

Komparasi Unjuk Kerja Hubungan Seri, Paralel, dan Seri Paralel pada Panel Surya

Jola Diva Humaira ^{*1}

¹Pendidikan Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
JL. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar Padang 25131. Telp/Fax(0751)7055644,445998,

* e-mail: joladivahumaira1@gmail.com.

(Diajukan: 19 Januari 2023, direvisi: 03 Februari 2023, disetujui: 07 Februari 2023)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi unjuk kerja panel surya pada hubungan seri, paralel, dan seri paralel dengan membandingkan arus dan tegangan keluaran pada kondisi pencahayaan yang berbeda. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat untuk pengembangan panel surya yang lebih efektif dan efisien dalam menghasilkan energi listrik dari sinar matahari. Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan aplikasi PSIM. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang konfigurasi hubungan antar sel-sel surya yang paling efektif dalam menghasilkan listrik dari panel surya.

Kata Kunci: Seri, Paralel, Panel Surya, Arus, Tegangan.

Abstract

This study aims to evaluate the performance of solar panels in series, parallel, and series-parallel connections by comparing the output current and voltage under different lighting conditions. The results of this research are expected to provide useful information for the development of more effective and efficient solar panels in generating electricity from sunlight. This study uses a simulation method with the PSIM application. The results of this study are expected to provide an overview of the most effective configuration of relationships between solar cells in generating electricity from solar panels.

Keywords: Series, Parallel, Solar Panel, Current, Voltage.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan semakin diminati oleh banyak orang. Menurut penelitian, dalam satu dekade terakhir tingkat pemakaian energi surya di Indonesia terus meningkat hingga mencapai 60% [1]. Sumber energi tak terbarukan seperti minyak bumi, gas bumi, dan batubara lama kelamaan akan habis [2][3]. Selain itu, produksi bahan bakar fosil mengakibatkan dampak *global warming* dan kenaikan harga listrik yang sangat tinggi [4]. Oleh karena itu, energi surya menjadi salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil yang semakin menipis. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi, pemanfaatan energi surya semakin ditingkatkan dengan mengoptimalkan unjuk kerja panel surya. Proses konversi energi surya menjadi energi listrik dilakukan dengan bantuan *photovoltaic* (PV) [5][6]. Kinerja melalui sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* dalam menyerap energi matahari yang mengakibatkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan [4].

Pada panel surya, konfigurasi hubungan antar panel surya sangat mempengaruhi kinerja panel surya itu sendiri. Terdapat beberapa konfigurasi hubungan antar panel surya yang dapat digunakan, antara lain hubungan seri, paralel, dan seri paralel. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi unjuk kerja panel surya pada hubungan seri, paralel, dan seri paralel dengan membandingkan arus dan tegangan keluaran pada kondisi pencahayaan yang berbeda. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat untuk pengembangan panel surya yang lebih efektif dan efisien dalam menghasilkan energi listrik dari sinar matahari. Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan aplikasi PSIM. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang konfigurasi hubungan antar panel surya yang paling efektif dalam menghasilkan listrik dari panel surya. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa untuk memperoleh arus yang maksimal pada panel surya, diperlukan rangkaian seri, sedangkan untuk memperoleh tegangan yang maksimal, diperlukan rangkaian paralel. Namun, jika kedua rangkaian tersebut digabungkan, maka daya yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan hanya menggunakan satu jenis rangkaian saja. Hal ini disebabkan karena arus dan tegangan sama-sama mengalami kenaikan, sehingga daya yang dihasilkan pada panel surya menjadi lebih maksimal.

