

PELACAK SURYA OTOMATIS BERBASIS IOT

Mohamad Yusak¹, M. Jasa' Afroni², Fandisya Rahman³

¹ Universitas Islam Malang, Kota Malang, Indonesia

² Universitas Islam Malang, Kota Malang, Indonesia, ³ Universitas Islam Malang, Kota Malang, Indonesia

¹ m.kasuy11@gmail.com, ² jasaafрони@unisma.ac.id, ³ fandisyarahman@unisma.ac.id

Abstract

This paper aims to introduce a design and implementation of an IoT based 2-axis solar tracker system. Main components of this system consist of 4 LDR configured along 4 directions to locate the sun position, 2 servos are used to accommodate the movement of the panels in two axis that is X and Y, Arduino UNO is used to control all of sun tracking process and NodeMCU ESP12 is used as a bridge between solar tracker and IoT system. This solar tracker provides flexibility in its installation place and 2 servos designed in such a way providing the solar panel capability to facing the light source from all directions, beside that this tracker can be operated in two modes which is AUTO and MANUAL to give the user total control over this tracker. The test results in the field is showing an increase in solar panel average power by 15.93% compared to solar panels without a tracker also monitoring and controlling activity can be done easily by using smartphone with Blynk app.

Keywords— Solar energy, 2-Axis solar tracker, Internet of Things (IoT), Blynk.

Abstraksi

Tulisan ini bertujuan untuk memperkenalkan desain dan implementasi sebuah sistem pelacak surya 2-sumbu berbasis IOT. Komponen utama sistem ini yaitu 4 LDR yang dikonfigurasi sesuai 4 penjuror arah mata angin untuk mengetahui posisi matahari, 2 motor servo digunakan untuk mengakomodasi panel agar dapat bergerak pada 2-sumbu yaitu X dan Y, Arduino UNO digunakan untuk mengatur semua proses pelacakan matahari kemudian NodeMCU ESP12 digunakan sebagai jembatan antara pelacak surya dengan sistem IOT. Pelacak surya ini memberikan fleksibilitas dalam lokasi pemasangannya dan 2 buah servo yang dirancang sedemikian rupa memberikan kemampuan panel surya untuk menghadap ke sumber cahaya dari segala arah, selain itu alat ini dapat beroperasi dalam dua mode yaitu AUTO dan MANUAL untuk memberi kendali penuh kepada pengguna atas pelacak surya ini. Hasil pengujian di lapangan memperlihatkan peningkatan perolehan daya rata-rata sebesar 15.93% dibanding panel tanpa pelacak serta kegiatan monitoring dan kendali yang mudah untuk dilakukan melalui ponsel dengan aplikasi Blynk.

Kata Kunci— Energi surya, Pelacak surya 2-sumbu, Internet of Things (IoT), Blynk.

I. PENDAHULUAN

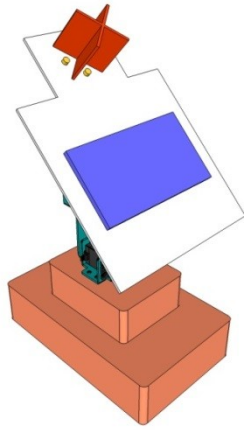
Energi listrik merupakan aspek penting dalam perkembangan aktivitas sosial dan ekonomi nasional. Akan tetapi mayoritas energi listrik dibangkitkan dengan energi fosil [1] yang mana memiliki kelemahan terbesar yaitu cadangannya terbatas dan tidak bisa diperbarui, selain itu proses pembangkitan listrik turut andil dalam perubahan iklim [2] yang penyebabnya adalah tingkat karbondioksida dalam atmosfer yang cukup tinggi. Untuk mengurangi tingkat karbondioksida dalam atmosfer maka diperlukan penggunaan energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan dalam pembangkitan listrik. Energi terbarukan yang dapat diperhitungkan untuk saat ini yaitu energi surya *photovoltaic* karena menawarkan berbagai kelebihan antara lain jumlahnya yang tidak terbatas, kemudahan dalam proses instalasi, dan potensinya di Indonesia yang besar karena letak geografis Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa [3].

