

Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya Dengan Motor DC Sebagai *Tracking* Matahari

Ike Bayusari¹, Caroline¹, Hermawati¹, Rahmawati¹, M Muhyiyudin¹, M Ichsan Dwi Putranto¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Indralaya, Indonesia

Penulis korespondensi: ichsanputranto@gmail.com

Abstrak— Matahari merupakan sumber energi yang sangat berkaitan bagi kebutuhan manusia, dimana energi tersebut bisa didapatkan dari panas yang merambat sampai permukaan bumi, atau cahaya yang jatuh sampai permukaan bumi. Energi yang bersifat terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi mengingat sumber tersebut sangat melimpah. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dalam penggunaan PLTS sangat penting untuk memperoleh pancaran sinar matahari. Matahari akan terus bergerak ke arah barat setiap harinya sehingga dibutuhkan sistem untuk mengatasi permasalahan ini. Suatu alat *tracking* cahaya matahari dengan penampang yang dapat mengikuti arah datangnya cahaya, sehingga jika ditempatkan modul solar cell di atasnya, energi listrik yang dihasilkan lebih optimal dibandingkan dengan modul solar cell yang menghadap satu arah tertentu saja. Nilai arus maksimum 0,32A, nilai tegangan maksimum 13,74V, dan nilai daya maksimum 4,41W yang dihasilkan panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan nilai dari panel surya tanpa *tracking* dengan nilai arus maksimum 0,25A, nilai tegangan maksimum 11,95V, dan nilai daya maksimum 2,45W.

Kata Kunci : *Tracking, Modul Solar Cell, Panel Surya, Energi Terbarukan*

Abstract— *The sun is a source of energy that is closely related to human needs, where this energy can be obtained from heat that propagates to the earth's surface, or light that falls to the earth's surface. Renewable energy has a very important role in meeting energy needs, considering that this source is very abundant. This is due to the use of fuel for conventional power plants in the long term will deplete sources of petroleum, gas and coal which are depleting and can also cause environmental pollution. One of the efforts that has been developed is the Solar Power Plant (PLTS). In the use of PLTS it is very important to get sunlight. The sun will continue to move west every day so a system is needed to overcome this problem. A solar light tracking device with a cross section that can follow the direction of the light, so that if a solar cell module is placed on it, the generated electrical energy is more optimal compared to a solar cell module which faces only one particular direction. The maximum current value of 0.32A, maximum voltage value of 13.74V, and maximum power value of 4.41W produced by tracking solar panels is greater than the value of solar panels without tracking with a maximum current value of 0.25A, maximum voltage value of 11.95V, and a maximum rated power of 2.45W.*

Keywords: *Tracking, Modul Solar Cell, Solar Panel, Renewable Energy*

I. PENDAHULUAN

Matahari merupakan sumber energi yang sangat berkaitan bagi kebutuhan manusia, dimana energi tersebut bisa didapatkan dari panas yang merambat sampai permukaan bumi, atau cahaya yang jatuh sampai permukaan bumi. Energi surya merupakan sumber energi yang tidak terbatas dan tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Energi listrik merupakan suatu permasalahan yang sangat penting di Indonesia, karena di Indonesia sebagian besar sumber pembangkit energi listriknya. Energi yang bersifat terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi mengingat sumber tersebut sangat melimpah [1]. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS atau lebih dikenal dengan sel surya (*photovoltaic cells*) akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan yang relevan dan di berbagai tempat seperti perkantoran, pabrik, perumahan, sumber energi listrik pada peralatan elektronik yang tidak terjangkau oleh aliran listrik PLN dan lainnya di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8

