

Simulasi dan Pemodelan Sistem Optimalisasi Daya Panel Surya Menggunakan Metode Pelacakan Titik Daya Maksimum

Khaeriah Dahlan^{*1}, Kezia N. Anou², Daniel Napitupulu³, Hardi Hamzah⁴, Ulfah Sa'adah⁵

^{1,2,4}Program Studi Fisika, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Cenderawasih

³Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Cenderawasih

⁵Departement of Mathematics Education, IAIN Fattahul Muluk

e-mail: khaeriahd@gmail.com

Abstrak

Panel surya memiliki karakteristik tegangan dan arus yang tidak linear dan berubah terhadap iradiansi dan temperatur permukaan panel surya yang mengakibatkan rendahnya efisiensi. Tetapi pada kurva karakteristik terdapat suatu titik dimana panel surya dapat bekerja pada efisiensi maksimum sehingga dapat menghasilkan daya keluaran yang paling besar. Jadi diperlukan sebuah metode agar dapat melacak titik daya maksimum dan menjaganya tetap berada pada titik kerja maksimum tersebut. Pada pemodelan sel surya, digunakan sebuah sistem pelacakan berupa sistem elektronik yang mengoperasikan modul sel surya agar dapat menghasilkan daya yang optimum, dimana sistem ini akan memvariasikan titik operasi elektrik pada modul sel surya sehingga modul dapat memberikan daya maksimum yang tersedia. Dari hasil simulasi menggunakan Matlab-Simulink diperoleh panel surya yang menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum menghasilkan daya keluaran yang lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum.

Kata kunci—Metode Pelacakan Titik Daya Maksimum, Panel Surya, Simulasi.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi alternatif yang ramah lingkungan pada saat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain perubahan iklim akibat emisi gas rumah kaca (Nainggolan H., 2023)(Setiani P., 2020), keterbatasan sumber daya fosil (Shahbaz M., 2021)(Irfan M., 2021), pencemaran udara (Chien F., 2021), dan peningkatan inovasi serta kemajuan teknologi (Usman M., 2021). Peningkatan penggunaan energi alternatif mendorong inovasi dan pengembangan teknologi yang lebih maju. Teknologi energi terbarukan semakin berkembang pesat dan menjadi lebih efisien, sehingga dapat memberikan solusi yang lebih baik dan lebih berkelanjutan untuk kebutuhan energi dunia. Salah satu perkembangan energi alternatif yang cukup pesat adalah pemanfaatan energi matahari dari panel surya. Walaupun wilayah Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya karena dilewati oleh garis khatulistiwa, namun sel surya merupakan sumber energi terbarukan yang efisiensinya hanya sekitar 7 – 28% dari kemampuannya mengkonversi cahaya matahari menjadi daya listrik (Pastuszak J., 2022). Rendahnya efisiensi ini dapat diakibatkan karena beberapa faktor antara lain kondisi beban dan temperatur panel surya (Ayeng'o S.P., 2019)(Mustafa R.J., 2020). Beberapa penelitian sebelumnya mengenai optimalisasi daya panel surya telah dilakukan antara lain menggunakan cermin datar sebagai reflektor scanning untuk meningkatkan keluaran arus dan tegangan panel surya Kaban S.A., (2020), menggunakan suatu sistem yang dapat mengendalikan suhu agar panel tetap berada pada suhu normal (Rochim W.A., 2019), dan melakukan pengaturan posisi permukaan solar sel selalu tegak lurus terhadap arah datangnya matahari sehingga meningkatkan perolehan energi listrik (Tukiman T., 2020). Salah satu cara untuk mengoptimalkan daya panel surya yaitu merancang sistem kontrol dengan metode pelacakan. Agar daya maksimum dapat diperoleh dari sel surya, maka perlunya pengoperasian sel surya pada titik daya optimalnya. Untuk meningkatkan performansi pada panel surya digunakan sebuah