Secara umum energi terbarukan juga memiliki kekurangan yaitu rendahnya efisiensi. Untuk meningkatkan efisiensi panel surya, dapat dilakukan

dengan penggunaan pelacak surya karena posisi lurus menghadap sumber cahaya dibutuhkan panel surya untuk penyerapan energi maksimum [4]. Penggunaan pelacak surya 2-sumbu akan meningkatkan perolehan daya panel surya bila dibandingkan dengan panel surya statis karena mampu menghadap matahari secara terus-menerus setiap hari.

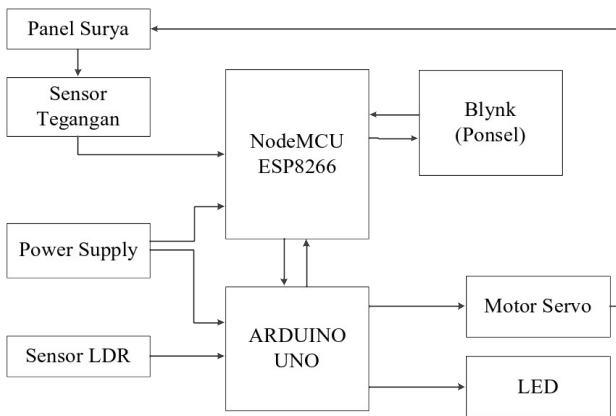
II. METODE PENELITIAN

Pembuatan desain 3D dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan gambaran bentuk alat sehingga dapat digunakan sebagai panduan dalam pembuatannya. Desain 3D dikerjakan dengan perangkat lunak SketchUp.



Gambar 1 Desain 3D pelacak surya

Sensor LDR dikonfigurasi untuk memperoleh sudut horizontal dan vertikal yang optimal dan terdapat sirip untuk memastikan LDR benar-benar menghadap ke sumber cahaya. Dua buah servo digunakan dan diposisikan sedemikian rupa untuk mengakomodasi panel agar dapat bergerak pada 2-sumbu θ dan ϕ menurut koordinat bola. Adapun blok diagram sistem ini ditunjukkan pada gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2 Blok diagram sistem

Cara kerja pelacak surya berbasis LDR otomatis berbasis IOT yaitu, sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya, LDR dipilih karena memiliki error yang kecil [10]. Sensor tegangan mendeteksi tegangan keluaran panel surya. LED berfungsi sebagai penunjuk mode kerja alat. NodeMCU sebagai sistem kontrol dan monitoring berbasis IOT [11] yang kemudian memberi perintah Arduino. Arduino berfungsi untuk menjalankan sensor LDR dan Motor Servo untuk melakukan tugasnya sesuai dengan program yang dibuat. Aplikasi Blynk adalah aplikasi android yang digunakan untuk mengontrol dan memonitoring pelacak surya. Motor servo berfungsi sebagai penggerak panel surya, metode closed-loop digunakan untuk menggerakkan panel surya. Maka pelacak surya ini terdiri dari beberapa komponen utama antara lain :

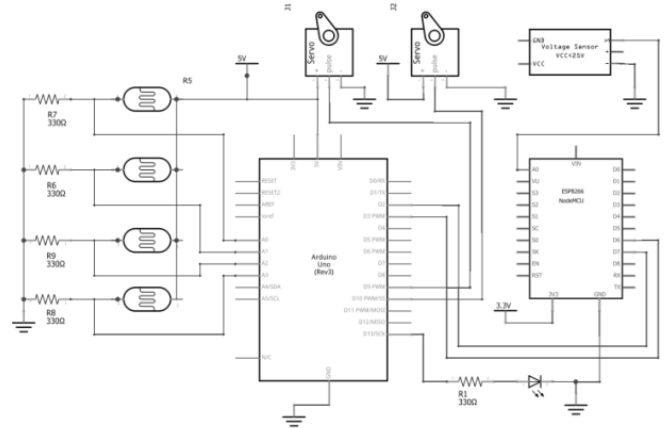
1. 4 buah LDR
2. 2 unit servo
3. Panel Surya

4. Arduino UNO
5. NodeMCU ESP12
6. Sensor tegangan

Berikut adalah skema sistem keseluruhan:

