

Konfigurasi Seri Paralel dan *Honey Combination* Pada Kondisi *Mismatch I-V* Modul Surya

Nurlaila Amna¹⁾, Teuku Murisal Asyadi^{2*)}, Muliadi³⁾, Syukri⁴⁾

^{1,2,3,4)} Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda
Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: teukumurisal@gmail.com

ABSTRACT

In this condition, the solar power generation system (PLTS) still uses a type of solar module that has identical current and voltage characteristics. However, this situation may change if the modules used are no longer available for purchase. When damage or disturbances occur in the system, such as cracks in the module plates, replacement can take a long time. Under such circumstances, power delivery to the load supplied by the solar modules may be disrupted. To ensure that the solar module system continues to operate fully, an alternative or method is required to identify similar replacement modules. The replacement modules are expected to have current and voltage characteristics comparable to those of the original modules, thereby helping to maintain the continuity of energy availability in the solar module system. The objective of this study is to investigate how non-uniformity in current (I) and voltage (V) characteristics that occurs during solar module installation affects the output power. The solar module system to be designed will use twenty solar modules, each with a power capacity of 250 W, and will be simulated using Simulink. The method employed involves combining solar modules with different current (I) and voltage (V) characteristics in series-parallel (SP) and honeycomb (HC) configurations. This is carried out by replacing the main solar modules with substitute modules ranging from 5% to 100% of the total number of modules. The selected short-circuit current (Isc) is assumed to be proportional to the current flowing in the series-parallel circuit. The simulation results show that the solar module system can still operate under mismatch conditions and produce the maximum power. Under STC conditions, the series-parallel (SP) configuration produces the highest power output, and up to 40% of the replaced modules can be accommodated by this configuration.

Keywords: PLTS, solar module, electric power, current, voltage.

ABSTRAK

Dalam kondisi ini, sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) masih menggunakan jenis modul surya yang memiliki karakteristik arus dan tegangan yang sama. Namun, situasi ini dapat berubah apabila modul yang digunakan tidak lagi tersedia untuk dibeli. Saat terjadi kerusakan atau gangguan pada sistem, seperti retakan pada lempengan modul, penggantian akan memakan waktu yang lama. Dalam situasi seperti ini, penyaluran daya ke beban yang dilayani oleh modul surya dapat terhambat. Untuk memastikan sistem modul surya tetap berfungsi sepenuhnya, diperlukan alternatif atau metode untuk menemukan modul pengganti yang serupa. Modul pengganti diharapkan memiliki karakteristik arus dan tegangan yang sebanding dengan modul sebelumnya, sehingga dapat membantu mempertahankan kelangsungan kesediaan energi sistem modul surya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari bagaimana ketidakteraturan karakteristik arus (I) dan tegangan (V) yang terjadi selama instalasi modul surya mempengaruhi daya output. Sistem modul surya yang akan dirancang akan menggunakan dua puluh modul surya yang masing-masing memiliki kapasitas daya 250 W dan disimulasikan menggunakan Simulink. Metode yang digunakan adalah menggabungkan modul surya dengan berbagai karakteristik arus (I) dan tegangan (V) dalam konfigurasi seri paralel (SP) dan kombinasi madu (HC). Ini dilakukan dengan menggantikan modul surya utama dengan modul surya pengganti dari 5% hingga 100% jumlah modul. Arus Isc yang dipilih dianggap sebanding dengan arus yang mengalir pada rangkaian seri paralel. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem modul surya tetap dapat beroperasi dalam kondisi mismatch dan menghasilkan jumlah daya tertinggi. Di kondisi STC, konfigurasi seri paralel (SP) menghasilkan jumlah daya tertinggi dan 40% dari modul yang digantikan dapat dipertahankan oleh konfigurasi ini.

Kata Kunci: PLTS, modul surya, daya listrik, arus, tegangan.

I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi terbarukan yang semakin banyak digunakan saat ini adalah cahaya matahari. Panel surya adalah alat yang mengubah energi matahari menjadi listrik [1]. Sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang terhubung secara seri dan paralel dengan karakteristik

arus dan tegangan tertentu. Mereka juga dikenal sebagai "panel surya".

