

Rancang Bangun Penjejak Matahari Untuk Optimasi Daya Panel Surya

Marhatang^{1*}, Yiyin Klistafani², Fitra Firdaus³, dan Ahmad Yani⁴

^{1,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

²Center for Sustainable Energy and Smart Grid Application (CoSESGA), Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar
* marhatang@poliupg.ac.id

Abstract: *The limitation in energy provision has become quite a crucial issue. The oil reserves in Indonesia continue to decline, and a similar situation is occurring with coal reserves. Thus, a conventional and renewable energy source is needed that does not harm the environment, for example, solar energy. This research aims to harness solar energy that can still be converted into electrical energy, and it also aims to improve the power output of solar panels for better optimization. The research starts by planning the motor, battery capacity, and solar panel capacity. Field testing is conducted at Merdeka Field, Ujung Pandang State Polytechnic, and data is collected under two conditions: with the use of a sun tracker and without a sun tracker. The power output obtained from each solar panel is then calculated. Based on the research results, the testing using a sun tracker yielded a power output of 17,857 Watts with a horizontal position of 47° Northeast and a vertical position of 15° at 11:30 AM WITA (Central Indonesia Time). Meanwhile, during the testing without a sun tracker, it resulted in a power output of 16.2 Watts with a horizontal position of 0° North and a vertical position of 5° at 1:00 PM WITA, indicating an average increase of 43.03%.*

Keywords: *tracker; solar; optimization*

Abstrak: Keterbatasan dalam penyediaan energi telah menjadi permasalahan yang cukup krusial. Cadangan minyak bumi di Indonesia terus menurun kondisi serupa terjadi untuk cadangan batubara. Sehingga diperlukan suatu energi konvensional dan terbarukan serta tidak merusak lingkungan contohnya energi surya. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan energi surya yang masih dapat dikonversi menjadi energi listrik, penelitian ini juga bertujuan meningkatkan daya keluaran panel surya agar lebih optimal. Penelitian ini diawali dengan perencanaan motor, kapasitas aki, dan kapasitas panel surya dan dilakukan pengujian pada lapangan merdeka Politeknik Negeri Ujung Pandang kemudian melakukan pengambilan data dengan kondisi menggunakan penjejak matahari dan tanpa penjejak matahari, kemudian memperhitungkan daya output yang didapatkan dari masing-masing panel surya. Berdasarkan hasil penelitian dan deskripsi, dimana pada pengujian menggunakan penjejak matahari menghasilkan daya output sebesar 17.857 W dengan posisi horizontal 47° Timur Laut dan posisi vertikal 15° pada jam 11:30 WITA sedangkan pada pengujian tanpa penjejak matahari menghasilkan daya output sebesar 16.2 W dengan posisi horizontal 0° Utara dan posisi vertikal 5° pada jam 13:00 WITA dengan kenaikan rata-rata sebesar 43,03%.

Kata kunci: penjejak; surya; optimalisasi

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan suatu hal yang sangat penting bagi peradaban manusia, karena energi dibutuhkan hampir dalam semua aspek kehidupan manusia baik itu dimulai dari kehidupan rumah tangga, hingga perekonomian ataupun dunia industri [1]. Namun adanya keterbatasan dalam penyediaan energi telah menjadi permasalahan yang cukup krusial. Cadangan minyak bumi di Indonesia terus menurun kondisi serupa terjadi untuk cadangan gas alam dan batubara [2]. Sehingga diperlukan suatu energi konvensional dan terbarukan serta tidak merusak lingkungan, Maka dari itu tentunya alam telah menyediakan sumber energi yang tergolong energi putih konvensional dan terbarukan yang dapat dimanfaatkan manusia salah satunya adalah energi surya [3]. Energi surya dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik pengganti dari energi minyak fosil salah satu pemanfaatannya yaitu *solar cell* [4, 5].