Gambar 3 Skema pelacak surya

Setiap sensor LDR terhubung seri dengan resistor 330 Ω menjadi sebuah rangkaian pembagi tegangan, sehingga intensitas cahaya yang diterima LDR akan



fritzing

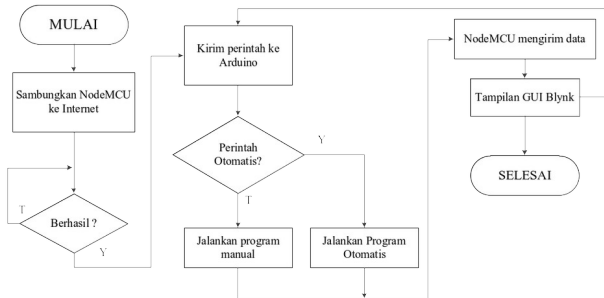
berpengaruh pada tegangan keluaran. Nilai resistor ditentukan melalui pengukuran resistansi LDR pada kondisi di lapangan terlebih dahulu, hasil pengukuran ditunjukkan oleh tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1 Pengukuran resistansi LDR

Percobaan	Terik	Teduh	Mendung	Gelap
1	150 Ω	315 Ω	686 Ω	2M Ω
2	133 Ω	329 Ω	673 Ω	2M Ω
3	141 Ω	278 Ω	678 Ω	2M Ω
4	145 Ω	266 Ω	699 Ω	2M Ω
5	154 Ω	293 Ω	702 Ω	2M Ω
6	137 Ω	301 Ω	683 Ω	2M Ω
7	149 Ω	284 Ω	709 Ω	2M Ω

Dari data resistansi LDR pada Tabel 1 selanjutnya menentukan batas atas dan bawah agar Arduino tetap dapat membedakan kondisi terang dan sangat terang sehingga hal ini perlu dipahami dengan baik karena dapat mempengaruhi akurasi pelacak surya, setelah dilakukan penghitungan maka nilai resistor yang tepat menurut Tabel 1 adalah 330 Ω [7]. Tegangan keluaran dari sirkuit sensor masuk ke input analog Arduino yaitu pin A0, A1, A2, A3 untuk diproses Arduino, kemudian 2 buah servo dihubungkan ke output digital Arduino yaitu pin D9 dan D10. Arduino akan memproses keluaran sensor dan memberi perintah pada servo untuk bergerak sesuai posisi matahari yang diterima sensor LDR. Tegangan keluaran panel surya dihubungkan pada sensor tegangan dan dihubungkan ke pin A0 NodeMCU, tegangan keluaran panel surya akan ditampilkan pada aplikasi Blynk. NodeMCU bertugas menerima perintah dari Blynk melalui koneksi internet untuk menjalankan mode alat karena terdapat 2 mode pada pelacak surya ini yaitu otomatis dan manual, pada

mode manual servo dapat digerakkan secara langsung melalui aplikasi Blynk, sebuah LED berwarna biru ditambahkan untuk menjadi penunjuk mode alat, LED akan menyala apabila pelacak surya berada pada mode otomatis. Jika terdapat perintah mode otomatis atau manual dari Blynk maka NodeMCU menerima perintah tersebut dan mengirimkan sinyal ke Arduino untuk bekerja dalam mode manual atau otomatis, komunikasi serial digunakan untuk pertukaran data antara Arduino dan NodeMCU.