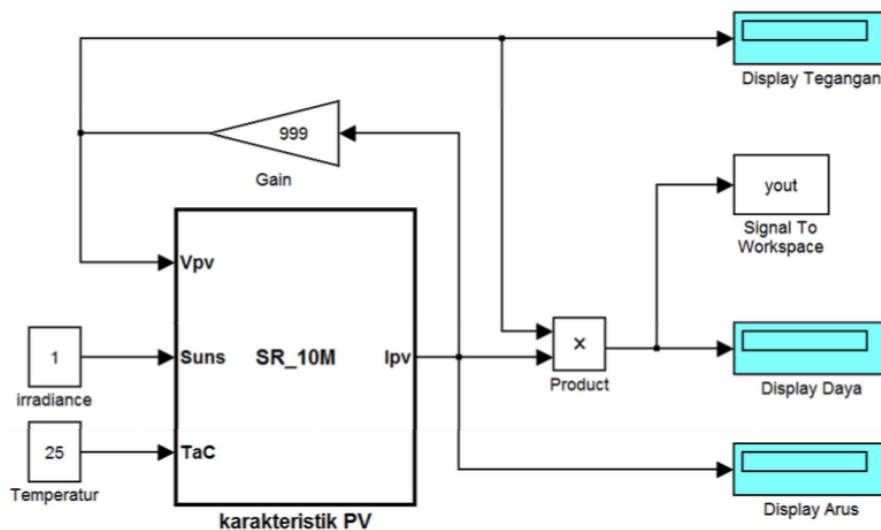
sistem yang dikenal sebagai metode pelacakan titik daya maksimum. Dengan penambahan sistem ini diharapkan mampu meningkatkan nilai efisiensi dari sumber tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan yaitu simulasi untuk merancang sistem panel surya dan pemodelan sistem untuk merancang blok diagram sistem pelacakan titik daya maksimum.

2.1 Simulasi Sistem

Pada umumnya sistem sel surya yang menghasilkan daya DC bergantung pada intensitas cahaya matahari dan temperatur lingkungan. Daya yang dihasilkan bervariasi sesuai dengan jumlah beban. Dalam rangka memberikan daya maksimum untuk beban, algoritma pelacakan maksimum daya diperlukan untuk sistem sel surya. Jenis panel surya yang digunakan adalah modul PV SR- 10M Solar Cell. Berikut adalah rancangan simulasi panel surya SR-10M pada program Matlab-Simulink.