Panel surya biasanya menunjukkan kumpulan beberapa modul surya dalam instalasi tertentu. Beberapa modul biasanya memiliki karakteristik arus dan tegangan yang sama. Tujuannya adalah untuk menghindari ketidakcocokan

daya maksimum atau ketidakcocokan daya saat modul surya beroperasi pada kondisi intensitas radiasi matahari dan suhu tertentu [2]. Faktor-faktor lingkungan seperti intensitas radiasi matahari, suhu lingkungan, cahaya matahari, sudut datang cahaya, parsial shading, dan lainnya memengaruhi daya keluaran sistem panel surya [3].

Untuk saat ini, kondisi ideal untuk instalasi panel surya adalah menggunakan jenis dan tipe modul surya dengan karakteristik arus dan tegangan yang sama [4]. Namun, jika modul yang digunakan tidak tersedia lagi di pasaran, kondisi ini dapat berubah. Saat terjadi kerusakan atau gangguan pada sistem, seperti retakan pada lempengan modul, penggantian akan memakan waktu yang lama [5].

Dalam situasi seperti ini, penyaluran daya ke beban yang dilayani oleh sistem panel surya dapat terhambat. Oleh karena itu, untuk memastikan sistem panel surya tetap beroperasi sepenuhnya, diperlukan alternatif atau metode untuk menemukan modul pengganti sejenis [6][7][8]. Modul pengganti ini diharapkan memiliki karakteristik I-V yang sebanding dengan modul sebelumnya dan dapat membantu menjaga kelangsungan kesediaan energi sistem [9].

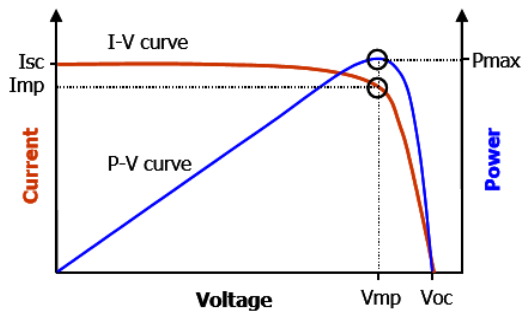
Berdasarkan penelitian sebelumnya, kombinasi dua jenis panel surya dengan fitur yang berbeda dalam satu instalasi belum diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini menyelidiki dampak ketidakseragaman karakteristik arus dan tegangan terhadap daya keluaran panel surya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana sistem panel surya berhasil dan bagaimana ketidakseragaman karakteristik arus dan tegangan dalam satu instalasi berdampak pada keluaran panel surya dalam kondisi tertentu.

II. METODE

A. Karakteristik Modul Surya

Kemampuan konversi energi ditunjukkan oleh karakteristik arus dan tegangan (I-V) modul surya pada kondisi radiasi dan suhu tertentu. Jika intensitas radiasi dan suhu matahari konstan, karakteristik I-V modul surya dapat dipertahankan.

Kerja modul surya biasanya memperoleh daya maksimum saat karakteristik I-V pada titik daya maksimum (I_{mp} , V_{mp}). Ini karena arus *short circuit* (I_{sc}) pada nol volt dan tegangan *open circuit* (V_{oc}) nol volt [6].



Gambar 1. Karakteristik I-V dan P-V Modul Surya [6]

B. Pemodelan Modul Surya

Sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang terhubung secara seri dan paralel dengan karakteristik arus dan tegangan tertentu. Model matematika yang paling umum digunakan untuk mendapatkan nilai arus keluaran sel surya adalah model berikut [10]:

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (1)$$

Keterangan :

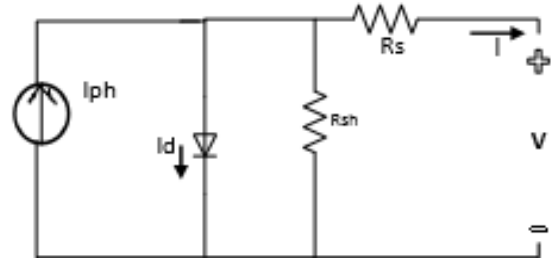
- I = Arus keluaran sel surya [A]
- I_{ph} = Arus foto modul surya [A]
- I_d = Arus dioda [A]
- I_{sh} = Arus pada beban paralel [A]

