

Perancangan Mini *Solar Tracker* Pada PLTS untuk Catu Daya Sistem *Monitoring* Kualitas Udara di Lokasi Pengolahan Air Limbah Komunal

¹Amandarika Widyatamara, ² Aryuanto Soetedjo ³ I Komang Somawirata

Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, Indonesia

¹1912061@scholar.itn.ac.id, ²aryuanto@gmail.com, ³kmgsumawirata@yahoo.com

Abstract— Sebuah sistem yang ditujukan untuk menjaga sel surya selalu tegak lurus terhadap cahaya matahari disebut tracker surya. Banyak penelitian telah dilakukan tentang pelacak matahari, termasuk pelacak satu sumbu yang menggunakan timer untuk menggerakkan panel surya mengikuti pergerakan matahari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat sistem pelacak matahari satu sumbu dengan sistem waktu yang berbasis ESP32. Pelacak ini memiliki database pergerakan matahari setiap waktu, sehingga sel surya dapat bergerak mengikuti matahari dan bisa menerima cahaya dari matahari lebih optimal. Hasil perbandingan panel dengan solar tracker dan panel statis selisihnya sebesar 4,04 A pada interval 15 menit sedangkan pada interval 1 jam selisihnya sebesar 1,15 A. Solar panel dengan solar tracker memiliki total tegangan keluaran yang lebih besar dibandingkan solar panel statis, selisihnya sebesar 0,93 V pada interval 15 menit, sedangkan pada interval 1 jam selisihnya 1,57 V. Total daya keluaran juga lebih besar dibandingkan solar panel statis, selisihnya sebesar 18,47 W pada interval 15 menit, sedangkan pada interval 1 jam selisihnya sebesar 63,17 W. Solar panel yang menggunakan solar tracker memiliki efisiensi lebih dari 10% sedangkan solar panel statis efisiensinya kurang dari 10%.

Kata Kunci—*Solar Tracker, Sistem Waktu, Monitoring, ESP 32, RTC, SCADA;*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemasangan solar panel secara statis dapat menyebabkan kurangnya efektifitas penyerapan sinar matahari oleh panel surya. Karena matahari bergerak dari timur ke barat sedangkan posisi solar panel tetap statis. Oleh karena itu perlu adanya pemanfaatan sistem solar tracker.

Tracker surya adalah rangkaian kontrol yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan mengikuti arah panel surya sehingga selalu tegak lurus dengan matahari sehingga dapat memaksimalkan penyerapan radiasi matahari [1]. Dengan memposisikan panel surya tetap tegak lurus dengan matahari, mereka dapat memaksimalkan penyerapan radiasi sebesar 8,3% – 81% dibandingkan dengan posisi panel surya pada keadaan diam. Intensitas matahari berbanding lurus dengan daya keluaran panel surya. Dimana peningkatan daya yang dapat dicapai dengan pengaturan posisi panel surya tegak lurus dengan matahari sebesar 10% - 23% dibandingkan dengan saat posisi panel surya pada keadaan tetap [2]. Sehingga, penggunaan solar tracker pada panel surya dapat meningkatkan efisiensi untuk menangkap sinar matahari secara maksimal.

Terdapat dua jenis sistem solar tracker yaitu, sistem satu sumbu dan sumbu. Sistem satu sumbu memungkinkan solar panel berputar ke dua arah seperti ke arah timur dan barat. Sedangkan solar tracker dua sumbu memungkinkan untuk berputar ke empat arah mata angin yang berbeda.

Sistem solar tracker satu sumbu dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu sistem solar tracker sumbu horizontal, vertical dan satu sumbu miring. Pada solar tracker sistem horizontal sumbu putaran miring terhadap tanah, dan bagian muka dari modul dipasang paralel terhadap sumbu putaran. Pada sistem vertikal sumbu rotasi adalah vertikal terhadap tanah dan bagian muka modul dipasang pada sudut terhadap sumbu rotasi. Pada sistem solar tracker miring, sumbu rotasi penempatan modul solar panel antara sumbu horizontal dan vertikal bagian muka dari modul juga dipasang paralel terhadap sumbu rotasi, seperti pada sistem horizontal [3].

Sistem pelacak matahari satu sumbu menggunakan rangka penyangga untuk panel surya dan motor untuk menggerakkan panel ke arah sinar matahari. Sistem pelacak matahari di penelitian ini dirancang untuk menggunakan timer RTC (Real Time Clock) untuk menyesuaikan dengan gerak matahari.

Pada sistem pelacak ini menggunakan jenis putaran satu sumbu.