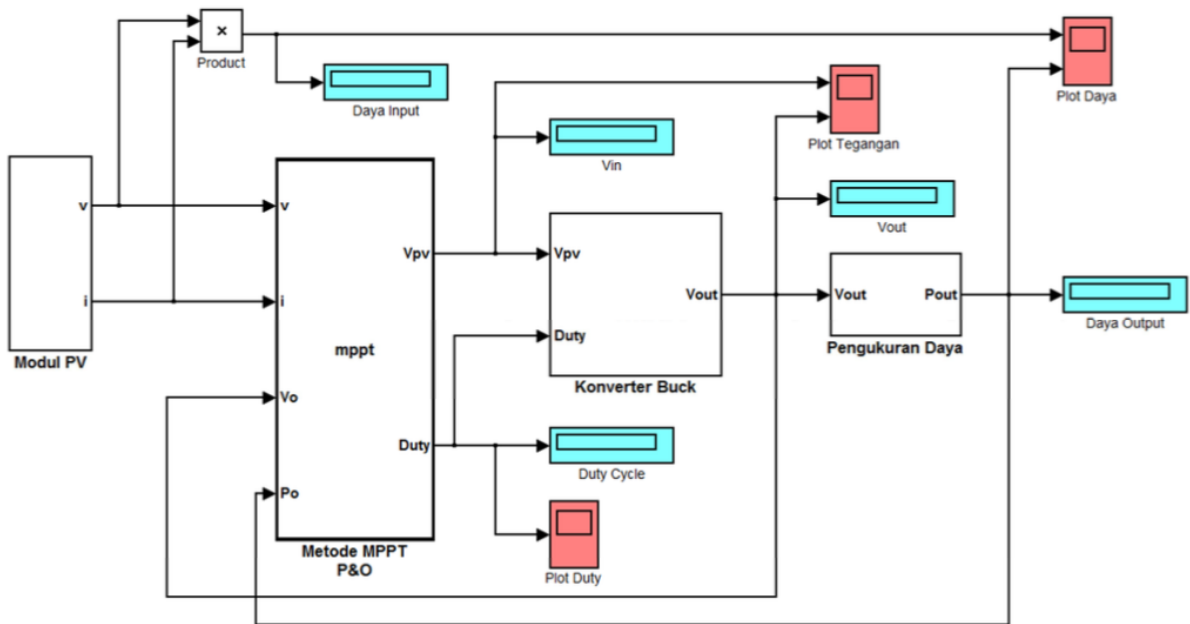


Gambar 1. Perancangan Simulasi Sistem Panel Surya

2.2 Pemodelan Sistem

Pada pemodelan sel surya, digunakan sebuah sistem pelacakan berupa sistem elektronik yang mengoperasikan modul sel surya agar dapat menghasilkan daya yang optimum, dimana sistem ini akan memvariasikan titik operasi elektrik pada modul sel surya sehingga modul dapat memberikan daya maksimum yang tersedia. Metode ini diterapkan pada konverter *DC-DC* yang digunakan. Bagian yang paling penting dari sistem pelacakan titik daya maksimum adalah algoritma kontrolnya. Algoritma tersebut akan memutuskan kenaikan atau penurunan dari *duty cycle mosfet* konverter *DC-DC* untuk menemukan titik daya maksimum. Metode ini bekerja dengan menerapkan variasi tegangan ke arah yang terbesar atau nilai terkecil. Pengaruhnya muncul pada nilai daya. Jika daya meningkat, tegangan atau arus akan terus divariasikan di arah yang sama, jika tidak, maka akan diteruskan pada arah yang terbalik. Tegangan pada sel diperturbasi dan dibandingkan dengan titik daya sebelumnya secara berkala. Pemodelan panel surya ini menggunakan program Matlab – Simulink.

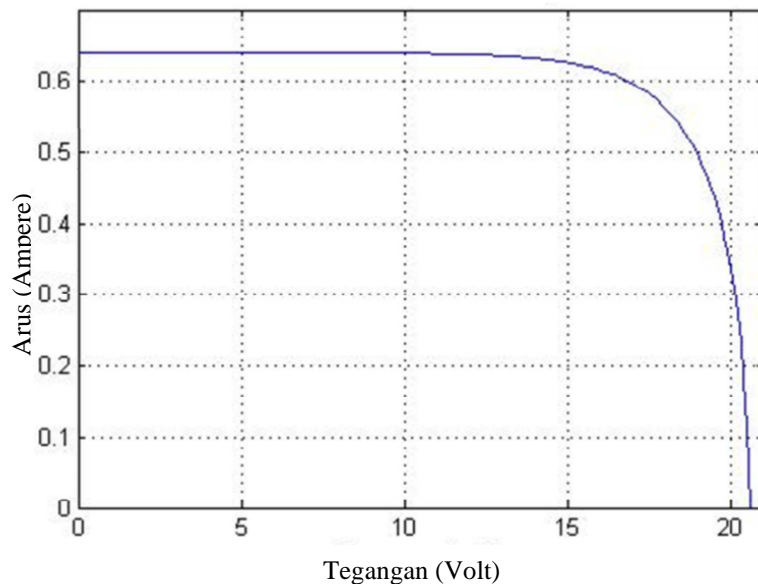
Pada penelitian ini, tegangan rangkaian terbuka (V_{OC}) panel surya yang digunakan adalah 20.6 V. Tegangan operasi ini digunakan untuk menentukan awal *duty cycle* untuk *MOSFET* dan juga nilai komponen lainnya. Selain V_{OC} , beberapa spesifikasi elektrik lainnya juga dijadikan titik ukur penentuan parameter dari konverter yang akan dirancang. Saat parameter tiap komponen telah ditentukan, maka mekanisme feedback pada sistem pelacakan daya maksimum akan mengatur *duty cycle* berdasarkan kondisi operasi sebenarnya.