Arus foto pada modul surya (I_{ph}) dapat dihitung dengan cara berikut:

$$I_{ph} = [I_{sc} + k_i (T - T_r)] G \quad (2)$$

Keterangan:

- I_{sc} = Arus short circuit (A)
- k_i = Koefisien temperatur Arus short circuit pada 25°C dan 1000W/m²
- T = Temperatur kerja modul surya (°C)
- T_r = Temperatur referensi (25°C)
- G = Intensitas radiasi matahari solar sel 1000W/m²



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen sel surya [9]

dihitung dengan persamaan berikut:

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{\exp\left(\frac{q V_{oc}}{N_s k n T}\right) - 1} \quad (3)$$

Keterangan:

- q = Muatan Elektron [$1,6 \times 10^{-23}$ C]
- V_{oc} = Tegangan open circuit [V]
- N_s = Sel surya yang terhubung seri
- k = Konstanta Boltzmann [$1,3805 \times 10^{-23}$ K/J]
- n = Faktor ideal diode (1,2)

I_0 adalah arus saturasi modul surya, tergantung pada suhu kerja modul surya, dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$I_0 = I_{rs} \left[\frac{T}{T_r}\right]^{-3} \exp\left[\frac{q E_g}{nk} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_r}\right)\right] \quad (4)$$

E_g = Semikonduktor energi band gab

Jadi, berdasarkan persamaan (1), maka untuk mendapatkan arus keluaran dari modul surya berdasarkan konfigurasi seri dan seri-paralel, model matematikanya dapat diuraikan seperti persamaan (5)

$$I = N_p \times I_{ph} - N_p \times I_0 \times \left[\exp\left(\frac{\frac{V}{N_s} + \frac{I \times R_s}{N_p}}{n \times V_t}\right) - 1 \right] - \frac{V \times \frac{N_p}{N_s} + I \times R_s}{R_{sh}} \quad (5)$$

Keterangan:

- R_s = Resistansi Seri [Ω] (one assumed 0.001 Ω)

R_{sh} = Resistansi parallel [Ω] (one assumed 1000 Ω)
 V_t = Tegangan termal sel surya [V]

Tegangan termal sel surya (V_t), tergantung pada suhunya (T) dihitung sesuai dengan rumus berikut:

$$V_t = \frac{k \cdot T}{q} \quad (6)$$

dan

$$I_{sh} = \frac{V \frac{N_p}{N_s} + T \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (7)$$

C. Faktor yang Mempengaruhi Daya Keluaran Panel Surya

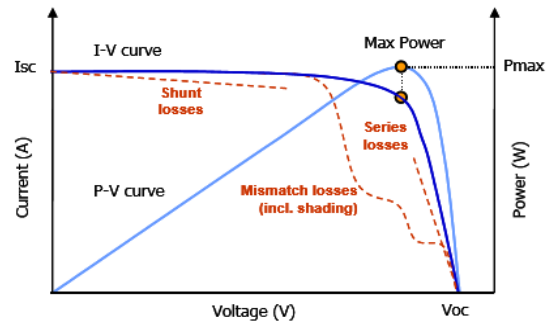
Beberapa faktor mempengaruhi daya keluaran sistem panel surya, salah satunya adalah pengaruh radiasi matahari terhadap panel surya. Intensitas radiasi yang diterima sel surya sebanding dengan daya yang dihasilkan panel surya, dan intensitas radiasi yang diterima lebih besar sebanding dengan daya yang dihasilkan panel surya.

Beberapa faktor, termasuk cuaca, lokasi pemasangan panel surya, dan gerak semu yang terjadi setiap hari dan bulanan dari panel surya, memengaruhi intensitas radiasi yang diterima panel surya [10]. Selanjutnya, pengaruh suhu, di mana suhu yang diterima panel surya berkorelasi dengan daya yang dihasilkannya [8][9]. Selain itu, kondisi parsial shading dapat mengurangi daya yang dihasilkan panel surya.