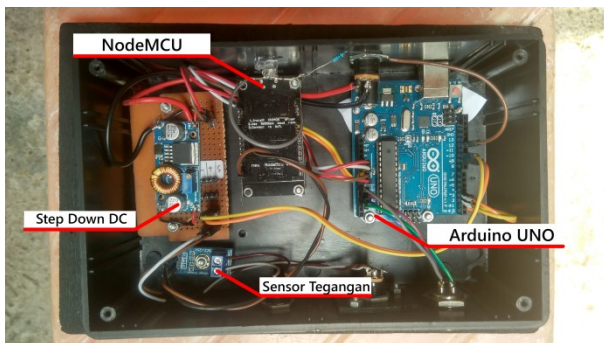


Gambar 4 Diagram alir keseluruhan system

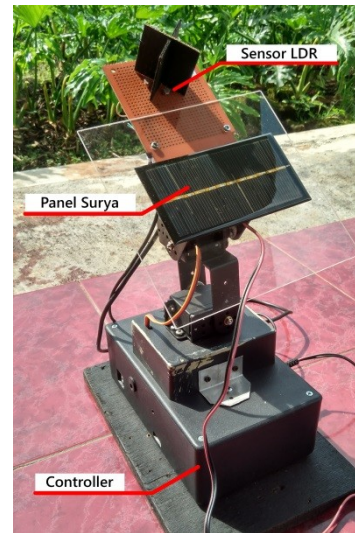
NodeMCU harus terkoneksi internet terlebih dahulu sebelum pelacak surya mulai bekerja, setelah itu pelacak surya dapat bekerja dalam mode MANUAL atau AUTO. Ketika pelacak surya dinyalakan untuk pertama kali maka secara otomatis akan bekerja dalam mode AUTO walaupun tidak ada perintah dari Blynk dan kedua servo akan bergerak ke posisi netral atau 90 derajat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Realisasi pelacak surya dari rancangan 3D pada Gambar 1 ditampilkan oleh Gambar 6.



Gambar 5 Control box



Gambar 6 Realisasi pelacak surya

Sirip LDR dibuat bersilang dengan setiap sisinya memiliki ukuran 4x2cm, rangkaian sensor terletak di bawah permukaan panel LDR. Pelat penyangga panel surya menggunakan pelat akrilik transparan yang kemudian dihubungkan ke *bracket* servo vertikal yang juga tergabung dengan *bracket* servo horizontal. *Power supply* yang digunakan betegangan 12V sehingga *step-down* DC ditambahkan untuk menyesuaikan catu daya dengan setiap komponen yang digunakan yakni Arduino 12V [12], NodeMCU dan servo 5V, yang perlu diperhatikan adalah arus yang dibutuhkan servo cukup besar sehingga catu daya servo menggunakan catu daya sendiri melalui *step-down* DC XL4005. Sensor tegangan tersambung ke pin A0, panel surya yang terpasang berkapasitas 1.2Wp/6V dan servo yang digunakan pada pelacak surya ini yaitu servo tipe MG996R. Berikut hasil pengujian servo tersebut:

Tabel 2 Pengukuran servo horizontal

Target Sudut	Sudut Aktual			Rata-rata Sudut	Error (%)	Akurasi (%)
	1	2	3			
0	0	0	0	0.00	0.00	100.00
40	40	40	40	40.00	0.00	100.00
60	61	60	61	60.67	0.01	98.89
90	89	88	90	89.00	0.01	98.89
100	97	96	96	96.33	0.04	96.33
120	116	115	115	115.33	0.04	96.11
130	124	122	125	123.67	0.05	95.13
150	143	143	143	143.00	0.05	95.33
160	154	153	154	153.67	0.04	96.04
180	171	170	171	170.67	0.05	94.81
RATA-RATA					0.03	97.15
STANDAR DEVIASI					0.02	

Tabel 3 Pengukuran servo vertikal

Target Sudut	Sudut Aktual			Rata-rata Sudut	Error (%)	Akurasi (%)
	1	2	3			
0	0	0	0	0.00	0.00	100.00
40	43	42	42	42.33	0.06	94.17
60	62	63	65	63.33	0.06	94.44
90	95	95	94	94.67	0.05	94.81
100	105	106	106	105.67	0.06	94.33
120	127	128	126	127.00	0.06	94.17
130	134	135	135	134.67	0.04	96.41
150	155	156	157	156.00	0.04	96.00
160	168	170	169	169.00	0.06	94.38
180	185	189	188	187.33	0.04	95.93
RATA-RATA					0.05	95.46
STANDAR DEVIASI					0.02	

Dari Tabel 2 dan 3 dapat dilakukan penghitungan error dari servo dengan persamaan:

$$\% \text{ error} = \frac{|X - S|}{X} \times 100 \% \quad (1)$$

Dimana: X=Nilai terukur
S=Nilai sebenarnya

Selanjutnya rata-rata error dapat dihitung dengan persamaan berikut:

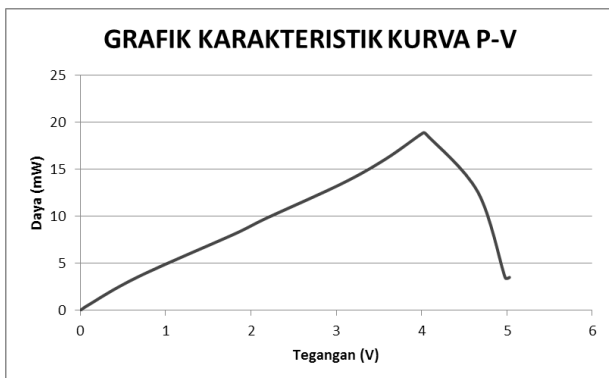
$$\bar{x} = \frac{\text{jumlah seluruh data}}{\text{banyaknya data}} \quad (2)$$

Kemudian nilai standar deviasi dapat dicari dengan rumus:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

Dimana: SD=Standar Deviasi
 x_i = Data ke-i
 \bar{x} = rata-rata
 n = banyaknya data

Nilai rata-rata akurasi servo juga dapat dihitung dengan persamaan (2) sehingga servo horizontal memiliki akurasi 97.15% dan servo vertikal memiliki akurasi sebesar 95.46%. Selanjutnya dilakukan pengujian panel surya, hasil pengujian ditunjukkan oleh gambar 7 dibawah ini.

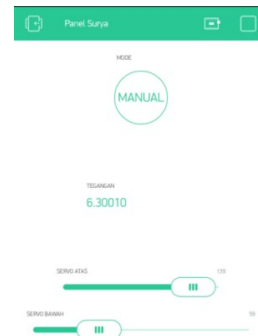


Gambar 7 Kurva P-V panel surya

Berdasarkan kurva diatas dapat diketahui titik daya maksimum (MPP) panel dicapai pada resistansi ~1K Ω ketika diuji dengan resistor variabel. Nilai resistansi ini penting karena akan digunakan pada pengujian pelacak surya sebagai beban panel surya. Selanjutnya akan dibahas hasil perancangan sistem pada aplikasi Blynk.