Gambar 2. Blok Diagram Pemodelan Sistem Pelacakan Titik Daya Maksimum

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

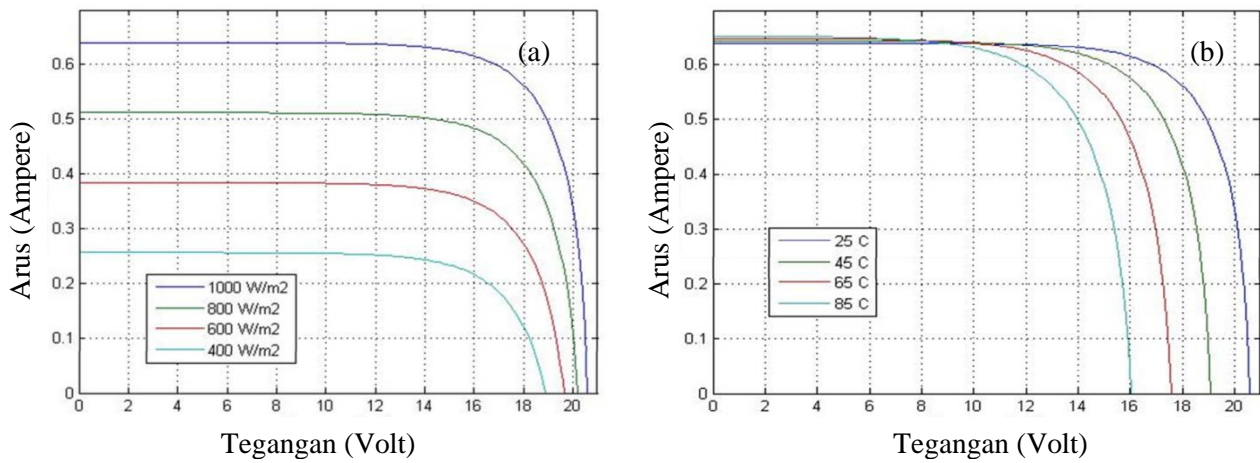
Panel surya disimulasikan berdasarkan karakteristik elektrik dari jenis panel surya SR-10M. Pada gambar 2. terlihat bahwa tegangan rangkaian terbuka (VOC) berada pada 20,6 volt pada saat arus hubung singkat (ISC) bernilai 0,64 A dan daya maksimum yang dihasilkan adalah 10 W yang terjadi saat nilai tegangan maksimum 17 volt dan arus maksimum 0,59 A. Hasil simulasi ini sesuai dengan spesifikasi panel surya SR-10M. Berikut ini merupakan hasil simulasi panel surya menggunakan program Matlab-Simulink.



Gambar 3. Karakteristik I-V Panel Surya pada Standart Test Condition (STC)

Untuk mengetahui pengaruh iradiansi dan temperatur terhadap tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan oleh panel surya, maka modul panel surya disimulasikan pada kondisi (a) iradiansi yang bervariasi,

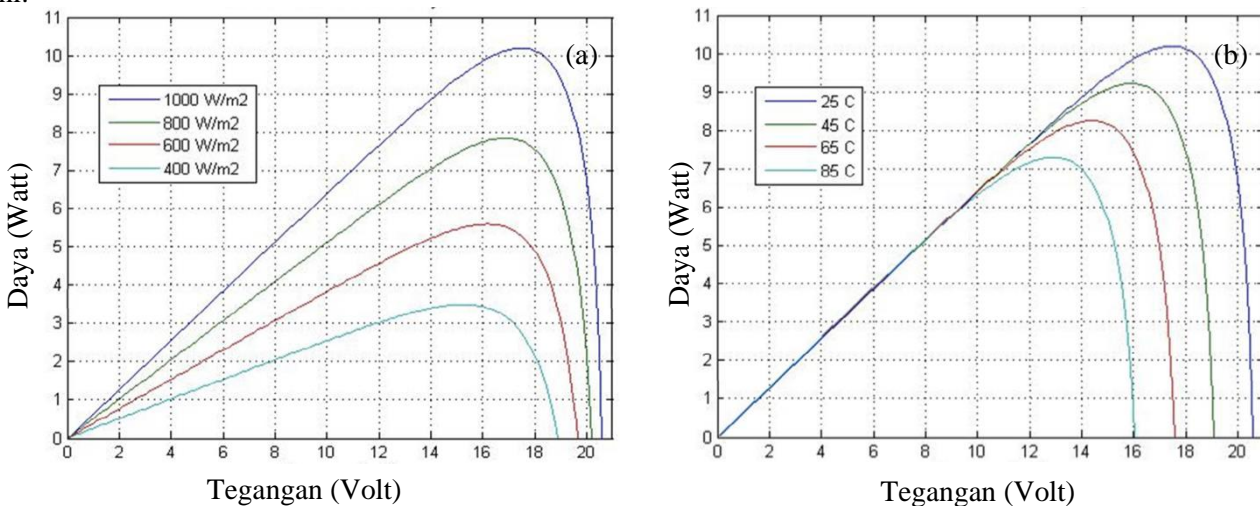
dimana temperaturnya di set pada suhu 25°C dan pada kondisi (b) temperatur yang bervariasi, dimana tingkat iradiansi di set pada nilai 1000W/m², seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. Karakteristik I-V Panel Surya pada (a) tingkat iradiansi yang bervariasi, (b) temperatur permukaan panel surya yang bervariasi.