Penggunaan *Solar cell* sudah mulai dilirik di Indonesia, hal ini dibuktikan dengan adanya pembangunan infrastruktur Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada tahun 2016 yaitu sebanyak

109 unit, mengingat Indonesia merupakan negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar karena wilayahnya yang terbentang melintas garis khatulistiwa dengan besar radiasi penyinaran 4,80 kWh/m²/hari [6, 7]. Pemerintah dalam rangka mendorong perkembangan panel surya telah menetapkan Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 Bab III Bagian Kesatu Kebijakan Utama Paragraf 3 Pasal 12 ayat (1) bagian ke b tentang pemanfaatan sumber daya energi nasional berbunyi “Pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis energi sinar matahari diarahkan untuk ketenagalistrikan, dan energi nonlistrik untuk industri, rumah tangga, dan transportasi” [8].

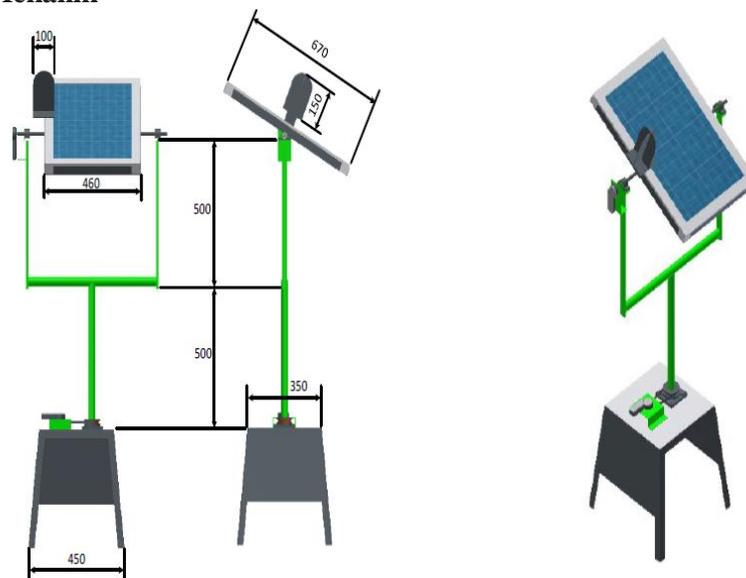
Penelitian-penelitian yang terkait dengan perancangan dan pembuatan penjejak surya otomatis telah banyak dilakukan dengan tujuan agar dapat meningkatkan daya keluaran *solar cell* seperti yang dilakukan oleh Sutaya, dkk [9] dan Fadhil [10]. Pada perancangan mereka masih ada beberapa kekurangan yang cukup fundamental karena tidak menggunakan *charger controller* sehingga pengisian baterai tidak dibatasi dan mengisi secara terus menerus, hal ini dapat mengurangi umur baterai itu sendiri dan mengurangi performa penjejak surya, serta kekurangan yang terdapat pada konstruksi mekanik yang terlalu kaku dan mengakibatkan sulit mendapatkan posisi panel yang tepat dengan arah matahari.

Dari permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka penelitian ini diusulkan pembuatan penjejak surya yang dapat membatasi pengisian baterai agar dapat mempertahankan kualitas penjejak surya, dan konstruksi mekanik yang lebih *fleksible* agar panel surya dapat bergerak bebas sesuai dengan posisi matahari.