Karena, solar tracker memiliki bagian penggerak dan sistem kontrol dengan daya yang besar. Maka, pada solar panel dengan ukuran kecil lebih efisien jika menggunakan solar tracker dengan satu sumbu putar.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan. Masalah tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Merancang solar tracker satu sumbu dengan menggunakan sistem waktu di Malang.
2. Menghemat daya yang digunakan untuk menggerakkan motor.

C. Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan untuk meningkatkan daya keluaran yang diperoleh oleh solar panel 30 Wp.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Solar Panel



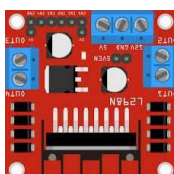
Dengan menggunakan efek fotovoltaik, panel surya menghasilkan perbedaan potensial di persimpangan dua bahan berbeda sebagai tanggapan terhadap radiasi elektromagnetik. Efek fotovoltaik sangat mirip dengan efek fotolistrik, di mana elektron dipancarkan dari bahan yang telah menyerap cahaya dengan frekuensi yang lebih tinggi daripada frekuensi ambang bahan tersebut.[4].

B. ESP 32



ESP32 adalah modul embedded yang diproduksi oleh espressif system mendukung konektivitas WiFi dan BT (dual-mode) dan sesuai apabila digunakan dalam proyek IoT berbasis cloud [5].

C. Driver L298N



Driver motor *bidirectional* ini, dirancang berdasarkan pada L298 Dual H-Bridge Motor Driver yang sangat populer. Sirkuit ini memungkinkan untuk dengan mudah dan mandiri mengontrol dua motor hingga 2A masing-masing di kedua arah. Ini sangat ideal untuk aplikasi robot dan cocok untuk koneksi ke mikrokontroler hanya membutuhkan beberapa jalur kontrol per motor. Driver ini juga dapat dihubungkan dengan sakelar manual sederhana, Gerbang logika TTL, relay, dll. Board ini dilengkapi dengan indikator LED daya, regulator +5V on-board dan dioda proteksi. [6]

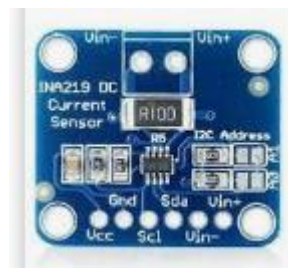
D. RTC (Real Time Clock)



DS1307 adalah jam/kalender desimal berkode biner (BCD) berdaya rendah yang dilengkapi dengan 56 byte NV SRAM. Bus I2C, atau bus dua arah, digunakan untuk mengirimkan alamat dan data secara serial.

Modul ini memiliki kalender, detik, menit, jam, dan informasi tentang hari, tanggal, bulan, dan tahun diberikan. Akhir dari setiap bulan secara otomatis disesuaikan untuk bulan yang kurang dari 31 hari, sehingga tahun berjalan lebih cepat. Jam memiliki indikator AM/PM dan dapat beroperasi dalam format 24 atau 12 jam.[7].

E. INA219



INA219 adalah monitor shunt dan daya saat ini dengan antarmuka yang kompatibel dengan I2C atau SMBUS. Perangkat memantau penurunan tegangan shunt dan tegangan pasokan bus, dengan waktu konversi dan pemfilteran yang dapat diprogram.

INA219 beroperasi hanya sebagai perangkat pendukung pada I2C bus dan SMBus. Koneksi ke bus dibuat melalui jalur I/O open-drain SDA dan SCL. Pin SDA dan SCL menampilkan penekanan lonjakan terintegrasi filter dan pemicu Schmitt untuk meminimalkan efek lonjakan input dan kebisingan

INA219 mendukung protokol transmisi untuk mode cepat (1- hingga 400-kHz) dan kecepatan tinggi (1-kHz hingga 2,56-MHz). Semua byte data mengirimkan byte paling signifikan terlebih dahulu [8].

F. Motor Gearbox JGY370



Motor DC kecepatan rendah dengan worm metal gearbox untuk aplikasi torsi tinggi seperti mobil robot arduino 4wd, pembuka jendela pintar. Motor JGY370 adalah motor magnet permanen yang dikenal memberikan daya tinggi dalam kemasan yang ringkas dan portabel. Motor DC JGY-370 Ideal untuk aplikasi yang memerlukan penyesuaian kecepatan motor dan kemampuan mundur. Memiliki torsi tinggi dan noise rendah.