Rangkaian Seri Panel Surya

Rangkaian seri panel surya merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan. Rangkaian seri panel surya terhubung jika bagian (+) panel surya pertama terhubung ke bagian (-) panel surya kedua sehingga arus yang mengalir pada setiap panel surya sama besar. Tegangan total yang dihasilkan pada rangkaian seri akan sama dengan jumlah tegangan pada setiap panel surya yang dihubungkan. Oleh karena itu, rangkaian seri cocok digunakan jika tujuan utama adalah untuk memperoleh tegangan keluaran yang tinggi. Keuntungan dari penggunaan rangkaian seri adalah daya listrik yang dihasilkan menjadi lebih tinggi, sehingga rangkaian seri cocok digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan tegangan tinggi seperti pada sistem tenaga surya yang besar. Selain itu, dengan menggunakan rangkaian seri, akan lebih mudah dalam melakukan

pemantauan kinerja setiap sel surya, sehingga memudahkan dalam melakukan perawatan dan penggantian jika terjadi kerusakan pada salah satu sel surya.

Namun, penggunaan rangkaian seri juga memiliki kelemahan. Jika terdapat salah satu panel surya yang tidak berfungsi dengan baik, maka seluruh rangkaian panel surya pada rangkaian seri tersebut akan mengalami penurunan performa. Selain itu, jika terdapat perbedaan intensitas cahaya pada setiap panel surya, maka arus yang dihasilkan akan menjadi tidak seimbang sehingga mengurangi performa panel surya secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemilihan rangkaian seri pada panel surya perlu dipertimbangkan secara matang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penggunaannya.

Untuk mencari tegangan total panel surya yang terhubung secara seri, dapat menggunakan persamaan[7][8];

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (1)$$

V_{total} merupakan tegangan total yang dihasilkan oleh seluruh panel surya yang terhubung dalam rangkaian seri.

Untuk mencari arus total pada rangkaian panel surya yang terhubung secara seri, arus yang mengalir melalui setiap panel surya adalah sama dan dapat dihitung menggunakan persamaan;

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (2)$$

I_{total} merupakan arus listrik total yang dihasilkan oleh seluruh panel surya yang terhubung dalam rangkaian seri.

Rangkaian Paralel Panel Surya

Rangkaian paralel panel surya merupakan salah satu cara untuk memaksimalkan arus listrik yang dihasilkan oleh beberapa panel surya yang terhubung secara paralel. Dalam rangkaian ini, bagian positif (+) dan negatif (-) dari setiap panel surya dihubungkan ke dalam satu rangkaian paralel. Tujuan dari penyusunan panel surya hubungan paralel ini adalah untuk memenuhi kebutuhan arus listrik yang besar dengan tegangan yang tetap. Setiap panel surya yang terhubung dalam rangkaian paralel akan menghasilkan tegangan listrik dan arus listrik saat terkena sinar matahari. Tegangan yang dihasilkan oleh setiap panel surya dalam rangkaian paralel akan sama karena masing-masing panel surya menerima sumber sinar matahari yang sama. Namun, arus listrik dari setiap panel surya akan ditambahkan bersama-sama untuk menghasilkan arus total yang lebih besar pada rangkaian.

Namun, perlu diingat bahwa penggunaan rangkaian paralel pada panel surya juga memiliki kelemahan seperti resistansi internal panel surya, yang dapat mempengaruhi kinerja panel surya secara keseluruhan. Saat panel surya dihubungkan secara paralel, setiap panel surya memiliki resistansi internal yang berbeda, sehingga dapat menghasilkan arus yang tidak merata pada setiap panel surya. Penggunaan rangkaian paralel pada panel surya juga memiliki kelemahan, yaitu resistansi internal panel surya yang dapat mempengaruhi kinerja panel surya secara keseluruhan. Saat panel surya dihubungkan secara paralel, setiap panel surya memiliki resistansi internal yang berbeda, sehingga dapat menghasilkan arus yang tidak merata pada setiap panel surya.

Untuk menghitung tegangan antar panel surya yang terhubung secara paralel, dapat menggunakan persamaan [7][8] :

$$V_{total} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (3)$$

V_{total} merupakan tegangan total yang dihasilkan oleh seluruh panel surya yang terhubung dalam rangkaian paralel.