II. METODE PENELITIAN

1.1. Prosedur Perancangan

1. Perancangan Mekanik

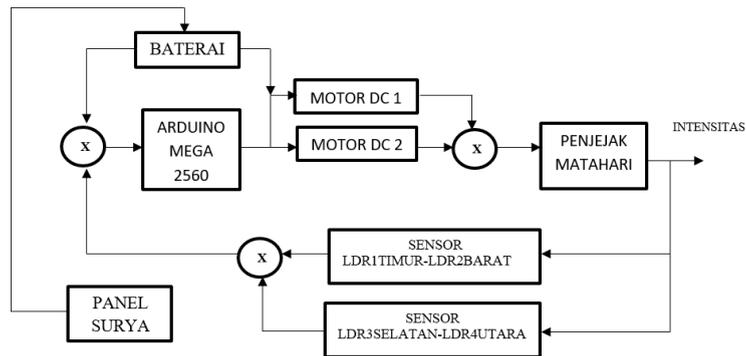


Gambar 1. Rancangan mekanik penjejak surya otomatis

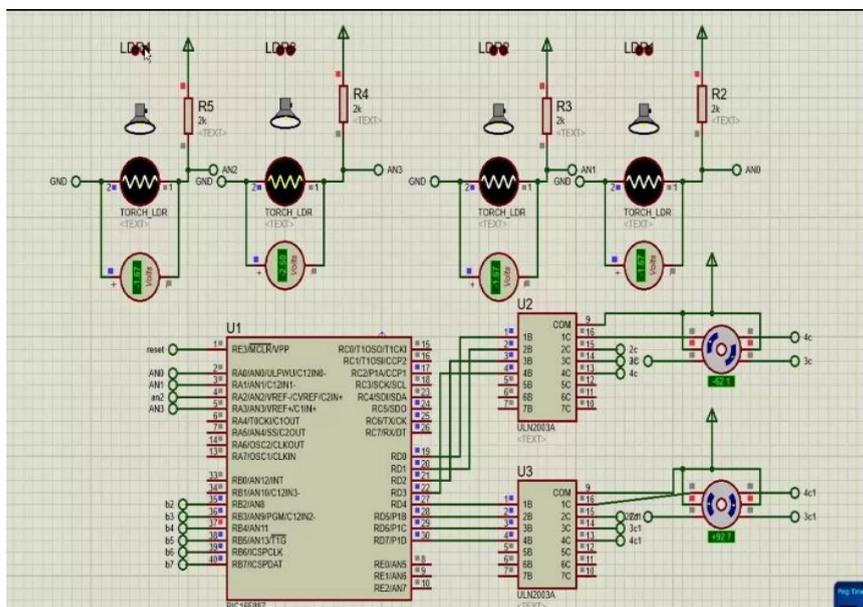
Perancangan mekanik penjejak surya otomatis dilakukan dengan proses desain menggunakan *software inventor*. Pemilihan bahan rangka mekanik menggunakan besi, dan kayu. Desain yang digunakan dapat bergerak pada 2 sumbu yang berbeda sehingga dapat mengarahkan panel surya tepat ke titik jatuh cahaya matahari.

2. Perancangan Rangkaian

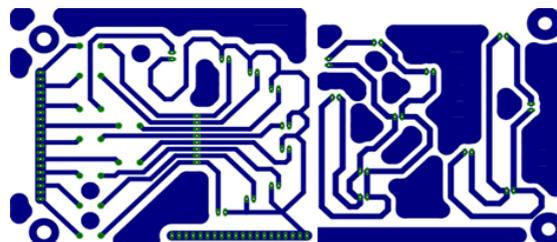
Perancangan rangkaian alat kontrol penjejak surya otomatis dilakukan dengan proses desain menggunakan *software eagle*.



Gambar 2. Diagram sistem pengendalian penjejak surya otomatis.



Gambar 3. Rangkaian kontrol penjejak surya otomatis pada papan PCB



Gambar 4. Rangkaian kontrol *Printed Circuit Board* (PCB) penjejak matahari

3. Pembuatan Rangkaian

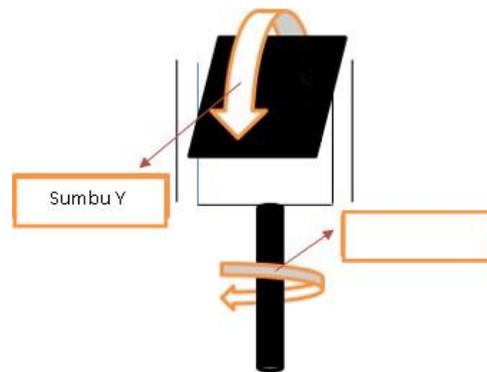
Adapun cara pembuatan rangkaian pada PCB sebagai berikut:

1. Desain rangkaian menggunakan *software eagle*.
2. Memotong PCB sesuai rangkaian.
3. Mencetak *layout* rangkaian pada kertas kingstruk.
4. Menyetrika *layout* yang telah di print ke atas PCB hingga melekat.