Jika modul dipasang di antara modul lain dengan karakteristik arus dan tegangan yang berbeda, modul akan menjadi panas atau hotspot, menyebabkan kerusakan permanen pada komponennya [13]. Selain itu, gangguan karakteristik arus dan tegangan dapat menyebabkan kehilangan daya keluaran modul surya [11]. Kondisi tersebut dapat menyebabkan penurunan kinerja sistem panel surya, yang pada gilirannya akan menyebabkan penurunan daya output panel surya.

D. Mismatch

Jika kondisi modul surya tidak seragam atau karakteristik I-V modul surya tidak sama dalam suatu konfigurasi, dikatakan bahwa sistem panel surya berada dalam kondisi mismatch. Dalam kondisi ini, daya output sistem dapat menurun, tetapi sejumlah modul dapat digabungkan dalam berbagai konfigurasi untuk membentuk sistem panel surya untuk menghasilkan daya yang lebih besar [5].



Gambar 3. Karakteristik I-V sel surya dan saat terjadi mismatch [6]

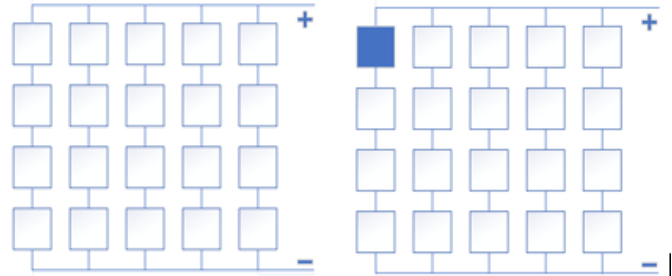
Filippo [7] menyatakan bahwa dampak ketidaksesuaian I-V dapat diabaikan dengan toleransi deviasi normal (3% hingga 4%). Dampak arus balik dalam berbagai kondisi operasi dievaluasi melalui karakteristik I-V yang sesuai dari setiap modul.

E. Konfigurasi Panel Surya

Beberapa konfigurasi panel surya yang biasa digunakan pada sistem panel surya, diantaranya adalah:

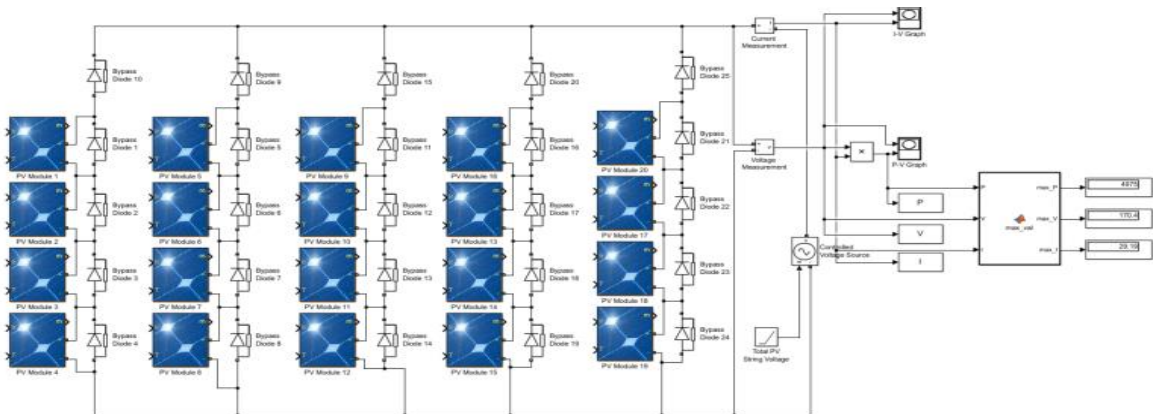
1. Konfigurasi panel surya seri paralel (SP)

Konfigurasi panel surya seri paralel (SP) membagi panel menjadi beberapa string seri yang terhubung secara paralel satu sama lain [14][15]. Jumlah modul yang terhubung seri dan paralel menentukan tegangan dan arus yang diinginkan, dan jumlah string seri yang terhubung secara paralel menentukan arus dan tegangan keluaran [5].