2 I. Bayusari¹ et al., Peningkatan daya keluaran panel surya dengan motor DC sebagai *tracking* matahari

KWh/m² / hari [2]. Akan tetapi energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem. Beberapa penelitian menyatakan menjaga suhu dipermukaan panel surya sangat penting untuk menjaga efisiensinya [3]. Beberapa permasalahan yang kerap terjadi adalah pergeseran matahari dari arah timur ke barat setiap harinya membuat panel surya tidak terpapar matahari secara maksimal. Berdasarkan permasalahan ini, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan panel surya yang dilengkapi alat *tracking* matahari. Sehingga memperoleh paparan matahari maksimal setiap harinya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sel Surya

Aliran listrik matahari (surya) pertama kali ditemukan oleh Alexander Edmond Beequerel yang merupakan seorang ahli fisika yang berasal dari Jerman pada abad ke-19. Ia menangkap peristiwa dimana secara kebetulan berkas sinar matahari mengenai larutan elektro kimia yang mengakibatkan peningkatan muatan elektron. Setelah satu abad berlalu yakni pada awal abad ke-20, Albert Einstein mulai mengembangkan penemuan tersebut. Einstein menamai penemuan Alexander Edmond Beequerel dengan nama "*Photoelectric effect*" yang menjadi dasar pengertian "*Photovoltaic effect*". Einstein melakukan pengamatan pada sebuah lempeng metal yang melepaskan foton partikel energi cahaya ketika energi matahari mengenainya. Foton-foton tersebut secara terus-menerus mendesak atom metal, sehingga terjadi partikel energi [4].

Fotovoltaik (PV) adalah sektor teknologi dan penelitian yang berhubungan dengan aplikasi panel surya untuk energi dengan mengubah sinar matahari menjadi listrik. Karena permintaan yang terus meningkat terhadap sumber energi bersih, pembuatan panel surya dan kumpulan *fotovoltaik* telah meluas secara dramatis dalam beberapa tahun belakangan ini. Produksi *fotovoltaik* telah berlipat setiap dua tahun, meningkat rata-rata 48 persen tiap tahun sejak 2002, menjadikannya teknologi energi dengan pertumbuhan tercepat di dunia. Pada akhir 2007, menurut data awal, produksi global mencapai 12.400 megawatt. Secara kasar, 90% dari kapasitas generator ini meliputi sistem listrik terikat. Pemasangan seperti ini dilakukan di atas tanah (dan kadang-kadang digabungkan dengan pertanian dan penggarapan) atau dibangun di atap atau dinding bangunan, dikenal sebagai *Building Integrated Photovoltaic* atau BIPV [5].

B. Jenis Motor Listrik

1) Motor AC

Motor AC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan tegangan AC (*Alternating Current*). Motor AC memiliki dua buah bagian utama yaitu "stator" dan "rotor". Stator merupakan komponen Motor AC yang statis. Rotor merupakan komponen Motor AC yang berputar. Motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk mengendalikan kecepatan sekaligus menurunkan konsumsinya [6].

2) Motor Dc

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Dalam Motor DC terdapat dua kumparan yaitu kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan jangkar yang berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik. Jika arus dalam kumparan jangkar berinteraksi dengan medan magnet, akan timbul torsi (T) yang akan memutar motor. Motor DC ini memiliki spesifikasi dengan tegangan 12V, kecepatan mencapai 60rpm dengan arus sebesar 4,5A, panjang panel 170cm, lebar panel 88,5cm dan beban maksimum mencapai 3Kg [7].

C. Sistem Rotasi Matahari

Matahari berbentuk bola yang berpijar dengan senyawa penyusun utama berupa gas hidrogen (74%) dan helium (25%) terionisasi. Senyawa penyusun lainnya terdiri dari besi, nikel, silikon, sulfur, magnesium, karbon, neon, kalsium, dan kromium. Cahaya matahari berasal dari hasil reaksi fusi hidrogen menjadi helium. Berdasarkan penghitungan menggunakan Hukum Newton dengan melibatkan nilai kecepatan orbit bumi, jarak matahari, dan gaya gravitasi, diperoleh massa matahari sebesar 1,989x10³⁰ Kg. Angka tersebut sama dengan 333.000 kali massa bumi. Matahari merupakan bintang yang paling dekat dengan bumi, yaitu berjarak rata-rata 149.600.000 kilometer (92,96 juta mil). Jarak matahari ke bumi ini dikenal sebagai satuan astronomi dan biasa dibulatkan (untuk penyederhanaan hitungan) menjadi 150 juta/km. Berdasarkan penghitungan dengan metode analisis radioaktif, diketahui bahwa batuan bulan, meteorit dan batuan bumi tertua yang pernah ditemukan berusia sekitar 4,6 miliar tahun [8]. Berdasarkan gerak yang dilakukannya, matahari mempunyai dua macam pergerakan, yaitu sebagai berikut :