Sementara itu, untuk menghitung arus listrik yang dihasilkan oleh rangkaian paralel panel surya, dapat menggunakan persamaan :

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (4)$$

I_{total} merupakan arus listrik total yang dihasilkan oleh seluruh panel surya yang terhubung dalam rangkaian paralel.

Rangkaian Seri Paralel Panel Surya

Rangkaian seri paralel pada panel surya digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi surya dengan cara meningkatkan tegangan dan arus secara bersamaan. Pada rangkaian seri paralel, beberapa panel surya dihubungkan secara seri untuk menghasilkan tegangan yang lebih besar, dan beberapa rangkaian seri tersebut dihubungkan secara paralel untuk meningkatkan arus yang dihasilkan.

Tegangan total pada rangkaian seri paralel dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (5)$$

V_{total} merupakan tegangan total yang dihasilkan oleh seluruh panel surya yang terhubung dalam rangkaian seri paralel.

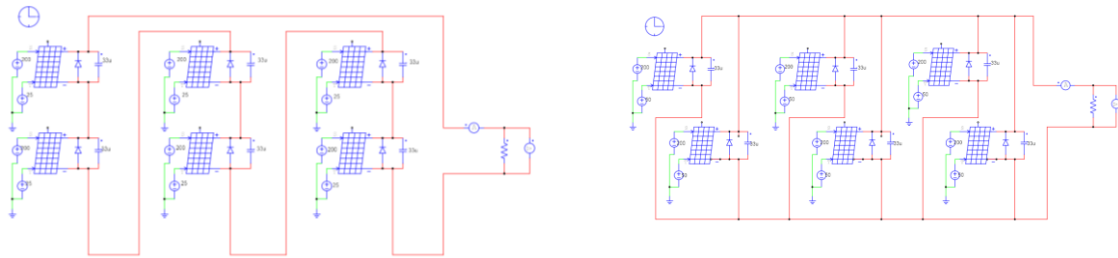
Sedangkan untuk menghitung arus total yang dihasilkan pada rangkaian seri paralel, dapat menggunakan persamaan :

$$I_{total} = (I_1 \times n) = (I_2 \times n) = (I_3 \times n) = \dots = (I_n \times n) \quad (6)$$

I_n mewakili arus yang dihasilkan oleh masing-masing panel surya dan n mewakili jumlah panel surya yang dihubungkan secara seri pada setiap rangkaian.

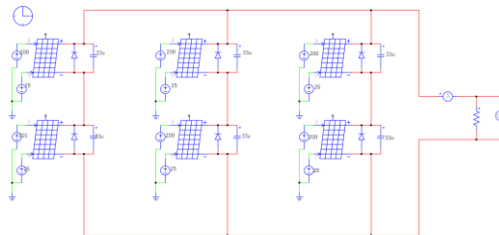
METODE

Penelitian ini menggunakan metode simulasi percobaan untuk membandingkan keluaran tiga jenis hubungan pada panel surya yaitu hubungan seri, paralel, dan seri paralel. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software PSIM, dengan panel surya yang disusun 2×3 dan intensitas pencahayaan bervariasi dari 200 hingga 2000 W/m², serta input temperatur 25°C sebagai kondisi standar [9][10]. Sebagai beban, digunakan kapasitor 33uF dan resistor 1000 ohm, dan dioda digunakan pada setiap modul surya untuk mencegah arus balik yang dapat merusak panel surya. Parameter yang diukur adalah arus I dan tegangan maksimal V_p . Berikut ini rangkaian simulasi seri (a), paralel (b), dan seri paralel (c) pada PSIM seperti pada gambar (a) (b) (c)



(a)

