diantaranya cuaca cerah dan cuaca berawan. Berikut ini analisis hasil dan pembahasan berdasarkan data yang telah diperoleh.

3.1. Kondisi Cuaca Cerah

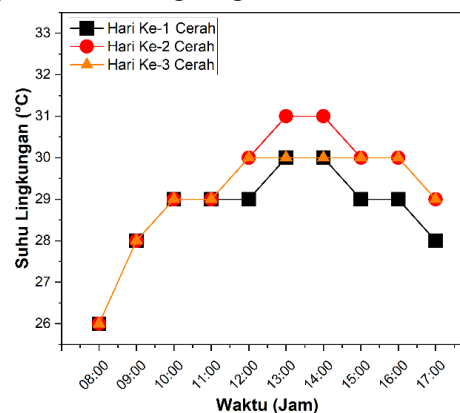
Pada pembasahan pertama ini dilakukan pengambilan data dengan kondisi cuaca cerah, pengambilan data pada kondisi cuaca cerah ini dimulai pukul 08.00 WIB dan berakhir pukul 17.00 WIB. Pengambilan data pada kondisi cuaca cerah ini dilakukan sebanyak 3 hari pengambilan data dengan membandingkan penggunaan panel surya *single axis* terhadap panel surya statis. Pengambilan data dilakukan secara bersamaan untuk mendapatkan hasil data yang maksimal. Pada pengambilan data pertama, yakni melakukan pengambilan data pada keadaan cuaca cerah, yang dilakukan pada tanggal 25 Agustus 2024, kemudian percobaan pengambilan data hari ke-2 dilakukan pada tanggal 28 Agustus 2024, dan percobaan pengambilan data hari ketiga ini dilakukan pada tanggal 30 Agustus 2024. Temuan dan pembahasan yang diperoleh dari data yang terkumpul adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Radiasi Matahari Cuaca Cerah

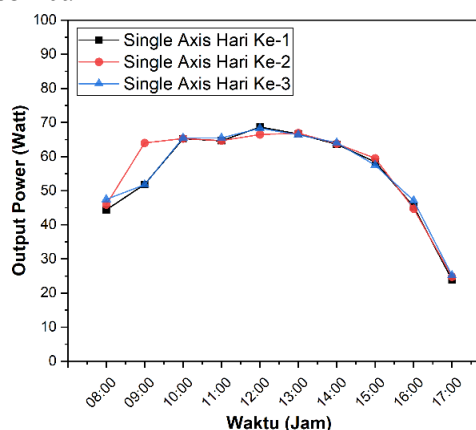
Berdasarkan Gambar 5. merupakan grafik radiasi matahari yang diambil menggunakan alat *pyranometer* untuk mendapatkan intensitas radiasi matahari, berdasarkan grafik dalam pengambilan data selama 3 hari dapat dilihat kondisi cuaca pada saat pengambilan data yakni cerah dan terdapat beberapa kondisi penurunan yang diakibatkan oleh *shading* awan yang menghalangi pada saat pengambilan data. Rata-rata kenaikan iradiasi pada

saat pengambilan data mencapai $>800 \text{ W/m}^2$, hal ini menandakan bahwa cuaca tergolong cerah pada saat pengambilan data. Peningkatan iradiasi meningkat mulai dari pagi hingga menjelang siang hari dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan sore hari.