- Matahari berotasi pada sumbunya selama sekitar 27 hari untuk mencapai satu kali putaran. Gerakan rotasi ini pertama kali diketahui melalui pengamatan terhadap perubahan posisi bintik matahari. Sumbu rotasi matahari miring sejauh 7,25° dari sumbu orbit bumi sehingga kutub utara matahari akan lebih terlihat di bulan September sementara kutub selatan matahari lebih terlihat di bulan Maret. Matahari bukanlah bola padat, melainkan bola gas, sehingga matahari tidak berotasi dengan kecepatan yang seragam. Ahli astronomi mengemukakan bahwa rotasi bagian interior matahari tidak sama dengan bagian permukaannya. Bagian inti dan zona radiatif berotasi bersamaan, sedangkan zona konvektif dan

fotosfer juga berotasi bersama namun dengan kecepatan yang berbeda. Bagian ekuatorial (tengah) memakan waktu rotasi sekitar 24 hari, sedangkan bagian kutubnya berotasi selama sekitar 31 hari [9].

- Matahari dan keseluruhan isi tata surya bergerak di orbitnya mengelilingi galaksi Bimasakti. Gerakan ini dinamakan dengan gerak revolusi matahari. Matahari terletak sejauh 28.000 tahun cahaya dari pusat galaksi Bimasakti. Kecepatan rata-rata pergerakan ini adalah 828.000 km/jam sehingga diperkirakan akan membutuhkan waktu 230 juta tahun untuk mencapai satu putaran sempurna mengelilingi galaksi [9].

D. Proses Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi akibat adanya perbedaan suhu di antara dua tempat yang berbeda. Bahasan utama dalam perpindahan panas ialah cara energi di dalam panas dapat berpindah tempat dan laju perpindahannya dalam kondisi tertentu. Perpindahan panas meliputi proses pemasukan dan pengeluaran panas. Dalam proses industri, perpindahan panas digunakan untuk mencapai suhu yang diperlukan dalam proses industri dan mempertahankan suhu yang dibutuhkan selama proses berlangsung. Perpindahan panas dari suatu benda ke benda lainnya dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Penentu terjadinya perpindahan panas ialah adanya perbedaan suhu. Arah perpindahan panas dimulai dari media dengan suhu tinggi menuju ke media dengan suhu yang lebih rendah. Perpindahan panas dapat terjadi dengan satu proses tunggal maupun proses ganda [10].

1) Konduksi

Konduksi *steady state* (lihat hukum Fourier) adalah bentuk konduksi yang terjadi ketika perbedaan temperatur yang terjadi pada konduksi berlangsung spontan, maka setelah waktu kesetimbangan, distribusi spasial temperatur pada benda terkonduksi tidak berubah-ubah lagi. Pada konduksi *steady state*, jumlah panas yang memasuki suatu bagian sama dengan jumlah panas yang keluar. Konduksi transient muncul ketika temperatur objek berubah sebagai fungsi waktu. Analisis pada sistem transient lebih kompleks dan sering dipakai untuk aplikasi dari analisis numerik oleh komputer [11].