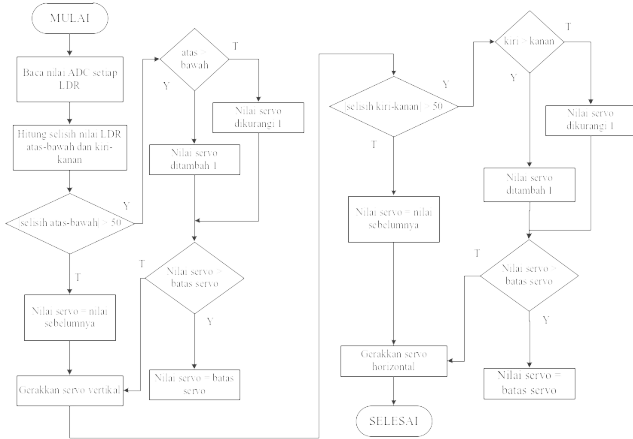
Gambar 8 Tampilan blynk mode AUTO



Gambar 9 Tampilan blynk mode MANUAL

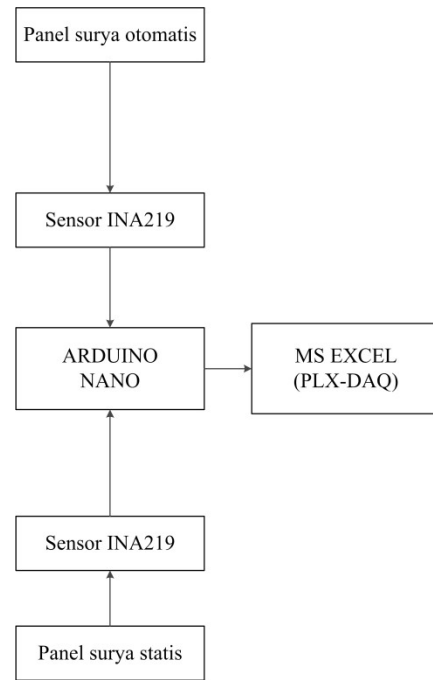
Dalam aplikasi Blynk terdapat 3 elemen utama yaitu saklar *selector*, penampil tegangan, dan *slider*. Saklar *selector* digunakan untuk memilih mode kerja alat dan menampilkan mode kerja alat sebagai penunjuk. Sedangkan penampil tegangan berfungsi untuk menampilkan tegangan panel surya, penampil tegangan ini tidak terpengaruh oleh mode kerja pelacak surya. *Slider* berfungsi untuk menggerakkan servo horizontal maupun vertikal, kerja *slider* akan dijelaskan lebih detail nanti. Pada mode AUTO atau mode otomatis saklar *selector* akan menampilkan "AUTO" sebagai penunjuk kerja alat dalam mode otomatis dan pelacak surya akan melacak surya sebagaimana mestinya kemudian *slider* servo akan berwarna abu-abu sebagai tanda bahwa *slider* tidak aktif dan tidak dapat digunakan walaupun dicoba digerakkan ke-kiri atau kanan. Pada mode manual maka saklar *selector* menampilkan "MANUAL" sebagai penunjuk mode kerja alat, pada mode ini pelacak surya akan berhenti melacak surya dan *slider* berubah warna menjadi hijau sebagai tanda bahwa

slider aktif dan dapat digunakan, *slider* juga akan otomatis berpindah sesuai posisi terakhir dari servo pada mode ini servo dapat digerakkan secara manual melalui *slider* ini. Penampil tegangan akan tetap menampilkan tegangan panel surya walaupun mode kerja alat berganti-ganti sehingga penampil tegangan sama sekali tidak terpengaruh oleh mode kerja alat.



Gambar 10 Algoritma pelacak surya

Dari hasil eksperimen, sangat sulit untuk mendapatkan nilai sensor LDR kanan dan kiri yang sama. Karena itu diberikan nilai ambang batas (*threshold*) 50 dari ADC sebagai kriteria untuk menghentikan pencarian. Demikian juga, sangat sulit untuk memenuhi kriteria tersebut secara bersamaan untuk servo horizontal dan servo vertikal. Sehingga, pencarian dilakukan satu per satu. Pencarian servo vertikal dilakukan lebih dulu sehingga kriteria berhenti mencari diperoleh. Setelah itu barulah servo horizontal melakukan pencarian. Algoritma pelacak surya ditunjukkan oleh Gambar 10 yaitu Arduino membaca tegangan LDR atas dan bawah, apabila nilai mutlak selisih nilai (LDR atas – bawah) >50 dan jika nilai LDR atas > LDR bawah maka sudut servo akan ditambah 1 derajat sampai selisih LDR atas dan bawah <50 maka servo akan berhenti karena pada selisih <50 panel surya dianggap tepat menghadap matahari, sebaliknya jika nilai LDR bawah lebih besar maka sudut servo dikurangi 1 derajat, apabila perintah sudut servo telah melebihi batas sudut maksimum dan minimum servo maka servo akan berhenti, proses tersebut juga berlaku untuk menggerakkan servo horizontal.



Gambar 11 Blok diagram pengujian

Kemudian spesifikasi pengujian meliputi sensor arus dan tegangan INA219, Arduino Nano, dan perangkat lunak akuisisi data PLX-DAQ, untuk koneksinya dapat dilihat pada Gambar 11. Dua panel surya otomatis dan statis dihubungkan dengan beban resistif 1K Ω dan dihubungkan ke sensor INA219, kemudian dihubungkan ke Arduino Nano dan diteruskan ke PLX-DAQ yang terpasang pada laptop, tegangan dan arus panel surya dicatat setiap 5 menit.