5. Membasahi kertas kingstruk sambil mengelupas kertas sedikit demi sedikit (Hati-hati jangan sampai ada jalur rangkaian yang terpotong).
6. Melakukan pelarutan PCB menggunakan larutan HCL, H₂O₂, dan Air dengan takaran 2:1:4.
7. Memasukkan PCB ke dalam larutan hingga jalur rangkaian terbentuk.
8. Mengeringkan PCB.
9. Mengamplas PCB secara perlahan-lahan.
10. Melubangi PCB sesuai dengan ukuran *pad*
11. Memasang dan menyolder komponen pada PCB.
12. Melakukan pemeriksaan rangkaian.

1.2. Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari penjejak surya otomatis yaitu mencari titik jatuhnya intensitas cahaya matahari menggunakan sensor cahaya dengan mengarahkan panel surya tepat ke titik jatuhnya sinar matahari, sehingga panel surya mendapatkan cahaya yang maksimal dari sinar matahari serta dapat meningkatkan daya output panel surya. Pada penjejak matahari ini menggunakan 2 sumbu (*dual axis*) sebagai penggerak panel surya, dengan sumbu X yang bergerak lebih *flexible* untuk mengarahkan hadapan panel surya dan sumbu Y sebagai pengatur kemiringan posisi panel surya.



Gambar 5. *Dual axis* penjejak matahari

1.3. Prosedur Pengujian Alat

Prosedur pengujian alat ini dilakukan untuk menentukan daya output panel surya dengan penjejak matahari dan tanpa penjejak matahari dengan memperhitungkan posisi panel surya serta daya penggunaan untuk kontrol. Untuk langkah-langkah pengujian sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat ukur seperti *pyranometer*, multimeter, busur derajat, kompas, dan *stopwatch*.
2. Mengukur tegangan aki yang akan di *charger*.
3. Menyalakan kontrol penjejak matahari otomatis dengan menekan saklar.
4. Mengukur waktu setiap 30 menit dengan menggunakan *stopwatch*.
5. Mengukur intensitas radiasi matahari sesuai dengan posisi arah horizontal dan vertical panel surya dengan penjejak matahari maupun tanpa penjejak matahari.
6. Mengukur arah horizontal panel surya dengan penjejak matahari dengan menggunakan kompas.
7. Mengukur arah vertikal panel surya dengan penjejak matahari dengan menggunakan busur derajat.
8. Mengukur tegangan dan arus panel surya dengan penjejak matahari menggunakan sensor tegangan dan arus serta daya penggunaan untuk kontrol dan mengukur tegangan dan arus panel surya tanpa penjejak matahari (sudut 5°, 10°, 15°, 20°, 25°) dengan menggunakan multimeter.
9. Mengukur tegangan aki
10. Setelah pengambilan data selesai, tekan kembali saklar untuk mematikan kontrol panel surya dengan penjejak matahari.

1.4. Teknik Analisis Data

Setelah proses pembuatan dan pengujian kelayakan alat maka selanjutnya adalah proses menganalisa data. Adapun data yang dikumpulkan yaitu:

1. Intensitas radiasi matahari panel surya dengan penjejak matahari.
2. Sudut horizontal dan vertikal panel surya dengan penjejak matahari.
3. Tegangan *output* dari panel surya dengan penjejak matahari.
4. Arus *output* dari panel surya dengan penjejak matahari.
5. Tegangan pemakaian dari kontroller penjejak matahari.
6. Arus pemakaian dari kontroller penjejak matahari.
7. Intensitas radiasi matahari panel surya tanpa penjejak matahari (sudut 5°, 10°, 15°, 20°, 25°).
8. Tegangan *output* dari panel surya tanpa penjejak matahari (sudut 5°, 10°, 15°, 20°, 25°).
9. Arus *output* dari panel surya tanpa penjejak matahari (sudut 5°, 10°, 15°, 20°, 25°).