G. Solar Charge Controller (SCC)



Salah satu perangkat dalam sistem PLTS adalah pengatur pengisian baterai oleh sel surya, juga dikenal sebagai SCC. SCC mengatur arus atau tegangan output panel surya dan mengontrol jumlah daya yang masuk ke baterai untuk mencegah terlalu banyak pengisian baterai.[9]. Yang dapat menyebabkan baterai cepat rusak.

H. Baterai



Baterai adalah sumber energi yang dapat digunakan. Baterai menghasilkan energi listrik dari energi kimia yang disimpan dan dapat digunakan oleh perangkat elektronik. Setiap baterai memiliki elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar dan terminal positif dan negatif, masing-masing disebut anoda dan katoda. Arus searah, juga dikenal sebagai arus DC, adalah jenis arus listrik yang berasal dari baterai.

I. Step Down Converter LM2596



Penurun tegangan atau step down coverter. LM2596 adalah sirkuit terintegrasi monolitik yang akan berfungsi dengan baik dalam desain pengontrol pengalihan step-down. Ia dapat menggerakkan beban 3.0 A dengan pengaturan saluran dan beban yang sangat baik. Keluaran yang dapat disesuaikan dan

dikompensasi secara internal dari perangkat ini memudahkan desain catu daya.. [10]

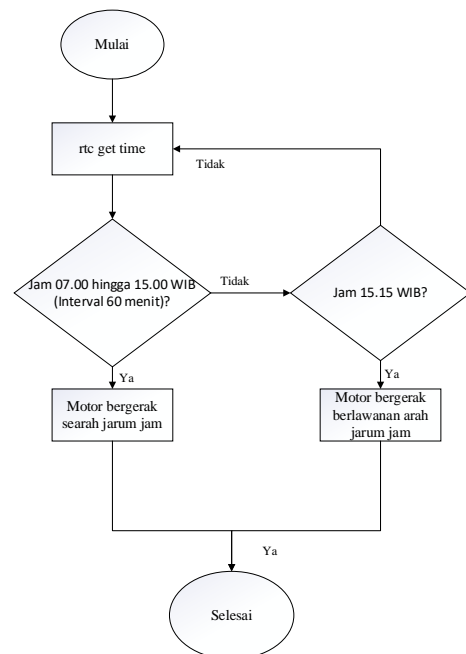
III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan solar panel dengan Daya maksimal (Pmax) 30Wp, Tegangan maksimal (Vmp) sebesar 18.36 V dan Arus maksimal (Imp) 1.63 A. Sebagai penggerak sekaligus beban menggunakan motor gearbox JGY-370 dengan tegangan input 12V yang memiliki torsi 22kg dengan kecepatan 6rpm. Pada penelitian ini menggunakan aki sebagai penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel surya.

Komponen seperti ESP32 berfungsi untuk mengontrol sistem, driver motor 1298n mengontrol gerakan motor sesuai dengan sinyal ESP32, dan mikrokontroler mendapatkan sinyal RTC sebagai timer yang menentukan kapan motor akan menyala atau mati, disesuaikan dengan database sudut azimuth matahari.. Untuk mengetahui sudut dari motor, menggunakan potensiometer yang dikopel dengan motor. Jadi, apabila motor bergerak maka potensio juga akan bergerak dan menampilkan sudut. Sebagai pembacaan nilai arus, tegangan dan daya keluaran dari panel surya dan daya input ke motor digunakan sensor INA219. Sehingga dapat dipantau besarnya efisiensi daya yang dihasilkan oleh panel surya.

Untuk tugas penelitian ini, data diuji dan dibandingkan antara panel surya yang memiliki pelacak dan panel surya yang tidak memiliki pelacak. Pengambilan data dilakukan pada hari yang sama dengan interval waktu 60 menit sekali dan 15 menit sekali, dimulai pada pukul 07.00 hingga 15.00 WIB. Flowchart hasilnya dapat dilihat di bawah ini:

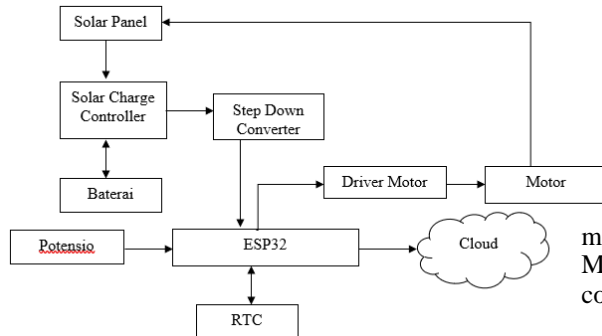
Gambar 1. Flowchart



Pertama-tama RTC mengambil data waktu. Kemudian ESP 32 lewat Driver motor memberi sinyal listrik untuk menggerakkan mootor dari jam 07.00 WIB hingga pukul 15.00WIB dengan interval waktu gerak selama 1 jam sekali dan 15 menit sekali dengan

arah motor bergerak searah jarum jam. Yang mengakibatkan solar panel bergerak dari timur ke barat. Kemudian, apabila waktu sudah menunjukkan pukul 15.00WIB motor akan bergerak dari arah barat ke timur.