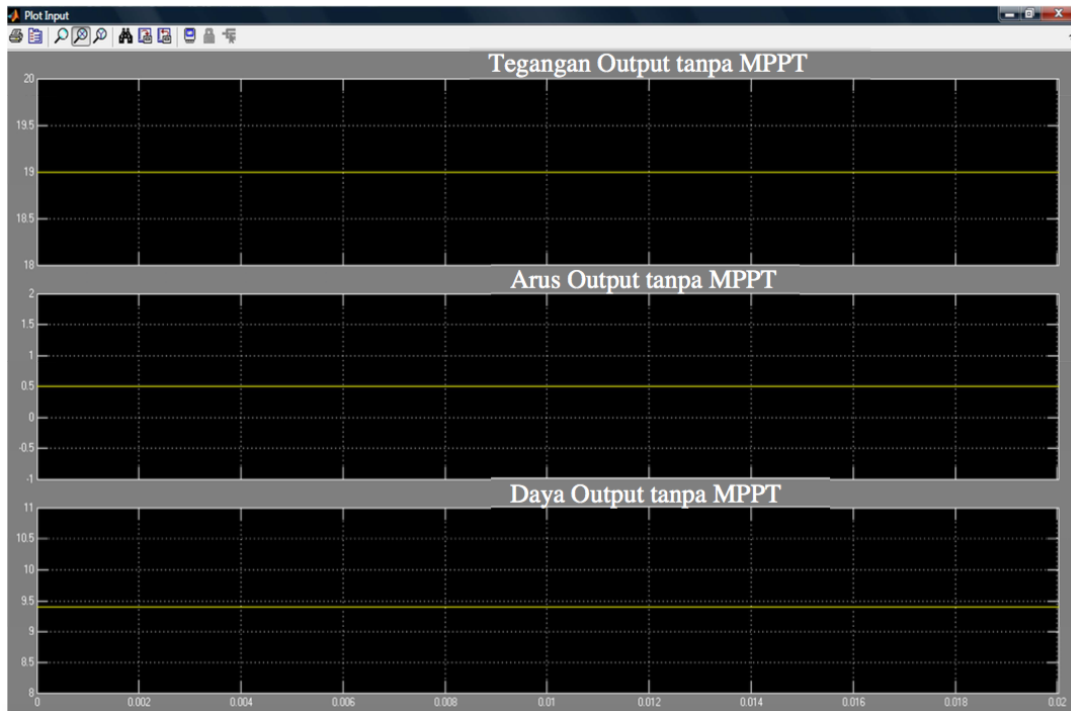
Dari hasil simulasi karakteristik pada gambar 4(a), dapat diketahui bahwa arus hubung singkat (I_{SC}) pada panel surya bergantung secara linear pada tingkat iradiansi, sedangkan tegangan rangkaian terbuka (V_{OC}) bergantung secara logaritmik pada tingkat iradiansi, sehingga tegangan keluaran akan naik dengan meningkatnya level iradiansi. Tetapi hal ini tidak harus selalu terjadi dikarenakan temperatur panel surya akan naik seraya dengan meningkatnya level iradiansi. Inilah yang menjadikan pengaruh temperatur sangat penting untuk dipertimbangkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4(b), dimana terlihat bahwa terjadi pengurangan tegangan dengan semakin naiknya temperatur panel surya.

Penurunan nilai tegangan atau arus juga akan berdampak pada berkurangnya daya keluaran pada panel surya. Pengaruh iradiansi dan temperatur terhadap daya keluaran dari panel surya, ditunjukkan pada gambar berikut ini.