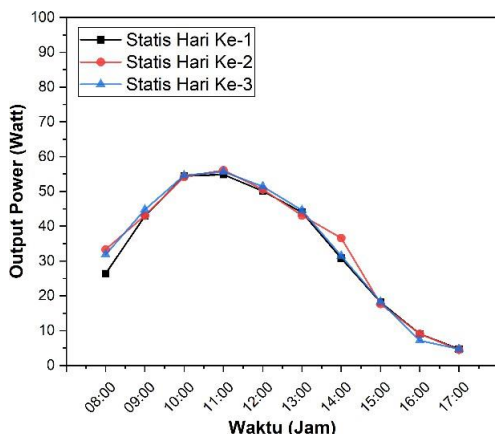


Gambar 6. Grafik Suhu Lingkungan Cuaca Cerah

Gambar 6. merupakan grafik suhu lingkungan selama pengambilan data 3 hari, pengukuran dilakukan dengan menggunakan sensor Digital Humidity and Temperature (DHT). Untuk mengetahui suhu lingkungan pada saat pengambilan data. Berdasarkan grafik suhu lingkungan tersebut suhu yang didapatkan termasuk kedalam karakteristik suhu pada kondisi cuaca cerah. Ini dikarenakan terjadi kenaikan suhu dari pagi s.d. siang hari dan kemudian mengalami penurunan setelah siang hingga sore hari. Maka berdasarkan data radiasi dan suhu lingkungan diatas didapatkan data hasil pengukuran yakni output daya pada panel *single axis* dan panel statis seperti berikut.



Gambar 7. Grafik Output Daya Panel Single Axis 3 Hari Cuaca Cerah



Gambar 8. Grafik *Output Daya Panel Statis 3 Hari Cuaca Cerah*

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya daya dapat dituliskan dengan Persamaan (1) berikut:

$$P = V \times I \quad (1)$$

Keterangan :

P : daya yang dinyatakan dalam satuan (Watt)

V : Beda potensial dalam satuan (Volt)

I : arus dalam satuan (*Ampere*)

Berdasarkan Pengukuran hari pertama didapatkan output daya pada panel single axis menggunakan persamaan (1), maka diperoleh:

$$P = V \times I$$

$$P = 21,8 \times 3,15$$

$$P = 68,67 \text{ Watt}$$

Dapat dilihat pada Gambar 7. diatas merupakan kedua grafik output daya yang dihasilkan oleh panel single axis, grafik tersebut menunjukkan pada saat pengambilan data hari ke-1 s.d. ke-3 output daya yang dihasilkan oleh panel single axis memiliki nilai yang jauh lebih tinggi dari pada panel surya statis, pada grafik panel single axis daya yang dihasilkan cenderung lebih stabil dari pada grafik yang dihasilkan oleh panel statis. Peningkatan output daya yang dihasilkan oleh panel single axis mulai dari pukul 08.00 WIB, hingga mencapai puncaknya pada pukul 12.00 WIB. Output daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel single axis berada pada

pengambilan data hari ke-1 sebesar 68,67 Watt. Gambar 8. hasil grafik output daya pada panel statis menunjukkan output daya tertinggi terjadi pada pengambilan data hari ke-2 pukul 11.00 WIB sebesar 56,10 Watt. Dimana panel statis memiliki tingkat output daya yang lebih rendah dan cenderung mengalami penurunan output daya yang sangat signifikan setelah waktu puncak yakni pada waktu siang hari. Grafik tersebut menunjukkan penurunan tajam terhadap output daya yang dihasilkan sehingga dapat dikatakan bahwa panel statis tidak optimal dalam menangkap cahaya matahari.

Hal tersebut terjadi karena pada panel surya single axis dapat menyerap energi matahari dengan arah dan posisi matahari secara optimal dengan menggunakan pelacak sinar matahari yang memungkinkan panel berhadapan tetap tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari sehingga diperoleh hasil lebih optimal dibandingkan dengan panel surya statis, hal ini karena panel surya single axis memungkinkan panel untuk mengikuti arah datangnya sinar matahari sedangkan pada panel statis posisi panel diletakkan sesuai dengan posisi awal penempatan panel tersebut sehingga pada kondisi matahari tidak berhadapan langsung dengan panel yang menyebabkan panel tidak menerima pancaran sinar matahari langsung. Pola kinerja puncak panel surya single axis mencapai maksimal terlihat pada grafik yakni pada pagi hari daya meningkat dan mencapai puncaknya pada siang hari dan mengalami penurunan ketika menjelang sore hari, hal ini disebabkan lantaran intensitas cahaya matahari pada sore hari semakin sedikit dibandingkan pada kondisi siang hari.