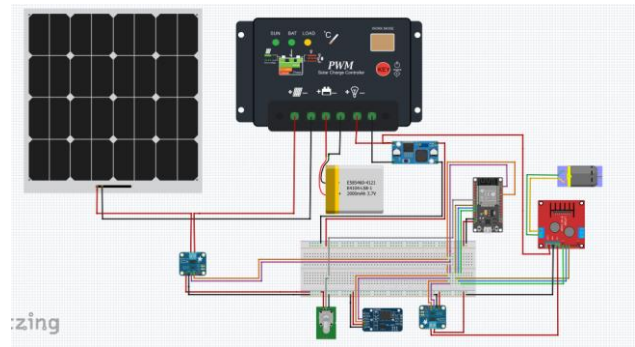
Gambar 2. Blok Diagram Sistem



Keterangan dari diagram blok diatas, sebagai berikut :

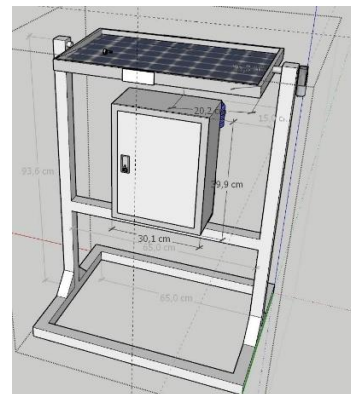
1. Panel surya 30Wp monocrystalline, sebagai penghasil listrik.
2. Solar charge controller, sebagai pengontrol pengisian baterai.
3. Baterai, untuk menyimpan energi yang dihasilkan dari panel surya.
4. Step down converter, sebagai penurun tegangan dari 12V menjadi 5V DC.
5. Real time clock, sebagai penunjuk waktu kapan motor bergerak.
6. Driver Motor, sebagai pengendali gerakan motor listrik, Dengan cara mengubah sinyal listrik dari mikrokontroler menjadi sinyal yang sesuai untuk menggerakkan motor.
7. Motor, sebagai penggerak panel surya.
8. ESP 32, sebagai pengontrol dan mengkoordinasikan berbagai perangkat elektronik, serta untuk pengolahan data dan komunikasi.
9. Potensiometer, sebagai penunjuk sudut dari panel surya. Dengan cara mengkonversi nilai tegangan dari potensiometer menjadi sudut rotasi

Gambar 3. Wiring Alat



Diatas adalah keseluruhan rangkaian yang menghubungkan solar panel, SCC, driver motor, Motor, ESP32, INA219, RTC, Baterai, Step down converter dan Potensiometer.

Gambar 4. Perancangan mekanik

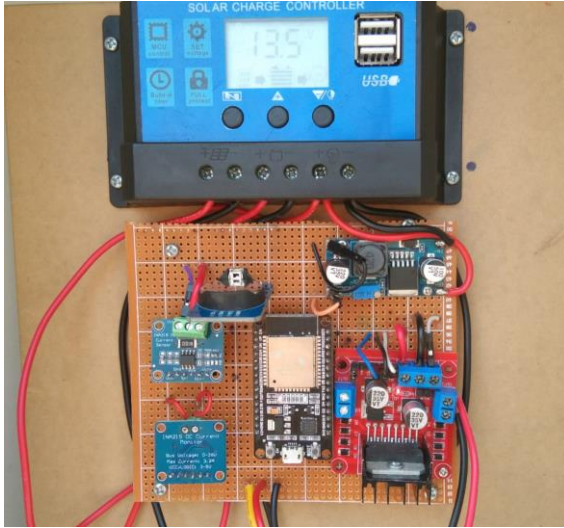


Rancangan rangka alat tersebut memiliki tinggi 93,6 cm. Panel surya diletakkan diatas dan pada kedua sisi rangka terdapat potensiometer yang terhubung dengan panel surya dan juga motor. Kemudian, di bawahnya terdapat panel box berukuran 30x40x15 cm³. Untuk kaki rangka bagian bawah memiliki lebar 35,8 cm. Material yang digunakan untuk merancang rangka tersebut terbuat dari besi berukuran 3x3 cm.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini tampilan alat pada saat pengambilan data.