Adapun proses analisis data yaitu:

1. Menganalisis daya *ouput* dan daya input panel surya dengan penjejak matahari berdasarkan banyaknya pemakaian kontroller, maupun tanpa penjejak matahari dengan sudut 5°, 10°, 15°, 20°, dan 25°.
2. Membandingkan daya keluaran dari kedua hasil analisis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perancangan Mekanik

Berdasarkan prosedur perancangan, alat penjejak matahari ini telah selesai dirancang sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dan sudah berfungsi untuk mengarahkan panel surya sesuai dengan titik jatuh matahari. Pada perancangan penjejak matahari untuk optimasi panel surya memiliki konstruksi mekanik yang dapat memberikan pergerakan horizontal yang lebih *fleksible*. Hal ini dikarenakan panel surya dapat bergerak horizontal sejauh 360° dan pergerakan vertikal panel surya sejauh 110° dengan 2 motor power window (motor DC) sebagai penggerak panel surya dengan 2 sumbu atau *dual axis*, seperti yang terlihat pada gambar 6.

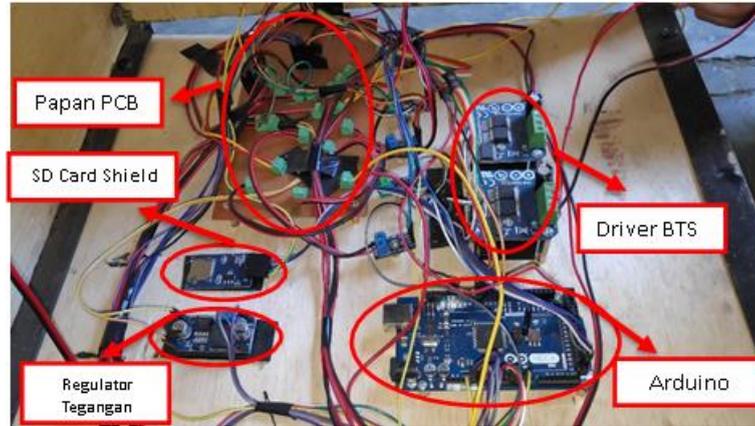


Gambar 6. Hasil perancangan mekanik

3.2. Hasil Perancangan Kontrol

Berdasarkan prosedur perancangan alat maka perancangan memiliki beberapa komponen. Dimana pada perancangan kontrol menggunakan Arduino ATMEGA 2560 sebagai *microcontroller*, 4 sensor LDR

sebagai sensor cahaya untuk melacak posisi matahari, 4 *limit switch* sebagai pembatas pergerakan motor DC agar tidak melebihi putaran 360°, aki sebagai sumber ataupun menyimpan daya dari panel surya, *sd card shield* sebagai alat penyimpanan data, sensor arus dan tegangan sebagai pendeteksi arus dan tegangan panel surya maupun pemakaian sendiri. Komponen selengkapnya dapat dilihat pada gambar 7.