Gambar 4. Rancangan konfigurasi seri paralel sistem panel surya (a) modul identik (b) modul non-identik

Karena mudah dibangun, ekonomis, dan tidak memiliki terlalu banyak koneksi, konfigurasi panel surya seri paralel adalah yang paling umum digunakan. Dalam konfigurasi ini, tegangan tetap, tetapi arus di setiap baris dapat berubah sesuai dengan tingkat insolasi [16].

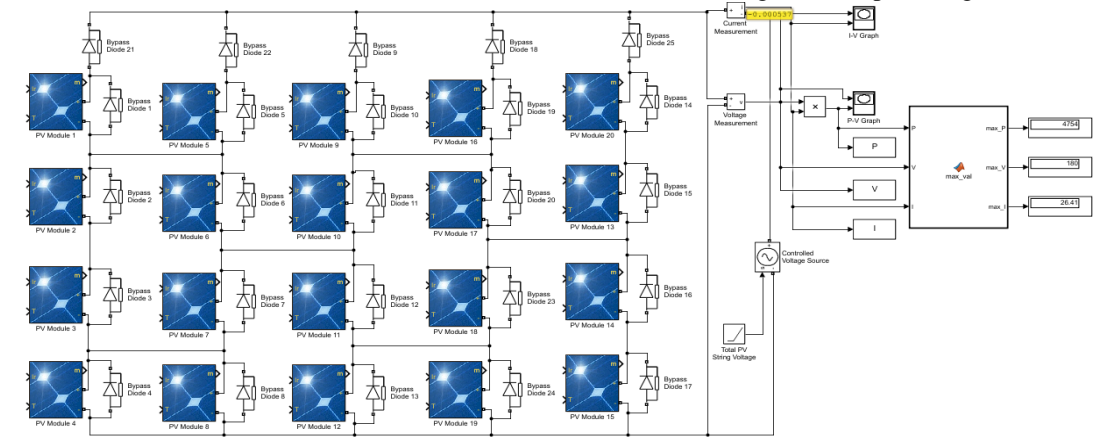


Gambar 5. Rangkaian simulink sistem panel surya konfigurasi SP

2. Konfigurasi panel surya *Honey Combination* (HC)

Konfigurasi panel surya kombinasi madu (HC) memiliki prinsip yang sama dengan konfigurasi SP, yaitu

tegangan yang mengalir pada rangkaian sama, tetapi asusnya berbeda. Konfigurasi HC juga memiliki jumlah modul yang sama dengan konfigurasi SP, tetapi dimodifikasi dengan beberapa konfigurasi terikat silang [7].



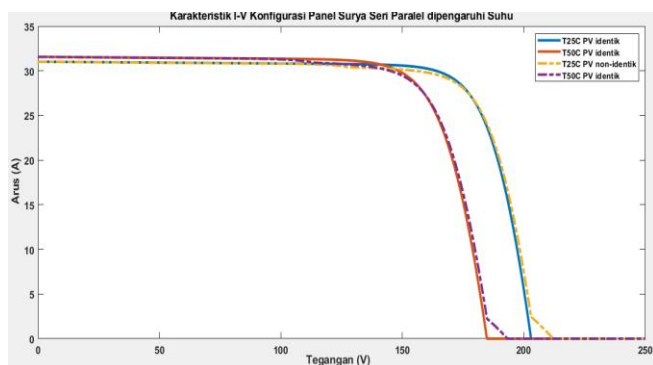
Gambar 6. Rangkaian Simulink sistem panel surya konfigurasi HC

Konfigurasi *Honey Combination* menggunakan langkah yang sama seperti konfigurasi seri, hanya saja konfigurasi *Honey Combination* menggunakan blocking diode untuk mencegah arus balik.