2) Konveksi

Perpindahan panas konveksi atau konveksi adalah perpindahan panas dari satu tempat ke tempat lain karena adanya perpindahan fluida, proses perpindahan panas melalui perpindahan massa. Gerak serempak fluida menambah perpindahan panas pada banyak kondisi, seperti misalnya antara permukaan solid dan permukaan fluida. Konveksi adalah perpindahan panas yang umum pada cairan dan gas. Konveksi bebas muncul ketika gerak fluida disebabkan oleh gaya apung yang berasal dari perbedaan massa jenis akibat perbedaan temperatur di dalam fluida. Konveksi tak bebas adalah istilah yang digunakan ketika aliran di dalam fluida diinduksi oleh benda eksternal, seperti kipas, pengaduk, dan pompa, sehingga menyebabkan konveksi induksi buatan [11].

3) Radiasi

Radiasi termal adalah energi yang dilepaskan oleh benda sebagai gelombang elektromagnetik, karena adanya tumpukan energi termal pada semua benda dengan suhu di atas nol mutlak. Perpindahan panas radiasi dapat berlangsung dalam ruang hampa udara tanpa media apapun. Panas dipindahkan dari sebuah benda dengan suhu yang relatif tinggi ke benda lain dengan suhu yang lebih rendah dengan melintasi ruang. Perpindahan panas secara radiasi tidak memerlukan kontak molekuler. Besarnya energi panas yang berpindah ditentukan oleh besarnya perbedaan suhu antara kedua benda dan karakteristik permukaan masing-masing benda [11].

E. Daya

1) Daya aktif

Daya aktif adalah daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah (W) dan dapat diukur dengan menggunakan alat ukur listrik *Wattmeter*. Daya aktif pada beban *impedansi* (Z), beban *impedansi* pada suatu rangkaian disebabkan oleh beban yang bersifat *resistansi* (R) dan *induktansi* (L). Maka gelombang mendahului gelombang arus sebesar ϕ . Perkalian gelombang tegangan dan gelombang arus menghasilkan dua puncak positif yang besar dan dua puncak negatif yang kecil. Pergeseran sudut fasa bergantung seberapa besar nilai dari komponennya [3].

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

Kerangan :

P = Daya aktif (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus listrik (A)

$\cos \phi$ = Faktor daya

2) *Daya Reaktif*

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif. Satuan daya reaktif adalah VAR (*Volt.Amper Reaktif*). Untuk menghemat daya reaktif dapat dilakukan dengan memasang kapasitor pada rangkaian yang memiliki beban bersifat induktif. Hal serupa sering dilakukan pada pabrik-pabrik yang menggunakan motor banyak menggunakan beban berupa motor-motor listrik [3]. Persamaan daya reaktif :

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \tag{2}$$

Keterangan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = Arus listrik (A)

sin φ = Faktor reaktif

3) *Daya Semu*

Daya semu adalah daya yang dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus listrik. Daya nyata merupakan daya yang diberikan oleh PLN kepada konsumen. Satuan daya nyata adalah VA (*Volt.Ampere*) [5]. Beban yang bersifat daya semu adalah beban yang bersifat *resistansi* (R), contoh : lampu pijar, setrika listrik, kompor listrik dan lain sebagainya. Peralatan listrik atau beban pada rangkaian listrik yang bersifat *resistansi* tidak dapat dihemat karena tegangan dan arus listrik se fasa perbedaan sudut fasa adalah 0° dan memiliki nilai *faktor daya* adalah 1 [3]. Berikut ini persamaan daya semu :

$$S = V \times I \tag{3}$$

Keterangan :

S = Daya semu (VA)