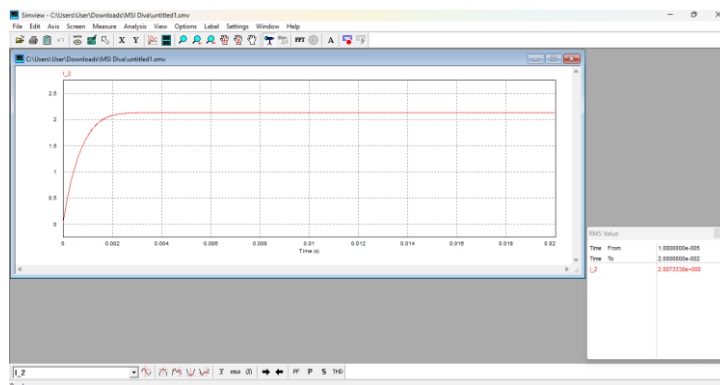
(b)



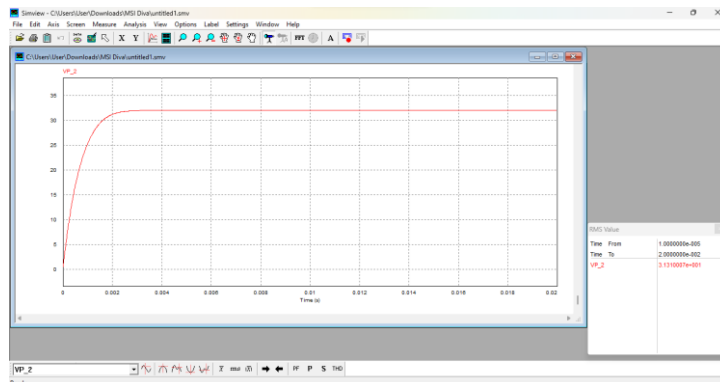
(c)

Rangkaian panel surya hubungan seri (a) paralel (b) seri paralel (c)

Data setelah di simulasikan akan muncul dalam bentuk grafik dan angka yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pengukuran Arus pada PSIM



Gambar 2. Grafik Pengukuran Tegangan pada PSIM

Tampilan data tersebut di catat pada tabel, untuk pengukuran daya keluaran panel surya dapat dicari dengan rumus persamaan[11] ;

$$P = V \times I \quad (5)$$

Dengan :

P : Daya output panel surya (W)

V : Tegangan output panel surya (V)

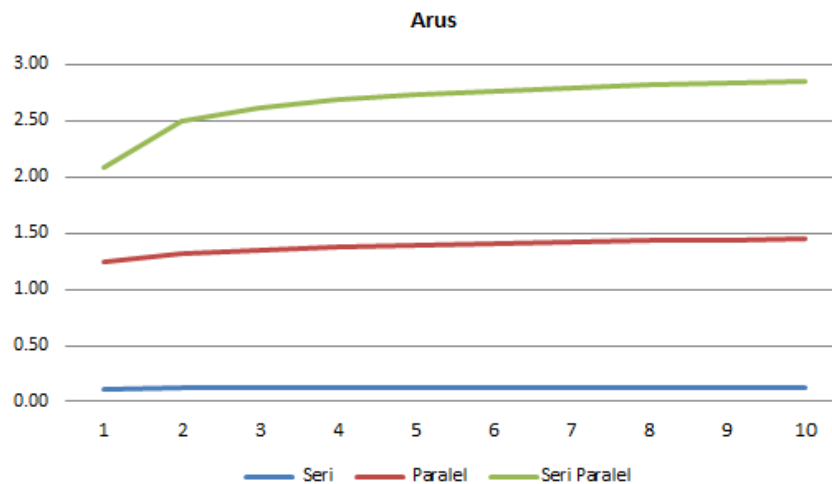
I : Arus output panel surya (A)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data output panel surya berupa perbandingan hasil keluaran arus, tegangan, dan daya panel surya pada hubungan seri, paralel, dan seri paralel panel surya dapat dilihat sebagai berikut;

1. Arus pada Panel Surya

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada PSIM, grafik arus yang dihasilkan pada panel surya hubungan seri, paralel, dan seri paralel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Arus Hubungan Seri, Paralel, dan Seri Paralel