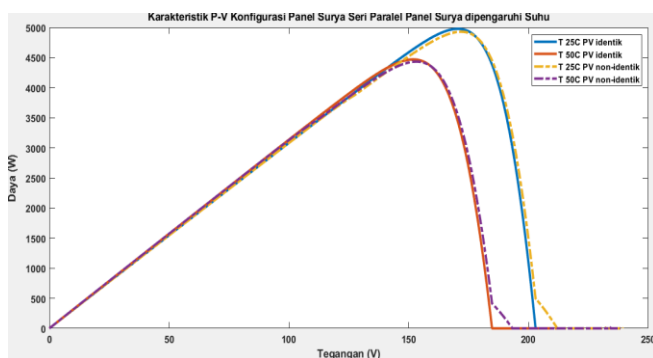
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konfigurasi Seri Paralel (SP)

Pengujian sistem panel surya konfigurasi Seri Paralel (SP) modul identik dan non-identik menghasilkan grafik karakteristik I-V dan P-V. Gambar 7 dan 8 berikut menunjukkan grafik karakteristik I-V dan P-V konfigurasi SP yang dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan suhu.



Gambar 7. Karakteristik I-V Konfigurasi Seri Paralel (SP) sistem panel surya pada kondisi identik dan non-identik T beragam

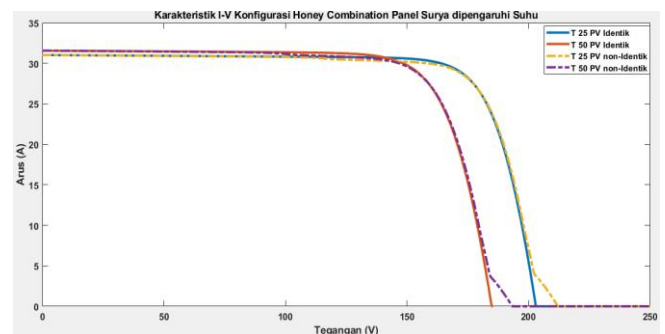


Gambar 8. Karakteristik P-V Konfigurasi Seri Paralel (SP) sistem panel surya pada kondisi identik dan non-identik T beragam

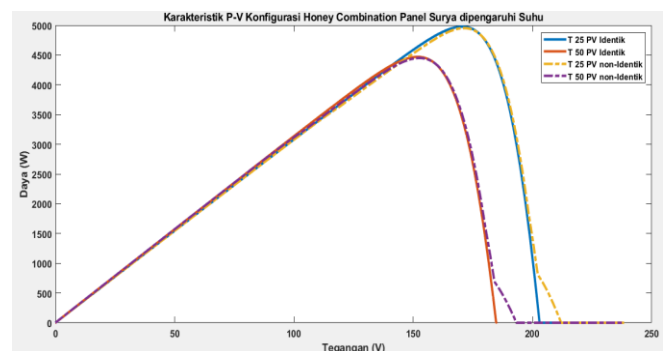
Pada kondisi STC, panel surya dengan konfigurasi seri paralel identik menghasilkan arus maksimum 29,18 A, tegangan maksimum 170,6 V, dan daya maksimum 4.978 W. Sebaliknya, panel surya dengan konfigurasi seri paralel non-identik menghasilkan arus maksimum 28,7 A, tegangan maksimum 171,8 V, dan daya maksimum 4.930 W.

B. Konfigurasi *Honey Combination* (HC)

Pengujian sistem panel surya konfigurasi *Honey Combination* (HC) modul identik dan non-identik menghasilkan grafik karakteristik I-V dan P-V. Grafik kedua karakteristik ini ditunjukkan pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Karakteristik I-V Konfigurasi *Honey Combination* (HC) sistem panel surya pada kondisi identik dan non-identik T beragam



Gambar 10. Karakteristik P-V Konfigurasi *Honey Combination* (HC) sistem panel surya pada kondisi identik dan non-identik T beragam

Pada kondisi STC, panel surya konfigurasi *Honey Combination* identik dapat menghasilkan arus maksimum

26,41 A, tegangan maksimum 144 V, dan daya maksimum 4416 W. Panel surya konfigurasi Honey Combination non-identik dapat menghasilkan arus maksimum 30,66 A, tegangan maksimum 144 V, dan daya maksimum 4357 W.