Gambar 12 Pengujian pelacak surya

Pengujian dilaksanakan dari pukul 05:30 hingga 17:30 dengan kedua panel surya diletakkan tidak jauh dan dicatat dengan PLX-DAQ yang terintegrasi dengan MS Excel setiap 5 menit. Hasil pengujian yang telah disederhanakan menjadi setiap jam ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian pelacak surya

Waktu	STATIC			TRACKING		
	Tegangan (V)	Arus (Ma)	Daya (mW)	Tegangan (V)	Arus (Ma)	Daya (mW)
5:36:03 AM	1.23	2.12	2.6076	2.39	2.92	6.9788
6:01:04 AM	5.3	6.32	33.496	6.58	7.8	51.324
7:01:04 AM	6.22	7.52	46.7744	6.57	7.8	51.246
8:01:05 AM	6.01	7.12	42.7912	6.2	7.32	45.384
9:01:06 AM	6	7.12	42.72	6.36	7.72	49.0992
10:01:07 AM	5.88	7.12	41.8656	6.31	7.6	47.956
11:01:09 AM	5.97	7	41.79	6.43	7.72	49.6396
12:01:10 PM	5.93	7.12	42.2216	6.39	7.52	48.0528
1:01:11 PM	5.69	6.8	38.692	6.14	7.52	46.1728
2:01:12 PM	6.22	7.2	44.784	6.57	7.8	51.246
3:01:13 PM	6.08	7.2	43.776	6.56	7.72	50.6432
4:01:15 PM	5.12	6.2	31.744	5.48	6.6	36.168
5:01:16 PM	4.67	5.6	26.152	5.15	6.2	31.93
6:01:16 PM	0	0.72	0	0	0.8	0
RATA-RATA			37.33mW			43.28mW
ENERGI			0.069kWh			0.08kWh

Kemudian dari Tabel 4 dapat dihitung daya panel surya melalui persamaan berikut:

$$P = V \times I \tag{4}$$

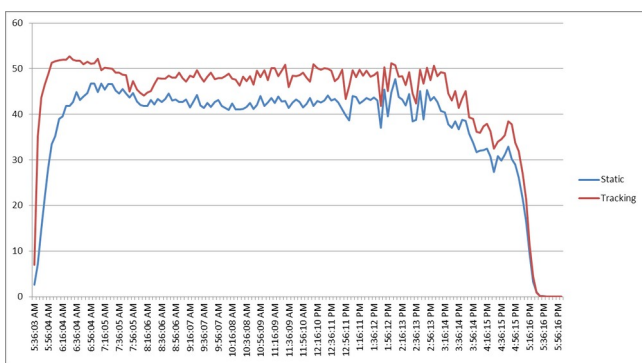
Dimana: P=Daya (W)
V=Tegangan (V)
I=Arus (A)

Kemudian rata-rata daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan pers. (2). Selanjutnya energi yang dihasilkan panel surya dapat diketahui dengan rumus:

$$W = P \times t \tag{5}$$

Dimana: W=Energi (kWh)
P= Daya (kW)
t = Waktu (jam)

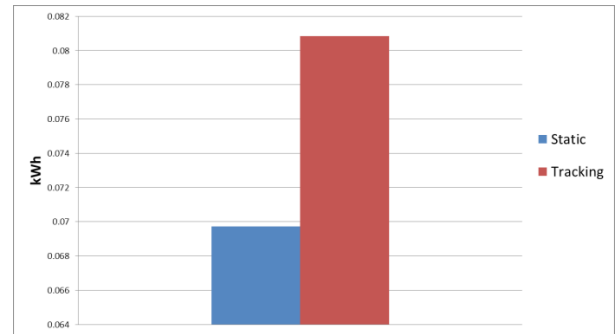
Karena pengujian berlangsung selama 12.45 jam maka dengan pers. (5) didapat jumlah energi yang diproduksi oleh kedua panel surya yang ditunjukkan oleh Gambar 14. Selanjutnya data Tabel 4 dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 13 Grafik pengujian pelacak surya

Dari Gambar 13 dapat dipahami bahwa *Tracking* merupakan fasilitas panel surya yang dipasang pelacak surya yang telah dirancang dan *Static* adalah panel surya panel surya diam dengan posisi 0 derajat atau menghadap ke atas. Dari grafik tersebut dapat diketahui

bahwa panel surya dengan pelacak menghasilkan daya rata-rata lebih banyak 15.93% dari pada panel surya tanpa pelacak, daya maksimum yang tercatat 52.74mW untuk panel surya dengan pelacak dan 47.7mW untuk panel surya statis.



Gambar 14 Bagan produksi energi pelacak surya

Dari Gambar 14 dapat diketahui bahwa jumlah energi yang dihasilkan panel surya dengan *tracker* sebanyak 0.080kWh dan 0.069kWh untuk panel surya statis sehingga terdapat peningkatan energi sebesar 15.94% daripada panel surya statis.