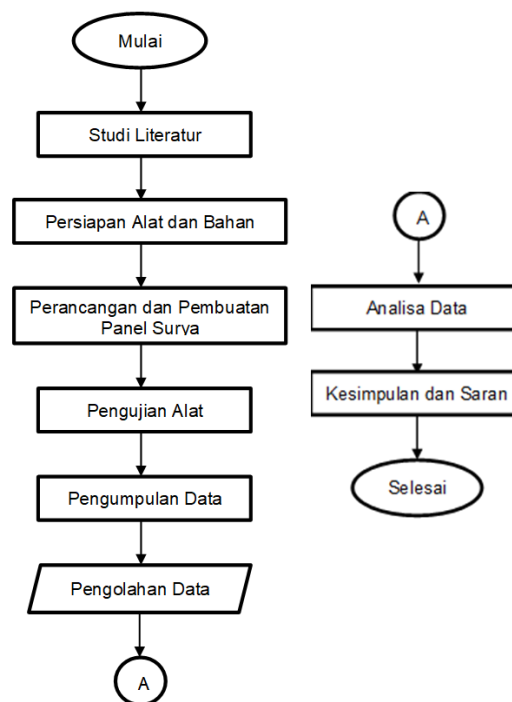
V = Tegangan (V)

I = Arus listrik (A)

III. METODOLOGI PENELITIAN

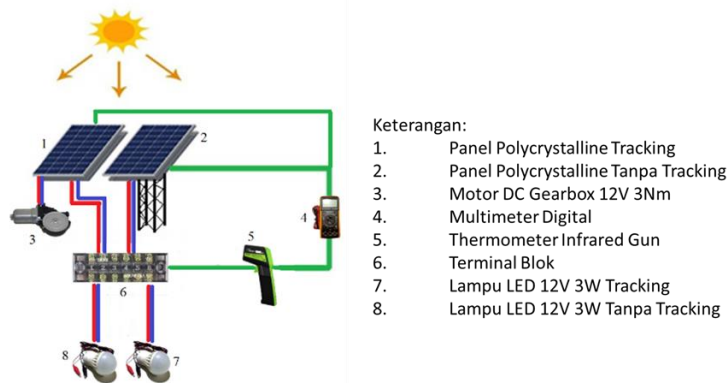
Penelitian ini dilakukan di Komplek Pertamina Refinery Unit III Plaju, Sumatera Selatan dan dimulai dari bulan Desember 2021. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian bermula dari studi literatur mengenai panel surya, mempersiapkan alat dan bahan. Selanjutnya dimulai proses perancangan dan perakitan. Setelah alat uji selesai dirancang dilakukan pengujian dan pengambilan data arus, tegangan dan temperature. Selanjutnya, data diolah dan dianalisis untuk memperoleh kesimpulan dari penelitian

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

B. Skema Pengambilan Data



Gambar 2. Skema pengambilan data

Bedasarkan Gambar 2 skematik di atas, Panel Polycrystalline dengan *Tracking* dan tanpa *tracking* dipasang secara bersamaan. Pada Panel *Polycrystalline dengan Tracking* telah dilengkapi motor DC dengan gearbox untuk menggerakkan panel sehingga dapat mengikuti arah matahari yang diharapkan memperoleh paparan sinar matahari yang lebih banyak. Kedua panel ini dilakukan pengukuran arus, tegangan serta temperature setiap jamnya dan dirata-rata untuk setiap harinya.

Rancangan solar tracker yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Gambar pertama menunjukkan bentuk mekanik *solar tracker* yang menggunakan satu sumbu horizontal, dimana sumbu tersebut ditempatkan pada posisi tengah panel surya. Ujung panel surya dihubungkan dengan tuas Motor DC *Gearbox* 12V yang akan menggerakkan panel surya naik turun sesuai dengan waktu kerja motor, penyusunan rangkaian yang terdiri dari Terminal Blok 6x6 sebagai penghubung rangkaian, dan lampu LED 12V. Untuk panel pertama menggunakan sistem *tracking* dimana panel *tracking* tersebut menggunakan satu sumbu horizontal sumbu tersebut ditempatkan pada posisi tengah panel surya, ujung panel surya dihubungkan dengan tuas Motor DC yang akan menggerakkan panel surya naik turun sesuai dengan waktu kerja motor, panel surya kedua berada di posisi yang tetap.