Gambar 5. Rangkaian Alat



Gambar 6. Rangkaian Alat



Total daya listrik dari *solar panel tracker* interval 1 jam yang dapat digunakan bisa dihitung dengan persamaan[11]

$$P_{out} = P_{tot} - P_{load} \quad (1)$$

$$= 97,48 - 0,17$$

$$= 97,31 \text{ W}$$

Maka, daya total yang dihasilkan oleh solar panel dengan tracker interval 1 jam masih lebih besar daripada solar panel statis yang memiliki daya total 78,9 W.

Untuk menghitung total daya listrik *solar panel tracker* interval 15 menit bisa dihitung dengan persamaan (1)

$$P_{out} = P_{tot} - P_{load}$$

$$= 426,62 - 1,37$$

$$= 425,25 \text{ W}$$

Jadi, daya total yang dihasilkan oleh solar panel dengan tracker interval 15 menit masih lebih besar daripada solar panel statis yang memiliki daya total 363,45 W.

Selain daya total, juga perlu menghitung efisiensi *solar panel*. Efisiensi *solar panel* mengukur seberapa baik *solar panel* mengubah sinar matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan dan merupakan persentase dari jumlah total energi dari sinar matahari yang diubah menjadi energi listrik oleh *solar panel*. Efisiensi *solar panel* ditentukan dengan persamaan sederhana:

$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (2)$$

Yang mana n adalah efisiensi, P_{in} adalah daya masukan dan P_{out} adalah daya keluaran. Daya masukan itu sendiri merupakan hasil kali dari intensitas radiasi matahari dengan luas penampang panel surya.

$$P_{in} = E \cdot A \quad (3)$$

Yang mana E merupakan intensitas iradiasi (W/m^2) dan A merupakan luas penampang (m^2)[2]. Luas penampang *solar panel* berukuran $0,2295 \text{ m}^2$. Dengan menggunakan persamaan 3 untuk menentukan P_{input} dan menggunakan persamaan 2 untuk mendapatkan nilai efisiensi, maka dihasilkan:

Tabel 1. Efisiensi solar panel statis

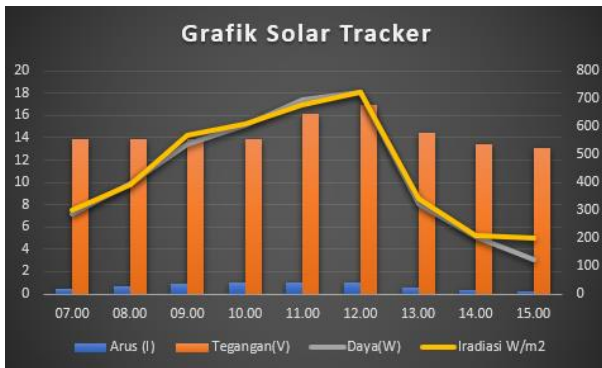
Solar Panel Statis				
Waktu	Iradiasi (W/m^2)	$P_{in} = E \cdot A$	$P_{out}(\text{W})$	Efisiensi= $\frac{P_{out}}{P_{in}}$, (%)
07.00	300	67,77	3,48	5,13
08.00	390	88,10	8,98	10,19
09.00	571	128,98	11,3	8,76
10.00	612	138,25	14,07	10,17
11.00	677	152,93	14,59	9,54
12.00	723	163,32	15,09	9,23
13.00	341	77,03	5,35	6,94
14.00	211	47,66	3,2	6,71
15.00	201	45,40	2,89	6,36

Tabel 2. Efisiensi solar panel dengan solar tracker

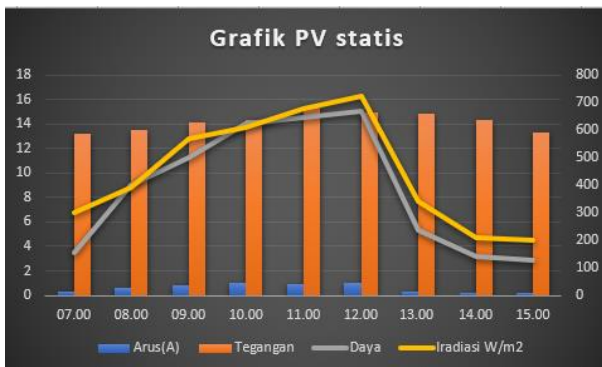
Solar panel dengan solar tracker				
Waktu	Iradiasi W/m^2	$P_{in} = E \cdot A$	$P_{out}(\text{W})$	Efisiensi= $\frac{P_{out}}{P_{min}}$, (%)
07.00	300	67,77	7,13	10,52
08.00	390	88,10	9,89	11,22
09.00	571	128,98	13,4	10,38
10.00	612	138,25	15,14	10,95
11.00	677	152,93	17,38	10,52