Efisiensi daya normalisasi merupakan perbandingan antara daya pengukuran *output* panel, dengan daya maksimal panel dalam keadaan *Standard Test Conditions* (STC). Berikut ini rumus yang digunakan:

$$\eta_n = \frac{P_{act}}{P_{max}} \quad (2)$$

Dimana

η_n : Efisiensi Daya Normalisasi (%).

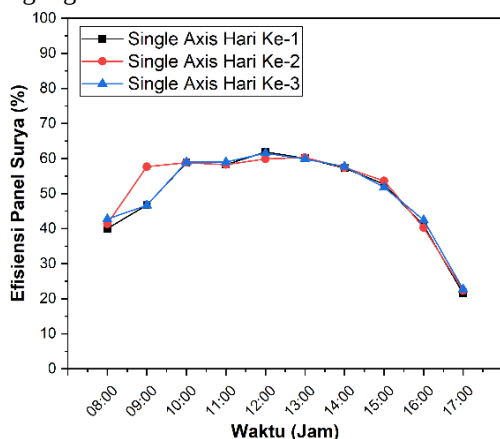
P_{act} : Output daya terukur dari panel (W)

P_{max} : Max daya dari panel kondisi STC (W)

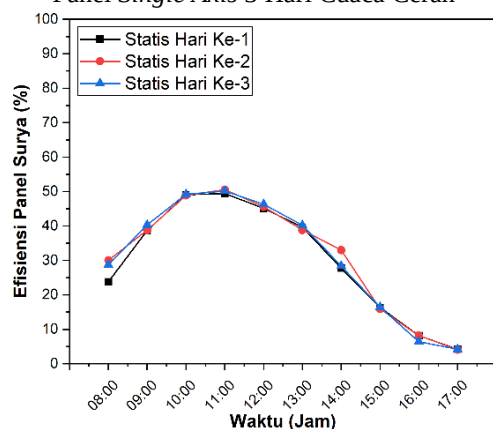
$$\eta_n = \frac{P_{act}}{P_{max}}$$

$$\eta_n = \frac{68,67}{111} \times 100\% = 61,86\%$$

Berikut ini grafik efisiensi yang dihasilkan oleh kedua panel berdasarkan persamaan rumus yang digunakan:



Gambar 9. Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Panel Single Axis 3 Hari Cuaca Cerah



Gambar 10. Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Panel Statis 3 Hari Cuaca Cerah

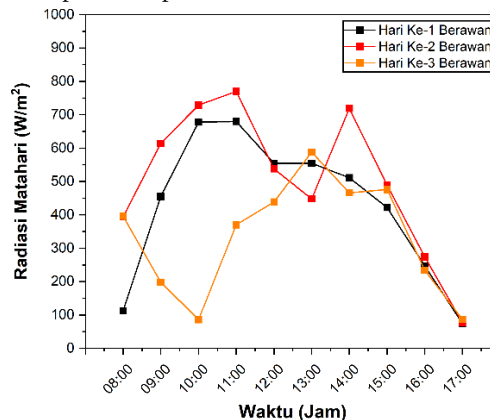
Berdasarkan rumus dan perhitungan persamaan (2) didapatkan hasil efisiensi panel surya pada Gambar 9. dan 10. diatas merupakan grafik efisiensi yang dihasilkan oleh panel single axis dan panel statis berdasarkan pengambilan data tersebut menunjukkan bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh panel dengan sistem single axis memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik daripada panel statis, hal ini

dikarenakan panel single axis memiliki kemampuan untuk dapat memaksimalkan penyerapan cahaya matahari dengan mengikuti arah datangnya sinar matahari sedangkan pada panel statis panel tidak dapat mengikuti arah datangnya sinar matahari sehingga daya yang dihasilkan tidak besar dan tidak mampu menyerap energi matahari secara maksimal. Dengan radiasi matahari sebesar 829 W/m^2 didapatkan hasil efisiensi daya normalisasi sebesar 61,86% pada panel dengan sistem single axis tracking pada hari ke-1 pengambilan data pukul 12.00 WIB, dimana nilai ini merupakan angka output efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh panel tersebut.