Gambar 3. Alat penelitian

Setelah penyusunan rangkaian panel surya di kerangka selesai, selanjutnya dilakukan pengaturan pada *controller* untuk mendapatkan gerakan panel surya sesuai dengan pergerakan matahari. Gerakan panel surya dirancang setiap 30 menit dengan rentang gerakan sesuai dengan perubahan posisi matahari setiap 30 menit untuk daerah Sumatera. Posisi matahari referensi untuk daerah Sumatera bergerak sebesar $7,5^\circ$ setiap 30 menit. Waktu kerja *solar tracker* dirancang mulai jam 09.00 WIB dengan kemiringan posisi matahari sebesar 45° sampai sore hari pukul 16.00 WIB dengan kemiringan posisi matahari sebesar 150° . Posisi panel surya diukur dengan menggunakan busur.

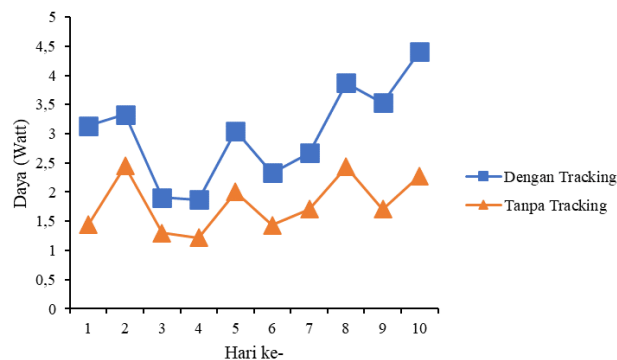
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh data rata-rata harian yang ditunjukkan pada Table 1 mengenai arus, tegangan serta temperature yang diukur pada kondisi dengan menggunakan *tracking* dan tanpa menggunakan *tracking*.

TABLE I. DATA RATA-RATA PENELITIAN

Hari	Panel Tracking				Panel Tanpa Tracking			
	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)	Temperatur (°C)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)	Temperatur (°C)
1	0,29	10,71	3,14	31,17	0,15	8,92	1,45	29,03
2	0,31	10,23	3,33	31,46	0,25	9,39	2,45	28,87
3	0,2	9,51	1,91	30,32	0,14	8,97	1,3	28,76
4	0,18	10,14	1,87	30,46	0,13	8,97	1,22	28,65
5	0,27	10,86	3,05	31,47	0,21	8,93	2	29,02
6	0,26	8,84	2,33	29,45	0,19	6,91	1,43	27
7	0,26	9,85	2,67	30,46	0,2	7,92	1,71	28,01
8	0,29	12,88	3,87	33,56	0,23	10,95	2,43	30,97
9	0,29	11,72	3,53	32,18	0,16	9,93	1,71	30,04
10	0,32	13,74	4,41	34,2	0,18	11,95	2,28	31,99

Hasil rata-rata panel surya 10 WP dengan *solar tracker*, menggunakan panel surya *tracking* diperoleh arus listrik terbesar pada hari ke-10 sebesar 0,32A, tegangan terbesar pada hari ke-10 sebesar 13,74V, dan daya terbesar pada hari ke-10 sebesar 4,41W. Pada panel surya tanpa *tracking* diperoleh arus terbesar pada hari ke-2 sebesar 0,25A, tegangan terbesar pada hari ke-10 sebesar 11,95V, dan daya terbesar pada hari ke-2 sebesar 2,45W, dan nilai arus, nilai tegangan, dan nilai daya terbesar terjadi pada waktu 12.30 sampai 13.00. Nilai arus dan tegangan pada panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan nilai arus dan tegangan pada panel surya tanpa *tracking* dikarenakan panel surya *tracking* dapat menerima sinar matahari lebih besar dengan luas permukaan panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan luas permukaan panel surya tanpa *tracking* sehingga nilai arus dan tegangan lebih besar dibandingkan panel surya tanpa *tracking* dengan posisi tetap tanpa mengikuti pergerakan sinar matahari. Dapat dilihat pada Gambar 4, nilai daya pada panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan nilai daya pada panel surya tanpa *tracking* dikarenakan nilai arus dan nilai tegangan pada panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan nilai arus dan nilai tegangan pada panel surya tanpa *tracking*. Rata-rata peningkatan daya yang diperoleh dengan menggunakan *tracking* adalah sebesar 68%.