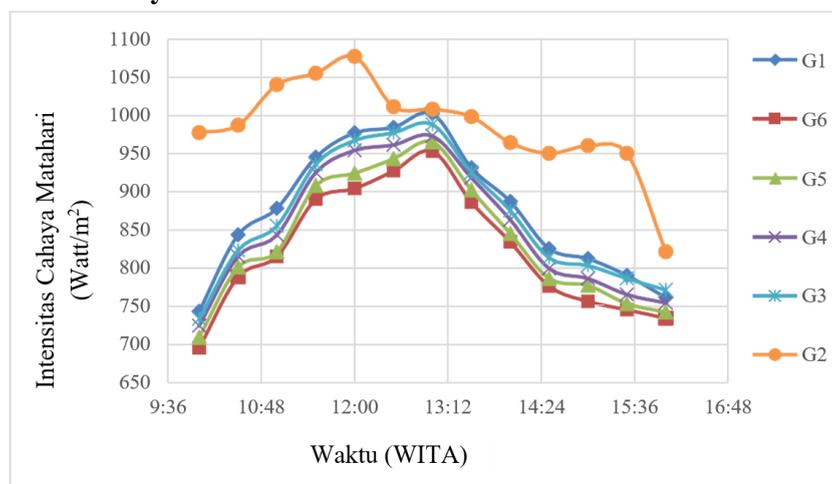
Gambar 7. Hasil Perancangan Kontrol

3.3. Deskripsi Hasil Kegiatan

1. Penggunaan LDR dan Cara Kerja Penjejak Matahari Otomatis

LDR sebagai sensor cahaya matahari bekerja dengan mengubah nilai resistansi berdasarkan intensitas cahaya yang diterimanya, ketika nilai resistansi setiap LDR mengecil dan nilainya menghampiri sama, maka posisi panel surya tepat berada pada titik jatuh matahari. Tetapi jika nilai tahanan LDR jauh berbeda maka LDR pada posisi kanan dan kiri akan memberi perintah pada motor putaran horizontal untuk menyesuaikan atau menyamakan nilai tahanan LDR pada posisi kiri dan kanan terlebih dahulu dengan arah putaran horizontal, setelah nilai tahanan LDR pada posisi kanan dan kiri mengecil dan hampir sama, maka nilai tahanan LDR pada posisi atas dan bawah memberi perintah pada motor putaran vertikal untuk menyamakan nilai tahanan LDR pada posisi atas dan bawah dengan arah putaran vertikal, kemudian setelah nilai tahanan LDR posisi atas dan bawah mengecil dan hampir sama maka panel surya dianggap menghadap tepat pada titik jatuh matahari.

2. Daya Output Panel Surya Berdasarkan Pemakaian Sendiri

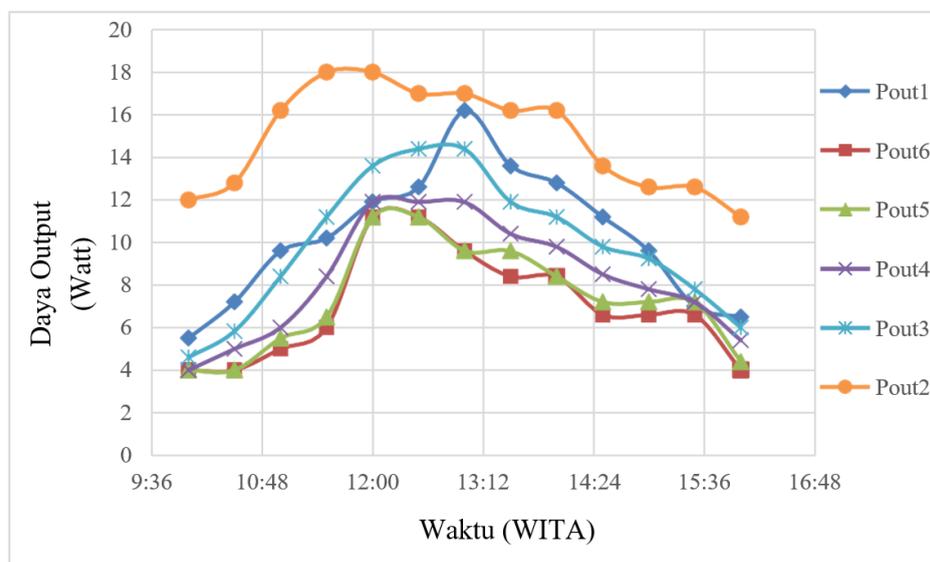


Gambar 8. Grafik hubungan antara intensitas cahaya matahari tanpa penjejak dan intensitas cahaya matahari dengan penjejak (G₂) terhadap waktu

Dari hasil pengambilan data diperoleh nilai intensitas cahaya matahari (G) dengan penjejak matahari dan tanpa penjejak matahari dioperasikan grafik seperti terlihat pada gambar 8.