Sedangkan pada panel statis menghasilkan efisiensi terbesar pada hari ke-2 pengambilan data pukul 11.00 WIB sebesar 50,54% dengan radiasi matahari sebesar 638 W/m^2 . Berdasarkan hasil tersebut maka semakin tinggi efisiensi daya normalisasi panel surya maka semakin baik kinerja panel yang dihasilkan serta sistem lebih efisien dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik.

3.2. Kondisi Cuaca Berawan

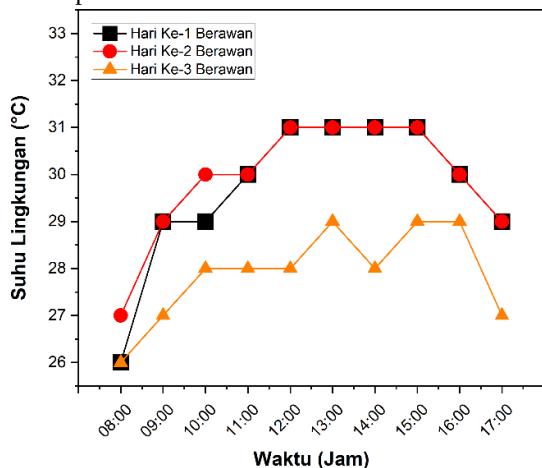
Percobaan berikutnya yakni melakukan pengambilan data pada kondisi cuaca berawan yang dilakukan pada tanggal 2 September 2024, kemudian pada tanggal 7 September 2024, dan pengambilan terakhir yang dilakukan pada tanggal 10 September 2024. Adapun hasil yang didapatkan seperti berikut.



Gambar 11. Grafik Radiasi Matahari Cuaca Berawan

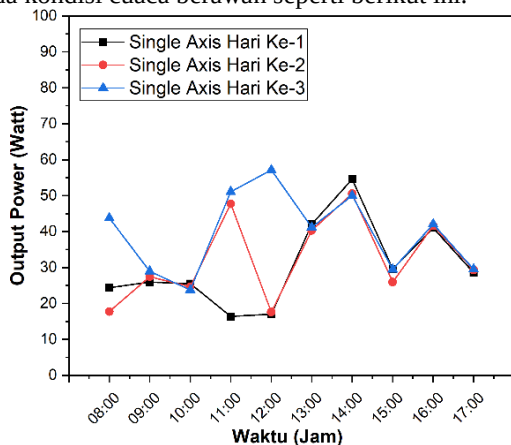
Gambar 11. Menunjukkan hasil intensitas radiasi matahari yang didapatkan saat pengambilan data cuaca berawan.

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa pada saat kondisi cuaca berawan radiasi matahari yang dihasilkan bersifat fluktuatif hal ini dikarenakan Cahaya matahari terhalangi oleh shading awan sehingga pancaran sinar matahari yang mengenai pyranometer tidak maksimal, Tingkat radiasi tertinggi pada hari pertama berada pada pukul 11.00 WIB, yakni 680 W/m^2 setelah itu mengalami penurunan, hari kedua sebesar 770 W/m^2 pada pukul 11.00 WIB, dan hari ketiga sebesar 588 W/m^2 pukul 13.00 WIB.