12.00	723	163,32	18,11	10,76
13.00	341	77,03	8,12	10,54
14.00	211	47,66	5,12	10,74
15.00	201	45,40	3,12	6,87

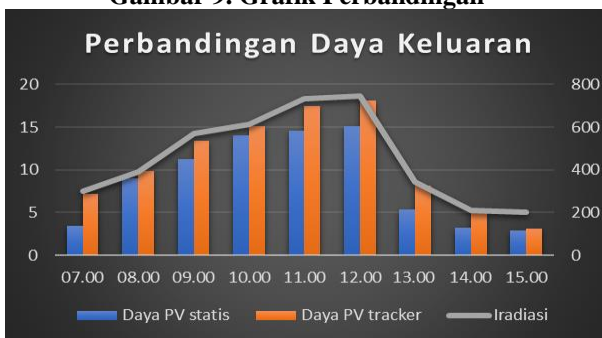
Gambar 7. Grafik Solar Tracker



Gambar 8. Grafik Solar Panel Statis



Gambar 9. Grafik Perbandingan



Pada gambar 7 dan 8 menunjukkan grafik arus, tegangan serta daya yang dihasilkan oleh *solar panel* statis dan *solar panel* dengan *tracker* selama 1 jam. Kemudian, di gambar 4.5 merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh dua metode yang berbeda tersebut. Dan dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan oleh *solar panel* dengan *tracker* lebih banyak daripada daya yang dihasilkan oleh *solar panel* statis dengan selisih rata-ratanya mencapai 2,05 Wh. Pada kedua metode juga terdapat perbedaan efisiensi dimana *solar panel tracker* memiliki efisiensi maksimal sebesar 11,22% sedangkan pada *solar panel* statis hanya mendapatkan efisiensi sebesar 10,19%

Berikut ini data percobaan pada interval waktu 15 menit :

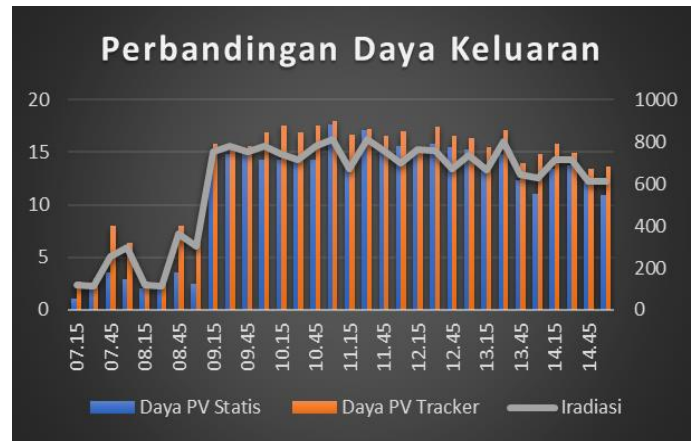
Tabel 3. Efisiensi solar panel statis

Waktu	Iradiasi W/m ²	P _{in} = E.A	P _{out} (W)	Efisiensi= P _{out} /P _{in} , %
07.15	117	26,85	1,06	3,94
07.30	113	25,93	2,03	7,82
07.45	255	58,52	3,6	6,15
08.00	300	68,85	2,9	4,21
08.15	118	27,08	2,05	7,56
08.30	114	26,16	2,06	7,87
08.45	360	82,62	3,6	4,35
09.00	301	69,07	2,50	3,62
09.15	750	172,12	13,8	8,01
09.30	780	179,01	14,8	8,26
09.45	750	172,12	14,97	8,70
10.00	778	178,55	14,25	7,98
10.15	740	169,83	14,25	8,39
10.30	715	164,09	14,25	8,68
10.45	779	178,78	14,25	7,97
11.00	814	186,81	17,65	9,44
11.15	671	153,99	14,25	9,25
11.30	813	186,58	17,07	9,15
11.45	760	174,42	15,23	8,73
12.00	700	160,65	15,58	9,69
12.15	766	175,79	14,93	8,49
12.30	760	174,42	15,78	9,04
12.45	670	153,76	15,46	10,05
13.00	734	168,45	15,23	9,04
13.15	664	152,38	13,43	8,81
13.30	800	183,6	14,86	8,09
13.45	643	147,56	12,29	8,32
14.00	627	143,89	11,09	7,70
14.15	715	164,09	13,4	8,16
14.30	713	163,63	13,78	8,42
14.45	612	140,45	12,07	8,59
15.00	611	140,22	10,96	7,81