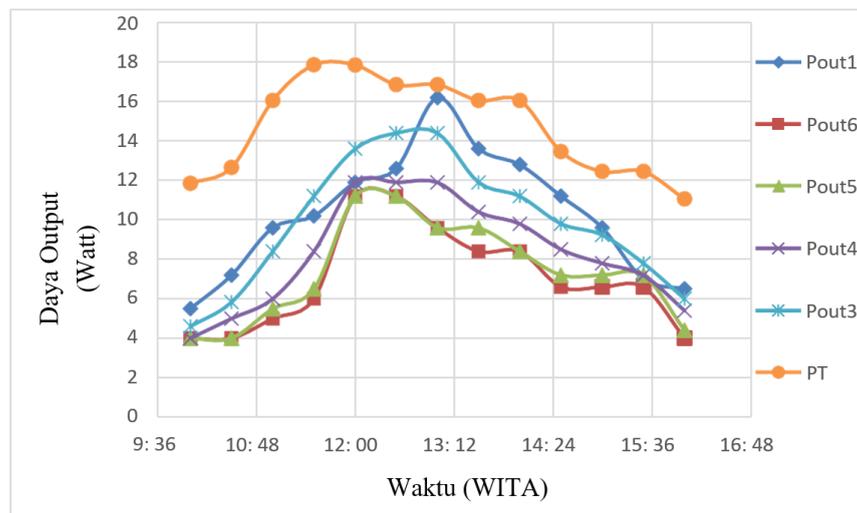
Pada Gambar 8 terlihat perbedaan antara intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya dengan penjejak matahari lebih besar dibandingkan tanpa penjejak matahari, dimana intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya tanpa penjejak terjadi pada kemiringan sudut 5° dengan kenaikan rata-rata intensitas cahaya sebesar 12,48%, hal ini dikarenakan posisi panel surya sehingga mempengaruhi arah sudut datang matahari dan intensitas yang diterima panel surya. Nilai intensitas cahaya matahari tertinggi dengan penjejak matahari sebesar 1077 Watt/m² sedangkan tanpa penjejak matahari sebesar 1002 Watt/m², adapun nilai intensitas cahaya matahari terendah dengan penjejak matahari senilai 821 Watt/m² sedangkan tanpa penjejak matahari senilai 695 Watt/m².

Dengan perhitungan daya output panel surya dengan penjejak matahari dan daya output panel surya tanpa penjejak matahari dapat dilihat pada Gambar 9. Pada Gambar 9 terlihat bahwa hubungan antara daya output panel surya terhadap waktu berbentuk parabolik yang diakibatkan karena adanya perbedaan intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya mulai jam 10:00 WITA sampai jam 16:00 WITA, hal ini berdampak pada tegangan yang dikeluarkan panel surya sehingga mempengaruhi daya output itu sendiri, daya output tertinggi panel surya dengan penjejak matahari diperoleh pada jam 11:30 WITA sampai jam 12:00 WITA sebesar 18 Watt dengan posisi vertikal 15° dan 5°, adapun posisi horizontal 47° Timur Laut dan 35° Timur Laut. Sedangkan daya output tertinggi panel surya tanpa penjejak matahari diperoleh pada jam 13:00 WITA sebesar 16,2 Watt dengan posisi vertikal 5° dan horizontal 0° Utara. Adapun daya output terendah panel surya dengan penjejak matahari diperoleh pada jam 16:00 WITA senilai 11,2 Watt dengan posisi vertikal 42° dan horizontal 288° Barat, sedangkan daya output terendah panel surya tanpa penjejak matahari diperoleh pada jam 10:00 WITA senilai 4,0 Watt dengan posisi vertikal 15°, 20°, dan 25° posisi horizontal 0° Utara. Maka dari itu didapatkan kenaikan rata-rata daya output panel surya sebesar 44,44%.