IV KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian Pelacak surya otomatis berbasis IOT ini dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Alat dan sistem pelacak surya yang dirancang menggunakan sensor LDR sebagai pendeteksi posisi matahari dan kemudian diproses oleh Arduino UNO kemudian dikirim ke bagian output yaitu motor servo telah bekerja dengan baik. Kendali dan monitoring IOT melalui NodeMCU ESP12 yang terhubung dengan Blynk melalui koneksi Internet juga telah berjalan semestinya sehingga pelacak surya dapat digerakkan secara manual dan otomatis dengan ponsel, dan tegangan panel surya juga dapat dipantau dengan cara yang sama.
2. Peningkatan daya yang dihasilkan panel surya sebesar 15.93% dan peningkatan energi 15.94% daripada panel surya tanpa pelacak matahari.
3. Pelacak surya dapat mendeteksi matahari walaupun kondisi mendung.

Sebagai pengembangan lebih lanjut dari penelitian yang dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Mengetahui konsumsi daya pelacak surya ini agar didapatkan nilai efisiensi pelacak surya.
2. Daya yang dihasilkan panel surya dapat dimonitor dan dicatat pada *smartphone*.
3. Mengganti panel surya dengan kapasitas yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

[1] C. Yong, T. Hajibeigy, C. Vaithilingam, and R. Walvekar, "Characteristics Study of Photovoltaic Thermal System with Emphasis on Energy

- Efficiency," *MATEC Web Conf.*, vol. 152, p. 1003, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201815201003.
- [2] P. Zhou, B. W. Ang, and H. Wang, "Energy and CO2 emission performance in electricity generation: a non-radial directional distance function approach," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 221, no. 3, pp. 625–635, 2012.
- [3] V. R. Yandri, "Prospek pengembangan energi surya untuk kebutuhan listrik di Indonesia," *J. Ilmu Fis. Univ. Andalas*, vol. 4, no. 1, pp. 14–19, 2012.
- [4] D. Harjunowibowo, "Model Panel Surya Cerdas dengan SensorPelacakCahaya Matahari Otomatis BerbasisMikrokontroler," *JurnalBerkala Fis.*, vol. 13, no. 2, pp. B7–B14, 2010.
- [5] B. Sitorus, H. Tumaliang, and L. S. Patras, "Perancangan Panel Surya Pelacak Arah Matahari Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 1–12, 2016.
- [6] M. N. A. M. Said, S. A. Jumaat, and C. R. A. Jawa, "Dual axis solar tracker with IoT monitoring system using arduino," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, no. 1, pp. 451–458, 2020.
- [7] A. El Hammoumi, S. Motahhir, A. El Ghzizal, A. Chalh, and A. Derouich, "A simple and low-cost active dual-axis solar tracker," *Energy Sci. Eng.*, vol. 6, no. 5, pp. 607–620, 2018.
- [8] N. Soedjarwanto and O. Zebua, "Sistem Pelacak Energi Surya Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega8535," *J. ELTEK*, vol. 13, no. 1, pp. 11–20, 2017.
- [9] R. Syafrialdi, "Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 dengan Sensor LDR dan Penampil LCD," *J. Fis. Unand*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [10] O. B. Cahyono, M. J. Afroni, and B. M. Basuki, "Monitoring Dan Pengatur Kelembaban Pada Model Green House Tanaman Krisan Menggunakan Telegram Berbasis Internet Of Things (IoT) Di Kota Batu," *Sci. Electro*, vol. 13, no. 1, 2021.
- [11] G. Setiawan, M. J. Afroni, and S. Sugiono, "SMART FARMING TANAMAN SELADA (Romaine) DENGAN SISTEM AEROPONIK BERBASIS IOT," *Informatics, Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 37–49, 2021.
- [12] M. Hariono, M. J. Afroni, and O. Melfazen, "PROTOTIPE KENDALI BEBAN RUMAH MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATmega 328P DENGAN KONSEP IoT SEBAGAI KENDALI JARAK JAUH," *Sci. ELECTRO*, vol. 9, no. 1, 2019.