Gambar 4. Daya yang dihasilkan panel surya setiap hari

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Panel surya dengan *tracking* matahari memperoleh perbedaan yang signifikan jika dibandingkan tanpa alat *tracking*. Arus panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan panel surya tanpa *tracking*, nilai arus rata-rata panel surya *tracking* sebesar 0,26A, dan nilai arus rata-rata panel surya tanpa *tracking* sebesar 0,18A. Tegangan panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan panel surya tanpa *tracking*, nilai tegangan rata-rata panel surya *tracking* sebesar 10,84V, dan nilai tegangan rata-rata panel surya tanpa *tracking* sebesar 9,28V. Perancangan panel surya *tracking* lebih baik dibandingkan panel surya tanpa *tracking* dikarenakan panel surya *tracking* dapat menerima sinar matahari lebih besar dengan luas permukaan panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan luas permukaan panel surya tanpa *tracking* sehingga nilai arus dan tegangan lebih besar dibandingkan panel surya tanpa *tracking* dengan posisi tetap tanpa mengikuti pergerakan sinar matahari. Daya panel surya *tracking* yang diperoleh lebih besar dibandingkan panel surya tanpa *tracking*, nilai daya rata-rata panel surya *tracking* sebesar 3,01W, dan nilai daya rata-rata panel surya tanpa *tracking* sebesar 1,79W, nilai daya pada panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan nilai daya pada panel surya tanpa *tracking*

dikarenakan nilai arus dan nilai tegangan pada panel surya *tracking* lebih besar dibandingkan nilai arus dan nilai tegangan pada panel surya tanpa *tracking*, itu sebabnya nilai dayanya lebih besar.

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan riset lebih lanjut mengenai sistem *tracking* matahari menggunakan *timer* diganti menggunakan sistem sensor sinar matahari. Selain itu, variasi kemiringan dan ketinggian dari kerangka lebih diperhatikan lagi dan dapat menggunakan Motor DC untuk beban yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. P. T. D. Priatam, M. F. Zambak, S. Suwarno, and P. Harahap, "Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 48-54, 2021.
- [2] I. A. Medina, I. Giriantari, and I. Sukerayasa, "Kajian dan Evaluasi Sistem Suplai Energi Listrik PLTS dan PLTB di Kampus Teknik Elektro Universitas Udayana Bukit Jimbaran Bali," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 3, pp. 311-318, 2018.
- [3] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya yang Dihasilkan dari Berbagai Jenis Sel Surya," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 73-80, 2020.
- [4] H. Asy'ari, "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya," 2012.
- [5] D. S. Mintorogo, "Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaic Cells) pada Perumahan dan Bangunan Komersial," *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, vol. 28, no. 2, 2004.
- [6] N. Nalaprana and A. Sri, "Analisa Motor DC (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik," *Universitas Sriwijaya, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik*, 2015.
- [7] R. Birdayansyah, N. Soedjarwanto, and O. Zebua, "Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Electrician*, vol. 9, no. 2, pp. 97-108, 2015.
- [8] D. E. Myori, R. Mukhaiyar, and E. Fitri, "Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic," *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 9-16, 2019.
- [9] A. I. Ramadhan, E. Diniardi, and S. H. Mukti, "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," *Jurnal Teknik*, vol. 37, no. 2, pp. 59-63, 2016.
- [10] I. Sulaiman and N. El Husna, *Perpindahan Kalor dan Massa*. Syiah Kuala University Press, 2012.
- [11] A. Walujodjati, "Perpindahan Panas Konveksi Paksa," *Majalah Ilmiah Momentum*, vol. 2, no. 2, 2006.