Tabel 4. Efisiensi solar panel dengan solar tracker

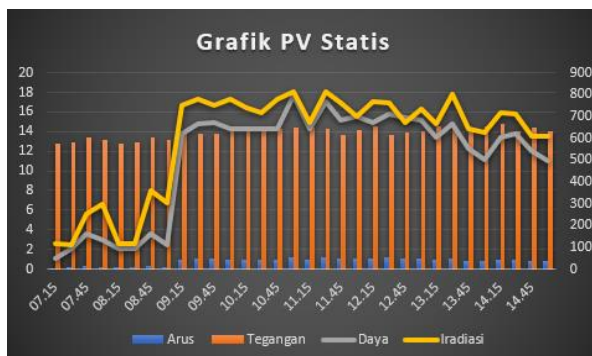
Waktu	Iradiasi W/m ²	P _{in} = E.A	P _{out} (W)	Efisiensi= P _{out} /P _{in} , %
07.15	117	26,85	2,68	9,99
07.30	113	25,93	2,98	11,49
07.45	255	58,52	8,00	13,67
08.00	300	68,85	6,42	9,32
08.15	118	27,08	2,68	9,91
08.30	114	26,16	2,98	11,39
08.45	360	82,62	8,00	9,68
09.00	301	69,07	6,42	9,29

09.15	750	172,12	15,79	9,17
09.30	780	179,01	15,63	8,73
09.45	750	172,12	15,61	9,06
10.00	778	178,55	16,88	9,45
10.15	740	169,83	17,55	10,33
10.30	715	164,09	16,88	10,28
10.45	779	178,78	17,55	9,81
11.00	814	186,81	17,99	9,63
11.15	671	153,99	16,71	10,85
11.30	813	186,58	17,25	9,24
11.45	760	174,42	16,60	9,51
12.00	700	160,65	16,96	10,55
12.15	766	175,79	15,35	8,73
12.30	760	174,42	17,47	10,01
12.45	670	153,76	16,59	10,79
13.00	734	168,45	16,33	9,69
13.15	664	152,38	15,52	10,18
13.30	800	183,6	17,08	9,30
13.45	643	147,56	13,99	9,48
14.00	627	143,89	14,84	10,31
14.15	715	164,09	15,80	9,62
14.30	713	163,63	14,96	9,14
14.45	612	140,45	13,41	9,55
15.00	611	140,22	13,61	9,71

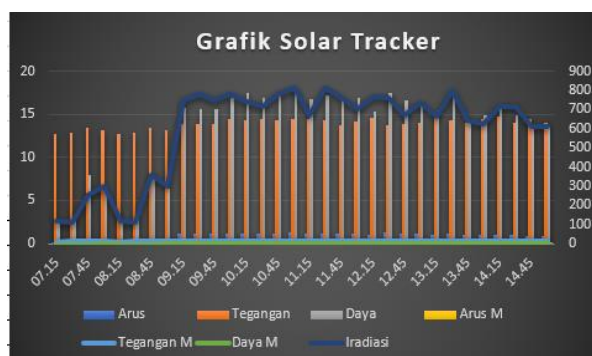


Dari data dan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa daya keluaran solar panel memiliki korelasi yang sangat kuat dengan iradiasi matahari. Variasi daya keluaran solar panel disebabkan oleh variasi radiasi matahari yang diterima oleh panel surya [12]. Dengan luas panel surya 0,2295 m², efisiensi dapat dihitung dengan persamaan (2), di mana daya input diperoleh dari perkalian antara intensitas iradiasi matahari (W/m²) dan intensitas cahaya matahari. Jika daya output rendah dan intensitas tinggi, efisiensi akan lebih rendah, sedangkan jika daya output besar dan intensitas rendah, efisiensi akan lebih tinggi. Karena intensitas cahaya matahari berubah selama pengambilan data dan suhu permukaan sel surya berubah, oleh karena itu grafik terlihat naik turun [13]. Efisiensi juga dapat bergantung dari jenis modul panel surya serta grade dan produsen panel tersebut.