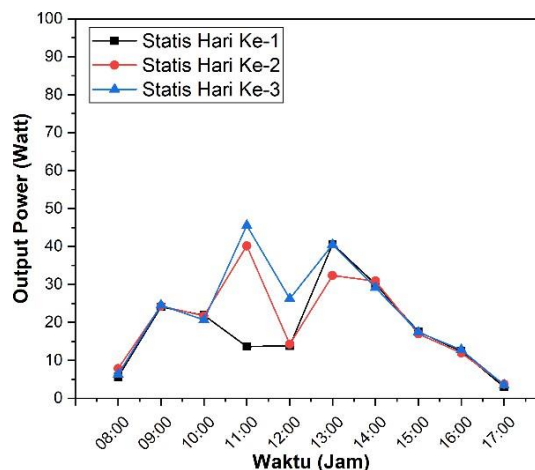


Gambar 12. Grafik Suhu Lingkungan Cuaca Berawan

Gambar 12 merupakan grafik suhu lingkungan pada saat pengambilan data, didapatkan data suhu lingkungan pada hari ke-1 dan ke-2 suhu mengalami peningkatan secara konsisten dan mengalami penurunan yang cukup fluktuatif dan menurun ketika sore hari, pada hari ke-3 suhu yang dihasilkan lebih rendah, dimana awan menutupi langit. Selanjutnya didapatkan hasil output daya pada kondisi cuaca berawan seperti berikut ini.



Gambar 13. Grafik Output Daya Panel Single Axis 3 Hari Cuaca Berawan



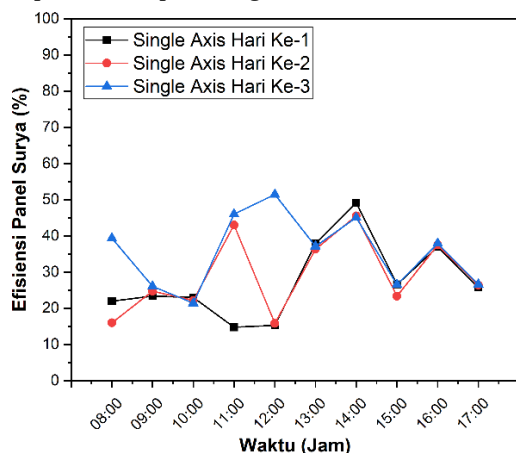
Gambar 14. Grafik Output Daya Panel Statis 3 Hari Cuaca Berawan

Gambar 13. Merupakan grafik output daya yang dihasilkan oleh panel single axis dan Gambar 14. Merupakan grafik output daya yang dihasilkan oleh panel statis pada kondisi cuaca berawan. Output daya yang dihasilkan oleh panel single axis pada kondisi cuaca berawan terdapat pada hari ke-3 pengambilan data pukul 12.00 WIB sebesar 57,15 Watt, dengan radiasi sebesar 439 W/m^2 . Sedangkan pada panel statis output daya tertinggi berada saat pengambilan data hari ke-3 pukul 11.00 WIB sebesar 45,55 Watt dengan tingkat radiasi matahari sebesar 370 W/m^2 .

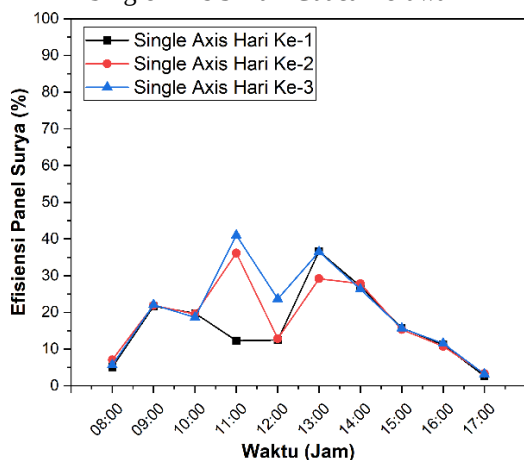
Berdasarkan Gambar 13. Dan 14. Serta hasil output daya tersebut, dapat dikatakan bahwa daya yang dihasilkan pada kondisi cuaca berawan baik pada panel single axis dan panel statis menghasilkan daya yang tidak terlalu besar dan cenderung mengalami fluktuasi daya yang dihasilkan, hal ini terjadi karena panel tidak mendapatkan pancaran sinar matahari secara maksimal karena pancaran sinar matahari terhalangi oleh awan. Kemudian pada saat kondisi cuaca berawan radiasi matahari yang dihasilkan tidak terlalu besar sehingga panel tidak optimal dalam mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Jika dibandingkan output daya yang dihasilkan oleh panel single axis tetap lebih tinggi dibandingkan output daya panel statis, hal ini karena meskipun kondisi cuaca berawan panel single axis mampu mendeteksi dan memaksimalkan penerimaan sinar matahari dan memungkinkan panel untuk tegak lurus dengan arah pancaran sinar matahari sedangkan pada panel statis tidak memiliki