Grafik diatas menunjukkan hasil pengukuran arus pada panel surya menggunakan hubungan seri, paralel, dan seri paralel. Masing – masing dilakukan sebanyak 10 kali percobaan pada aplikasi PSIM dengan mengatur intensitas pencahayaan. Temperatur yang digunakan sebesar 25°C. Panel surya dengan konfigurasi 2 × 3 disusun secara seri, paralel, dan seri paralel. Hasil percobaan menunjukkan data sebagai berikut:

Pada saat panel surya dihubungkan secara seri, percobaan pertama dengan intensitas pencahayaan 200 W/m² menghasilkan arus sebesar 0.11 A. Pada percobaan kedua dengan intensitas pencahayaan 400 W/m², arus yang dihasilkan adalah 0.12 A. Pada percobaan ketiga dengan intensitas pencahayaan 600 W/m², arus yang terukur tetap sebesar 0.12 A. Pada percobaan keempat dengan intensitas pencahayaan 800 W/m², arus yang dihasilkan juga tetap sebesar 0.12 A. Percobaan kelima hingga kesepuluh dengan intensitas pencahayaan 1000 W/m² hingga 2000 W/m², arus yang dihasilkan selalu sebesar 0.13 A. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat kenaikan arus yang signifikan pada panel surya dengan hubungan seri.

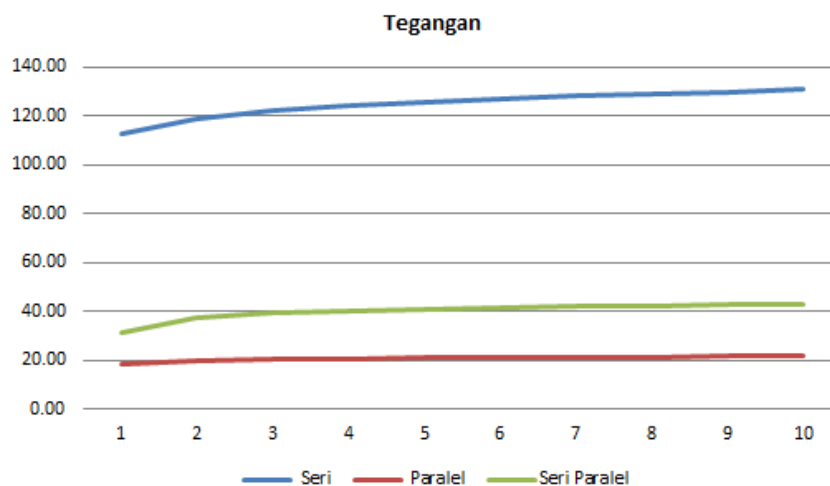
Pada saat panel surya dihubung secara paralel, percobaan pertama dengan intensitas pencahayaan 200 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.24 A. Pada percobaan kedua dengan intensitas pencahayaan 400 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.31 A. Pada percobaan ketiga dengan intensitas pencahayaan 600 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.35 A. Pada percobaan keempat dengan intensitas pencahayaan 800 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.37 A. Pada percobaan kelima dengan intensitas pencahayaan 1000 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.39 A. Pada percobaan keenam dengan intensitas pencahayaan 1200 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.41 A. Pada percobaan ketujuh dengan intensitas pencahayaan 1400 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.42 A. Pada percobaan kedelapan dengan intensitas pencahayaan 1600 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.43 A, percobaan kesembilan dengan intensitas pencahayaan 1800 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.44 A. Pada percobaan kesepuluh dengan intensitas pencahayaan 2000 W/m^2 diperoleh arus sebesar 1.45 A. Dalam hal ini, arus yang dihasilkan pada panel surya hubungan paralel lebih besar dibandingkan hubungan seri.