Gambar 9. Grafik hubungan antara daya output panel surya tanpa penjejak dan daya output panel surya dengan penjejak (P_{out2}) terhadap waktu

Setelah perhitungan daya total panel surya dengan penjejak matahari dan daya output panel surya tanpa penjejak matahari maka didapatkan grafik perbandingan seperti terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik hubungan antara daya output panel surya tanpa penjejak dan daya total (P_T) dengan penjejak terhadap waktu

Pada Gambar 10 terlihat bahwa daya total panel surya dengan penjejak matahari lebih besar dibandingkan daya output panel surya tanpa penjejak matahari, adapun daya kontroller rata-rata yang digunakan untuk menggerakkan panel surya sebesar 0,145 Watt, hal ini terjadi karena motor tidak bergerak secara terus menerus tetapi hanya terjadi minimal dalam 1 jam sekali dengan pergerakan maksimal mencapai 20° untuk pergerakan vertikal, dan 26° untuk pergerakan horizontal minimal 20 menit sekali sehingga tidak terjadi penggunaan daya yang berlebihan. Daya total yang dihasilkan panel surya terhadap waktu merupakan daya yang dipengaruhi oleh daya output panel surya dengan penjejak dan daya kontroller, dimana daya total terbesar yang diperoleh senilai 17,857 Watt pada jam 11:30 WITA dan daya total terendah senilai 11,054 Watt pada jam 16:00 WITA. Oleh karena itu didapatkan persentase kenaikan daya berdasarkan daya total adalah 43,03%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan membuat penjejak surya otomatis adalah dengan menggunakan sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya matahari, mikrokontroller Arduino ATMEGA 2560 sebagai controller, dan motor DC power window sebagai actuator atau penggerak panel surya.
2. Cara kerja panel surya dengan penjejak matahari adalah mengatur posisi panel surya dengan mengubah arah putaran horizontal dan vertical panel surya dengan berdasarkan pembacaan sensor LDR
3. Daya total tertinggi yang dihasilkan panel surya dengan penjejak sebesar 17,857 Watt dengan posisi horizontal 47° TL dan posisi vertikal 15° pada jam 11:30 WITA sedangkan daya output tertinggi panel surya tanpa penjejak matahari sebesar 16,2 Watt dengan posisi horizontal 0° U dan posisi vertikal 5° pada jam 13:00 WITA. Dengan kenaikan daya rata-rata sebesar 43,03%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Manan, 2009. Gema teknologi, Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia.
- [2] A. N. J. K. E. Persia, "Studi Tentang Cadangan Penyangga Minyak (CPM) Untuk Mewujudkan Ketahanan Energi Indonesia," vol. 4, no. 2, 2018.
- [3] G. J. J. p. t. d. k. Widayana, "Pemanfaatan energi surya," vol. 9, no. 1, 2012.
- [4] R. R. J. A. J. P. K. M. Al Hakim, "Model energi Indonesia, tinjauan potensi energi terbarukan untuk ketahanan energi di Indonesia: Sebuah ulasan," vol. 1, no. 1, 2020.
- [5] V. R. J. J. I. F. Yandri, "Prospek pengembangan energi surya untuk kebutuhan listrik di Indonesia," vol. 4, no. 1, pp. 14-19, 2012.
- [6] E. J. P. L. N. T. Kementerian, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT," 2016.
- [7] K. T. Mauriraya, R. Afrianda, A. Fernandes, A. Makkulau, D. P. Sari, and N. J. T. Kurniasih, "Edukasi Pemanfaatan PLTS untuk Penerangan Jalan Umum Di Desa Cilatak Kecamatan Ciomas Kabupaten Serang Banten," vol. 3, no. 1, pp. 92-99, 2020.
- [8] K. E. d. S. D. M. R. Indonesia, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional*. 2014.
- [9] I. W. Sutaya and K. U. J. J. Ariawan, "Solar Tracker Cerdas Dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 Bit ATmega8535," vol. 5, no. 1, 2016.
- [10] M. J. Fadhil, R. A. Fayadh, and M. K. J. T. Wali, "Design and implementation of smart electronic solar tracker based on Arduino," vol. 17, no. 5, pp. 2486-2496, 2019.