kemampuan tersebut sehingga panel hanya diletakkan sesuai peletakkan awal panel surya. Maka dari itu panel dengan sistem single axis lebih optimal dibandingkan dengan panel statis.

Berdasarkan output daya yang dihasilkan berikut adalah efisiensi daya normalisasi yang didapat melalui perhitungan.



Gambar 15. Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Panel Single Axis 3 Hari Cuaca Berawan



Gambar 16. Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Panel Statis 3 Hari Cuaca Berawan

Berdasarkan Gambar 15. dan 16. merupakan gambar grafik efisiensi daya normalisasi panel single axis dan panel statis. Dimana panel single axis memiliki efisiensi daya normalisasi tertinggi berada pada saat pengambilan data hari ke-3 pukul 12.00 WIB sebesar 51,48% dengan nilai radiasi matahari sebesar 439 W/m², sedangkan panel statis mendapatkan efisiensi daya normalisasi tertinggi pada pengambilan data hari ke-3

pukul 11.00 WIB sebesar 41,04% dengan radiasi matahari sebesar 370 W/m². Berdasarkan grafik efisiensi diatas dan hasil efisiensi yang dihasilkan baik pada panel single axis dan panel statis hasil efisiensi yang didapatkan memiliki perbedaan dimana Tingkat efisiensi yang dihasilkan oleh panel single axis lebih besar dibandingkan dengan panel statis, hal ini karena panel single axis mampu memaksimalkan penerimaan pancaran sinar matahari meskipun dalam kondisi cuaca berawan. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa panel statis mengalami penurunan efisiensi mulai dari siang hari menuju sore hari, hal ini karena panel statis tidak langsung menghadap kearah datangnya sinar matahari dan tidak mengikuti arah sinar matahari. Sedangkan pada panel single axis mampu menyerap pancaran sinar matahari mulai dari siang hingga sore hari. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa panel single axis lebih optimal dan lebih unggul dibandingkan dengan panel statis dalam menghasilkan daya listrik. Sehingga panel single axis mampu bekerja lebih baik dan optimal meski dalam kondisi cuaca berawan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uraian analisis dan pembahasan diatas, adapun beberapa kesimpulan yang dapat ditarik diantaranya sebagai berikut ini:

1. Panel dengan sistem single axis menghasilkan daya dan efisiensi lebih optimal daripada panel statis. Peningkatan daya maksimum kondisi cuaca cerah mencapai 68,67 Watt, saat cuaca berawan hanya 57, 15 Watt. Pada panel statis daya maksimum saat cuaca cerah 56,10 Watt dan cuaca berawan 45, 55 Watt.
2. Tingkat radiasi memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kinerja kedua panel. Tingkat radiasi matahari yang tinggi meningkatkan output tegangan dan daya. Pada kondisi cuaca berawan penurunan kinerja dipengaruhi oleh radiasi matahari yang lebih rendah.
3. Penggunaan sistem panel single axis memiliki tingkat efisiensi daya normalisasi yang lebih tinggi, dengan tingkat efisiensi rata- rata terbesar pada cuaca cerah 51% dan panel statis sebesar 31,37%. Pada kondisi berawan tingkat

rata-rata efisiensi panel single axis terbesar 35,78% dan panel statis 20,43%.