Pada saat panel surya dihubung secara seri paralel, percobaan pertama dengan intensitas pencahayaan 200 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.09 A. Pada percobaan kedua dengan intensitas pencahayaan 400 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.50 A. Pada percobaan ketiga dengan intensitas pencahayaan 600 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.62 A. Percobaan keempat dengan intensitas pencahayaan 800 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.68 A. Pada percobaan kelima dengan intensitas pencahayaan 1000 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.73 A. Pada percobaan keenam dengan intensitas pencahayaan 1200 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.76 A. Pada percobaan ketujuh dengan intensitas pencahayaan 1800 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.79 A. Pada percobaan kedelapan dengan intensitas pencahayaan 1600 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.82 A. Pada percobaan kesembilan dengan intensitas pencahayaan 1800 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.84 A. Pada percobaan kesepuluh dengan intensitas pencahayaan 2000 W/m^2 diperoleh arus sebesar 2.86 A.

Hal ini menunjukkan bahwa hubungan paralel lebih efektif dalam menghasilkan arus listrik yang lebih besar dibandingkan dengan hubungan seri. Namun, pada panel surya yang dihubung secara seri paralel, terdapat peningkatan arus yang cukup signifikan dibandingkan hubungan paralel seiring dengan peningkatan intensitas pencahayaan. Oleh karena itu, hubungan seri paralel dapat dijadikan pilihan yang tepat jika ingin lebih memaksimalkan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

2. Tegangan pada Panel Surya

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan pada PSIM, grafik tegangan yang dihasilkan pada panel surya hubungan paralel dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengukuran Arus, Tegangan, Dan Daya Hubungan Paralel

Grafik diatas menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada panel surya menggunakan hubungan seri, paralel, dan seri paralel. Setiap konfigurasi dilakukan sebanyak 10 percobaan pada aplikasi PSIM dengan variasi intensitas pencahayaan yang berbeda. Temperatur yang digunakan sebesar 25°C . Panel surya dengan konfigurasi 2×3 disusun secara seri, paralel, dan seri paralel. Kemudian, hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk grafik pada monitor PSIM. Hasil percobaan menunjukkan data sebagai berikut:

Pada saat panel surya disusun secara seri, percobaan pertama diberikan intensitas pencahayaan 200 W/m^2 diperoleh tegangan sebesar 112.87 V . Pada percobaan kedua dengan intensitas pencahayaan 400 W/m^2 tegangan terukur sebesar 118.84 V . Pada percobaan ketiga dengan intensitas pencahayaan 600 W/m^2 tegangan terukur sebesar 122.00 V . Pada percobaan keempat dengan intensitas pencahayaan 800 W/m^2 tegangan terukur sebesar 124.15 V . Pada percobaan kelima dengan intensitas pencahayaan 1000 W/m^2 tegangan yang terukur sebesar 125.78 V . Pada percobaan keenam dengan intensitas pencahayaan 1200 W/m^2 tegangan terukur sebesar 127.09 V . Pada percobaan ketujuh dengan intensitas pencahayaan 1400 W/m^2 , tegangan terukur sebesar 128.18 V . Pada percobaan kedelapan dengan intensitas pencahayaan 1600 W/m^2 tegangan terukur sebesar 129.12 V . Pada percobaan kesembilan dengan intensitas pencahayaan 1800 W/m^2 tegangan terukur sebesar 129.95 V . Pada percobaan kesepuluh dengan intensitas pencahayaan 1400 W/m^2 tegangan terukur sebesar 130.68 V . Berdasarkan hasil percobaan, tegangan yang dihasilkan pada panel surya yang disusun secara seri menunjukkan kenaikan dan nilai yang lebih besar.

Pada saat panel surya disusun secara paralel, percobaan pertama diberikan intensitas pencahayaan 200 W/m^2 diperoleh tegangan sebesar 18.60 V . Pada percobaan kedua dengan intensitas pencahayaan 400 W/m^2 tegangan terukur sebesar 19.69 V . Pada percobaan ketiga dengan intensitas pencahayaan 600 W/m^2 tegangan terukur sebesar 20.25 V . Pada percobaan keempat dengan intensitas pencahayaan 800 W/m^2 tegangan terukur sebesar 20.62 V . Pada percobaan kelima dengan intensitas pencahayaan 1000 W/m^2 tegangan terukur sebesar 20.90 V . Pada percobaan keenam dengan intensitas pencahayaan 1200 W/m^2 tegangan terukur sebesar 21.12 V . Pada percobaan ketujuh dengan intensitas pencahayaan 1400 W/m^2 tegangan terukur sebesar 21.31 V . Pada percobaan kedelapan dengan intensitas pencahayaan 1600 W/m^2 tegangan terukur