Gambar 10. Grafik solar panel statis



Gambar 11. Grafik solar panel dengan tracker



Gambar 12. Grafik Perbandingan

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan setelah dilakukan perancangan, pengujian, serta analisis data :

1. Solar panel dengan solar tracker memiliki total arus keluaran yang lebih besar dibandingkan solar panel statis, selisihnya sebesar 1,15 A pada interval 1 jam. Sedangkan pada interval 15 menit selisih arusnya sebesar 4,40 A

2. Solar panel dengan solar tracker memiliki total tegangan keluaran yang lebih besar dibandingkan solar panel statis, selisihnya sebesar 0,93 V pada interval 15 menit. Dan 1,57 pada interval 15 menit

3. Solar panel dengan solar tracker memiliki total daya keluaran yang lebih besar dibandingkan solar panel statis, selisihnya sebesar 18,47 W pada interval 1 jam. Dan 63,17 W pada interval 15 menit.

4. Solar panel yang menggunakan solar tracker memiliki efisiensi 13% sedangkan solar tracker statis memiliki efisiensi dibawah 10%

5. Ada perbandingan data arus, tegangan, dan daya antara panel surya statis dan tracker berdasarkan hasil pengujian dan analisis keduanya. Solar tracker memiliki efisiensi yang lebih besar daripada panel surya statis, sehingga dapat menerima lebih banyak cahaya dari matahari. Jika kapasitas panel surya digunakan lebih besar, perbandingannya pasti akan lebih besar lagi.

VI. REFERENSI

- [1] M. J. Nahar, M. R. Sarkar, M. Uddin, M. F. Hossain, M. M. Rana, and M. R. Tanshen, "Single Axis Solar Tracker for Maximizing Power Production and Sunlight Overlapping Removal on the Sensors of Tracker," *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 1, no. 2, pp. 186–197, 2021, doi: 10.31763/ijrcs.v1i2.333.
- [2] H. Samaulah, Y. Basir, M. Helmi, F. Faturrizky, and A. Sugawara, "Efficiency Analysis of Tracking and Stationary Solar Panel Modes Against Solar Radiation," *J. Eng. Sci.*, vol. 5, no. 1, 2018, doi: 10.21272/jes.2018.5(1).h4.
- [3] R. Dhanabal, V. Bharathi, R. Ranjitha, A. Ponni, S. Deepthi, and P. Mageshkannan, "Comparison of efficiencies of solar tracker systems with static panel single-axis tracking system and dual-axis tracking system with fixed mount," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 1925–1933, 2013.
- [4] T. W. Principle and S. Cell, "The Working Principle of a Solar Cell," *Sol. Energy*, vol. 1, pp. 21–24, 1921.
- [5] A. Imran and M. Rasul, "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32," *J. Media Elektr.*, vol. 17, no. 2, pp. 2721–9100, 2020, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/mediaelektrik/article/view/14193>
- [6] Anonim, "Datasheet : Motor Driver L298N," *Handson Technol.*, pp. 1–7, [Online]. Available: www.handsontec.com
- [7] Maxim Integrated, "DS 1307 64 x 8 , Serial , I2C Real-Time Clock," *Maxim Integr.*, pp. 1–14, 2015.
- [8] T. Instruments, "Ina219," *Dallas Ti E2e*, pp. 1–39, 2015, [Online]. Available: www.ti.com
- [9] Adithya Yudha Perdana, "Analisis Efisiensi Solar Charger Controller Tipe," *Unnes Repostory*, vol. 18, p. 16, 2020.
- [10] D. Sheet, "3 . 0 A , Step-Down Switching Regulator 150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator," 2022.
- [11] E. E. Prasetyo, G. Marausna, and D. W. Nugroho, "200 WP Solar Panel Power Plant Optimization Using Dual Axis Solar Tracker System," vol. 11, no. 3, pp. 215–221, 2022.
- [12] M. Nadarajah and C. Ekanayake, "On recent advances in PV output power forecast," no. September 2019, 2016, doi: 10.1016/j.solener.2016.06.073.
- [13] Y. Setyaningrum, D. Pembimbing, and D. Fisika, "NRP 1113 100 031 Dosen Pembimbing Prof . Dr . Darminto , M . Sc Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2017 i," 2017.

VII. BIODATA PENULIS



Amandarika Widyatamara, lahir di Nganjuk, 18 Juli 2001. Menyelesaikan pendidikan terakhir di SMAN 8 Kediri pada tahun 2019. Mulai menempuh Pendidikan di INstitut Teknologi Nasional Malang pada tahun 2019. Aktif dalam kegiatan kampus sebagai asisten laboratorium di Laboratorium Sistem Pengukuran dan Instrumentasi.