Dari kedua konfigurasi di atas, dapat disimpulkan bahwa intensitas matahari sebanding dengan daya output yang dihasilkan, dan suhu berbanding terbalik dengan suhu yang dihasilkan.

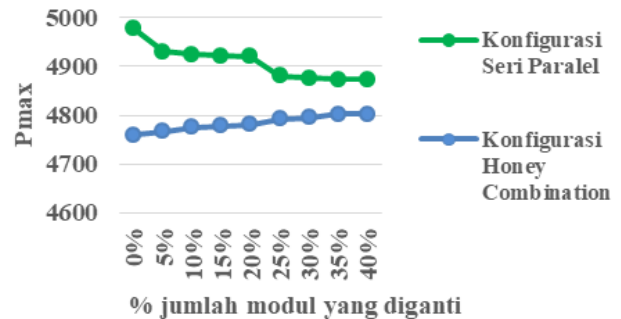
Dalam kondisi STC kedua, konfigurasi modul non-identik (mismatch) menghasilkan daya lebih rendah dari konfigurasi seri paralel dan kehilangan lebih banyak dari konfigurasi kombinasi madu. Konfigurasi seri paralel menghasilkan daya keluaran maksimum 4939, sementara kehilangan terhadap daya modul identik adalah 0,96%. Konfigurasi Honey Combination, di sisi lain, menghasilkan daya output maksimum 4767W dengan kehilangan daya terhadap modul identik adalah -0,17%, yang menjadikannya konfigurasi dengan kehilangan daya dan kehilangan terendah dari kedua konfigurasi lainnya. Konfigurasi kombinasi honey lebih mirip dengan konfigurasi seri paralel, yang mengurangi jumlah daya yang dihasilkan karena adanya hubungan silang antra string seri yang satu dengan string seri di sampingnya.

TABEL 1. HASIL SIMULASI DAYA MAKSIMUM BERDASARKAN TINGKAT PERSENTASE JUMLAH MODUL SURYA YANG DIGANTI

No	% Jumlah Modul yang Diganti	Pmax pada STC	
		SP	HC
1	0%	4978	4759
2	5%	4930	4767
3	10%	4925	4776
4	15%	4922	4778
5	20%	4921	4781
6	25%	4881	4792
7	30%	4876	4795
8	35%	4874	4802
9	40%	4873	4803
10	45%	4847	4811
11	50%	4844	4819
12	55%	4843	4822
13	60%	4842	4825
14	65%	4840	4836
15	70%	4844	4839
16	75%	4846	4846
17	80%	4848	4847
18	85%	4899	4862
19	90%	4939	4865
20	95%	4965	4868
21	100%	4983	4869

Hasil tabel di atas menunjukkan bahwa konfigurasi seri paralel menghasilkan lebih banyak daya daripada konfigurasi kombinasi honeycomb saat modul surya diganti

dari 5% hingga 40%. Oleh karena itu, jika Anda ingin menggantikan modul surya, letak modul pengganti harus diletakkan pada string seri pertama dan seterusnya. Daya yang dihasilkan oleh modul surya sangat dipengaruhi oleh modul pengganti. Semakin banyak modul yang diganti dengan karakteristik I-V yang berbeda, semakin banyak ketidaksesuaian yang terjadi dan semakin sedikit daya yang dihasilkan. Tidak perlu merekonfigurasi jika ingin menggantikan modul surya lebih dari 50%. Anda cukup menggunakan konfigurasi seri paralel pada sistem panel surya.



Gambar 11. Grafik hasil simulasi daya maksimum dengan beberapa tingkat persentase modul yang digantikan

Konfigurasi seri paralel menghasilkan daya paling banyak, seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa, dalam situasi di mana modul yang dikonfigurasi tidak identik, konfigurasi seri paralel mungkin merupakan opsi terbaik.