sebesar 21.47 V. Pada percobaan kesembilan dengan intensitas pencahayaan 1800 W/m² tegangan terukur sebesar 21.61 V. Pada percobaan dengan intensitas pencahayaan 2000 W/m² tegangan terukur sebesar 21.73 V. Berdasarkan hasil percobaan, tegangan yang dihasilkan panel surya dalam konfigurasi paralel lebih kecil dibandingkan dalam konfigurasi seri.

Pada saat panel surya disusun secara seri paralel, percobaan pertama diberikan intensitas pencahayaan 200 W/m² diperoleh tegangan sebesar 31.31 V. Pada percobaan kedua dengan intensitas pencahayaan 400 W/m² tegangan terukur sebesar 37.54 V. Pada percobaan ketiga dengan intensitas pencahayaan 600 W/m² tegangan terukur sebesar 39.26 V. Pada percobaan keempat tegangan dengan intensitas pencahayaan 800 W/m² tegangan terukur sebesar 40.24 V. Pada percobaan kelima dengan intensitas pencahayaan 1000 W/m² tegangan terukur sebesar 40.93 V. Pada percobaan keenam dengan intensitas pencahayaan 1200 W/m² tegangan terukur sebesar 41.46 V. Pada percobaan ketujuh dengan intensitas pencahayaan 1400 W/m² tegangan terukur sebesar 41.89 V. Pada percobaan kedelapan dengan intensitas pencahayaan 1600 W/m² tegangan terukur sebesar 42.25 V. Pada percobaan kesembilan dengan intensitas pencahayaan 1800 W/m², tegangan terukur sebesar 21.61 V, dan pada percobaan kesepuluh dengan intensitas pencahayaan 2000 W/m², tegangan terukur sebesar 21.73 V.

Dari hasil percobaan ini, dapat disimpulkan bahwa hubungan seri lebih cocok digunakan jika tujuannya adalah untuk menghasilkan tegangan yang lebih tinggi. Sedangkan pada panel surya hubungan paralel tegangan yang dihasilkan kecil dibandingkan hubungan seri. Namun, panel surya hubungan seri paralel menghasilkan tegangan yang cukup tinggi dibandingkan hubungan paralel.

3. Daya pada Panel Surya

Berdasarkan pengukuran arus dan tegangan diatas, daya output panel surya dapat ditemukan menggunakan persamaan (5):

$$P = V \times I \quad (5)$$

Untuk lebih jelasnya, dapat ditambahkan keterangan sebagai berikut :

$$P_s = V_s \times I_s \quad (6)$$

$$P_P = V_P \times I_P \quad (7)$$

$$P_{SP} = V_{SP} \times I_{sp} \quad (8)$$

Keterangan :

S : Seri

P : Paralel

SP : Seri Paralel

Hasil perhitungan daya yang diperoleh dengan mengalikan arus dan tegangan yang di peroleh pada pengukuran diatas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Daya Rangkaian Seri, Paralel, dan Seri Paralel

Intensitas Pencahayaan (W/m ²)	Daya Seri (W)	Daya Paralel (W)	Daya Seri Paralel (W)
200	12.74	23.05	65.35
400	14.12	25.85	93.95
600	14.88	27.33	102.74
800	15.41	28.34	107.97
1000	15.82	29.12	111.69
1200	16.15	29.74	114.60
1400	16.43	30.27	116.97
1600	16.67	30.73	118.99
1800	16.89	31.13	120.74
2000	17.08	31.49	122.28