4. Semakin tinggi suhu lingkungan memiliki pengaruh penurunan output daya yang dihasilkan, namun tidak memiliki pengaruh yang terlalu signifikan dibandingkan penurunan radiasi matahari.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan serta uraian penjabaran diatas bagi penelitian selanjutnya diharapkan penelitian selanjutnya dapat mengembangkan penelitian dengan sistem dual axis dan memberikan beberapa parameter data pendukung lainnya seperti suhu panel, intensitas angin, dan sudut untuk mencakup pembahasan lebih luas dalam menganalisis dan untuk menambah tingkat keakuratan pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmatullah M., Krismanto A. U, and Muljanto W. P., "Rancang Bangun dan Analisa Unjuk Kerja Single Axis Solar Tracker Berbasis Logika Fuzzy," *Jurnal Magnetika*, vol. 7, no. 2, pp. 365–373, 2023.
- [2] Putra I. W. E. K., Sudarma M., and Manuaba I. B. G., "Perancangan Sistem Monitoring Sun Tracker Dual Axis Berbasis Web Socket," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 22, no. 1, pp. 79–86, Jun. 2023, doi: 10.24843/mite.2023.v22i01.p10.
- [3] Saragi R. L., Idris M., Tarigan B., and Sebayang R., "SINERGI Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Analisis Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penerangan Lampu Jalan." [Online]. Available: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>
- [4] Fathoni M., Haryudo S. I., Agung A. I., and Kartini U. T., "Optimasi Penangkapan Uv Pada Solar Tracking Single Axis Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 3, pp. 803–813, Sep. 2020.
- [5] Hidayati Q., Yanti N., and Jamal N., "Sistem Pembangkit Panel Surya Dengan Solar Tracker Dual Axis," in *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*, 2020, pp. 68–73.
- [6] Yatmani S., Kamal E., Aisyah T., and Widodo W., "Sistem Kendali Solar Tracker untuk Meningkatkan Efisiensi Daya," *Jurnal Teknik Mesin ITI*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, Feb. 2020.
- [7] Hammoumi A. E., Chtita S., Motahhir S., and Ghzizal A. E., "Solar PV energy: From material to use, and the most commonly used techniques to maximize the power output of PV systems: A focus on solar trackers and floating solar panels," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 11992–12010, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.09.054.
- [8] Rousan N. AL., Isa N. A. M, and Desa M. K. M., "Efficient single and dual axis solar tracking system controllers based on adaptive neural fuzzy inference system," *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 32, no. 7, pp. 459–469, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.jksues.2020.04.004.
- [9] G. A. Mohammed and Z. S. Mohammed, "Modeling Horizontal Single Axis Solar Tracker Upon Sun-Earth Geometric Relationships," *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, vol. 29, no. 3, pp. 43–48, Aug. 2022, doi: 10.25130/tjes.29.3.5.
- [10] Alomar O. R., Ali O. M., Ali B. M., Qader V. S., and Ali O. M., "Energy, exergy, economical and environmental analysis of photovoltaic solar panel for fixed, single and dual axis tracking systems: An experimental and theoretical study," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 51, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.csite.2023.103635.
- [11] Hidayatullah S. A. and Styawati, "Rancang Bangun Single-Axis Solar Tracker untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Kecil," 2024.
- [12] Sumathi S., Gayathri G., Rani A. J., Deepalakshmi S., and Karthikeyan K., "Design and Implementation of Solar Tracking System using LDR Sensor," *International Journal of Advanced Science and Engineering*, vol. 06, no. 03, pp. 1456–1461, Feb. 2020, doi: 10.29294/ijase.6.3.2020.1456-1461.
- [13] Kuttybay N. et al., "Optimized single-axis schedule solar tracker in different weather conditions," *Energies (Basel)*, vol. 13, no.

- 19, pp. 2–18, Oct. 2020, doi:
10.3390/en13195226.
- [14] Prasetyo E. E., Marausna G., and
Rahmiullah R. R. D., “Analisis
Perbandingan Hasil Daya Listrik Panel
Surya Dengan Solar Tracker dan Tanpa
Solar Tracker,” *Jurnal Teknologi Terpadu*,
vol. 10, no. 2, pp. 77–83, Oct. 2022.