IV. KESIMPULAN

Jika salah satu atau beberapa modul surya rusak atau terjadi gangguan, konfigurasi seri paralel dan kombinasi honey pada kondisi mismatch arus dan tegangan (modul non-identik) sistem panel surya dapat diterapkan dalam pengaplikasiannya pada kehidupan sehari-hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua konfigurasi memiliki kemampuan untuk menghasilkan daya output. Namun, dalam kondisi ketidaksesuaian, konfigurasi seri paralel sistem panel surya mampu menghasilkan lebih banyak daya daripada konfigurasi seri. Konfigurasi seri paralel dapat mempertahankan daya hingga 40% dari modul yang digantikan.

REFERENSI

- [1] C. Herndon, Y. Erkaya, C. Xin, I. Flory, S. Dhali, and S. X. Marsillac, "Smart combiner for fixed commercial photovoltaic systems using power line communication," in 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference, PVSC 2014, 2014, pp. 31143118.
- [2] T. M. Asyadi, I. D. Sara, and S. Suriadi. (2021). "Metode Maximum Power Point Tracking (MPPT) dan Boost Converter Menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC) pada Modul Surya," Jurnal Rekayasa Elekrika, vol. 17, no. 1, pp.1-6. doi: 10.17529/jre.v17i1.17863
- [3] P. Manganiello, M. Balato, and M. Vitelli, "A Survey on mismatching and aging of PV modules: The closed loop," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 62, no. 11, pp. 72767286, 2015..
- [4] T. M. Asyadi, M Muliadi. (2023). "The Maximum Power Point Tracking (MPPT) On Changes In Radiation And Temperature Of Solar Modules Based On Fuzzy Logic Controller (FLC)," The 6th Engineering Science and Technology International Conference (AIP Conference Proceedings) 2691. pp. 060004-1-060004-9. <https://doi.org/10.1063/5.0115030>
- [5] H. Ziar, S. Farhangi, and B. Asaei, "Modification to wiring and protection standards of photovoltaic systems," IEEE Journal of Photovoltaics, vol. 4, no. 6, pp. 1603-1609, 2014.
- [6] Husni, Farid., Syukri, Muliadi, Asyadi, Teuku Murisal., (2022). Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Gedung Pasca Sarjana Universitas Iskandar Muda. AJEETECH (Ache Journal of Electrical Engineering and Technology), 2(1), 19-24.

- [7] S. Filippo and J. S. Akilimali, "Are manufacturing I-V mismatch and reverse currents key factors in large photovoltaic arrays." *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 56, no. 11, pp. 0278-0046, 2009.
- [8] B. Veerasamy, T. Takeshita, A. Jote, and T. Mekonnen, "Mismatch loss analysis of PV array configurations under partial shading conditions," in *2018 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, 2018, pp. 1162-1183.
- [9] N. Yadav and D. K. Sambariya, "Mathematical modelling and simulation of photovoltaic module using MATLAB/ SIMULINK," in *2018 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, 2018, pp. 1-6.
- [10] A. N. Hamoodi and R. A. Mohammed, "Photovoltaic modeling and effecting of temperature and irradiation on I-V and P-V characteristics," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 13, no. 5, pp. 3123-3127, 2018.
- [11] Hani, S., Santoso, G., Subandi., & Arifin., N (2020). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid Dengan Sistem DC Coupling Berkapasitas 17 kWp Pada Gedung. *Seminar Nasional TEKNOKA*. vol. 5(5).
- [12] Amna, N., Asyadi, T. M., & Bailummi, L. (2024). Perencanaan Pemasangan Panel Surya Pada Komplek Perumahan PT. Pupuk Iskandar Muda. *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, 4(2), 23-28.
- [13] M. Amin, J. Bailey, C. Tapia, and V. Thodimeladine, "Comparison of PV array configuration efficiency under partial shading condition," in *IEEE 43rd Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, 2018, pp. 1-4.
- [14] Saodah, S., & Utami, S. R. I. (2019). Perancangan Sistem Grid Tie Inverter Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *ELKOMIKA : Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(2), 339.
- [15] Muliadi and I. D. Sara, "A New Method for Finding The Maximum Point of The Output Power of A Solar Panel with Multiple Peaks," in *2020 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICs)*, 2020, pp. 1-5. doi: 10.1109/ICELTICs50595.2020.9315389.
- [16] Usman, M. K. (2020). Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya. *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 52-57.