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat perbandingan daya yang dihasilkan panel surya ketiga hubungan tersebut. Pada panel surya hubungan seri, daya yang dihasilkan oleh panel surya akan lebih kecil dibandingkan dengan hubungan paralel. Namun, pada hubungan seri paralel, perolehan daya tertinggi dapat dicapai karena kombinasi antara pengaturan seri dan paralel tersebut dapat memaksimalkan pengambilan energi dari panel surya. Oleh karena itu, penggunaan hubungan seri paralel pada panel surya dapat mengoptimalkan pengambilan daya yang dihasilkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan ini, dapat disimpulkan bahwa penyusunan panel surya dengan hubungan seri lebih baik jika tujuannya adalah untuk menghasilkan tegangan yang lebih tinggi. Namun, jika tujuannya adalah untuk menghasilkan arus yang lebih tinggi, maka penyusunan panel surya dengan hubungan paralel lebih baik. Selain itu, hubungan seri paralel dapat digunakan sebagai alternatif jika ingin memperoleh tegangan yang cukup tinggi namun dengan arus yang masih memadai. Dengan memahami hubungan seri, paralel, dan seri paralel pada panel surya, dapat membantu dalam memilih konfigurasi yang paling tepat untuk memaksimalkan efisiensi panel surya sesuai dengan kebutuhan.

REFERENSI

- [1] B. R. P. D. Palevi, C. Saleh, and C. D. Megawati, "Perancangan Sistem Pemantauan Uji Karakteristik Daya Keluaran Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline untuk Kepentingan Riset dan Pendidikan," *Pros. SENIATI*, vol. 6, no. 3, pp. 507–512, 2022, doi: 10.36040/seniati.v6i3.5087.
- [2] F. Fadlioni, B. Budiyanto, and H. Isyanto, "Simulasi Karakteristik Listrik Dari Sel Surya Yang Terhubung Secara Paralel Dan Pengujiannya Secara Eksperimen," *Pros. Semnastek*, vol. TE-006, pp. 1–5, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3489>
- [3] S. Yuliananda, G. Sarya, and R. Retno Hastijanti, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," *J. Pengabd. LPPM*

Untag Surabaya Nop., vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.

- [4] Safrizal, “RANCANGAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK Jurnal DISPROTEK,” *J. Disprotek*, vol. 8, no. 2, pp. 75–81, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.unisnu.ac.id/JDPT/article/download/544/861>
- [5] Asnil, Krismadinata, I. Husnaini, and E. Astrid, “Characteristics of photovoltaic modules in various configurations for partial shading conditions,” *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 99, no. 22, pp. 5287–5299, 2021.
- [6] U. Usman, “Rancang Bangun Photovoltaic Simulator untuk Pengujian Karakteristik Panel Surya,” *Semin. Nas. Has. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy.*, pp. 37–42, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/3203/2735>
- [7] M. Siregar, N. Evalina, Cholish, Abdullah, and M. Zainul Haq, “Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan,” *Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 94–100, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/v3i2.6492/5248>
- [8] W. Stevanus, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. Diponegoro, “Makalah Seminar Kerja Praktek SISTEM INSTALASI PLTS 1000 Wp SITTING GROUND TEKNIK ELEKTRO UNDIP SEMARANG,” 2010.
- [9] H. Hazman and A. Asnil, “Measurement of I-V and P-V Characteristics of Solar Panels Under Partial Shading Conditions,” *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 99–114, 2022, doi: 10.46574/motivection.v4i2.116.
- [10] F. A. Widiharsa, “Karakteristik Panel Surya dengan Variasi Intensitas Radiasi dan Temperatur Permukaan Panel,” *Transmisi*, vol. 4, pp. 233–242, 2006.
- [11] P. P. A. Santoso, F. Nopriandy, I. F. B. Ningsih, L. D. Anjiu, and I. Kurniawan, “Pengaruh Bentuk Rangkaian Panel Surya Terhadap Kuat Arus, Tegangan dan Daya,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 6, no. 1, p. 26, 2022, doi: 10.30588/jeemm.v6i1.996.

Halaman ini sengaja dikosongkan