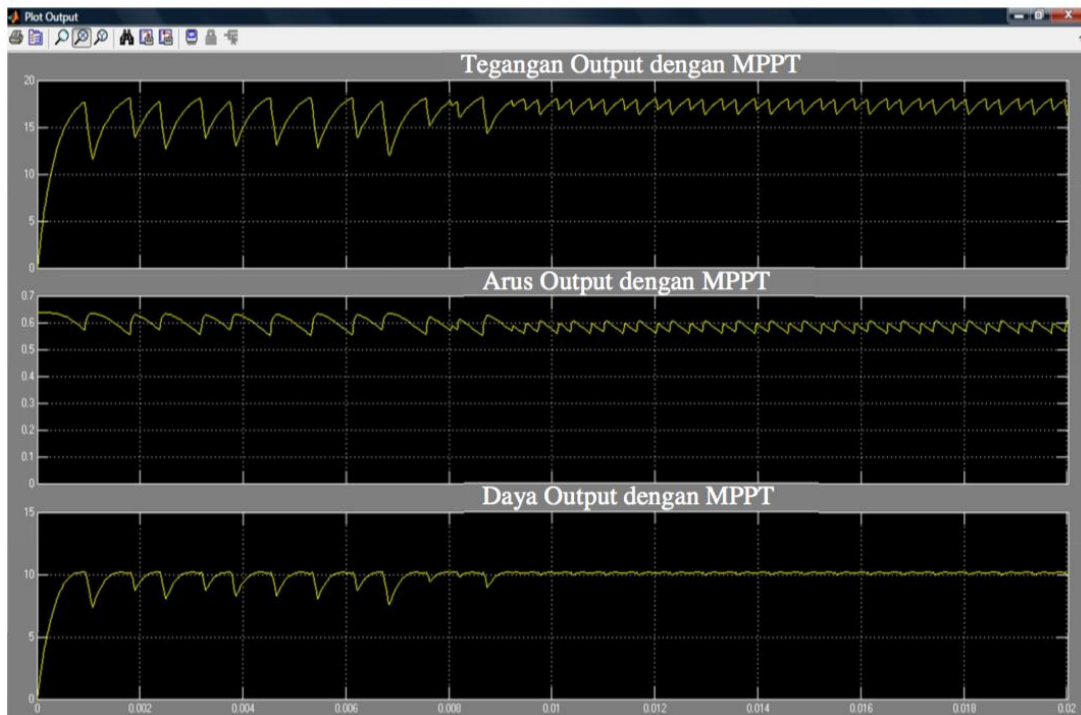


Gambar 5. Karakteristik P-V Panel Surya pada (a) tingkat iradiansi yang bervariasi, (b) temperatur permukaan panel surya yang bervariasi.

Pemodelan sistem panel surya dilakukan dengan membandingkan sistem yang menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum dengan sistem yang tidak menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum. Pada pemodelan ini, kondisi iradiansi dan temperatur di set tetap, yaitu pada iradiansi 1000 W/m² dan temperatur 25°C.



Gambar 6. Tegangan, arus dan daya keluaran panel surya tanpa menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum.



Gambar 7. Tegangan, arus dan daya keluaran panel surya menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum.

Dari hasil simulasi pada gambar 6, diperoleh nilai daya keluaran dari panel surya tanpa menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum adalah 9,4 W pada tegangan 19 V dan arus keluaran 0,495 A. Sedangkan saat panel surya menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum yaitu pada gambar 7,

diperoleh nilai daya keluaran dari panel surya adalah 10 W pada tegangan 17 V dan arus keluaran 0,59 A. Nilai daya yang dihasilkan dengan menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum lebih besar dibanding daya keluaran yang dihasilkan tanpa menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum. Selain itu daya keluaran yang menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum juga sesuai dengan titik daya maksimum pada kondisi iradiansi dan temperatur yang sama yang ditunjukkan pada kurva karakteristik panel surya. Dari hasil simulasi ini dibuktikan bahwa dengan penggunaan metode pelacakan titik daya maksimum, daya keluaran yang dihasilkan akan optimum.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan simulasi menggunakan software Matlab-Simulink untuk memodelkan sistem panel surya, dimana pada hasil simulasi diperoleh hasil yang sesuai dengan spesifikasi panel surya yang digunakan. Dari model matematika panel surya yang dibuat, menunjukkan simulasi menghasilkan sebuah struktur yang mudah pada perhitungan simulasi pengaruh dari perubahan iradiansi, temperatur dan beban. Hasil pemodelan menunjukkan performansi yang baik dengan adanya penggunaan metode pelacakan titik daya maksimum yang berfungsi dengan baik melacak titik daya maksimum pada panel surya dibandingkan dengan pemodelan sistem panel surya tanpa menggunakan metode pelacakan titik daya maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayeng'o, S. P., Axelsen, H., Haberschusz, D., & Sauer, D. U. (2019). A model for direct-coupled PV systems with batteries depending on solar radiation, temperature and number of serial connected PV cells. *Solar Energy*, 183, 120-131.
- Chien, F., Sadiq, M., Nawaz, M. A., Hussain, M. S., Tran, T. D., & Le Thanh, T. (2021). A step toward reducing air pollution in top Asian economies: The role of green energy, eco-innovation, and environmental taxes. *Journal of environmental management*, 297, 113420.
- Irfan, M., Elavarasan, R. M., Hao, Y., Feng, M., & Sailan, D. (2021). An assessment of consumers' willingness to utilize solar energy in China: End-users' perspective. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126008.
- Kaban, S. A., Jafri, M., & Gusnawati, G. (2020). Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan Cermin. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 5(2), 108-117.
- Mustafa, R. J., Gomaa, M. R., Al-Dhaifallah, M., & Rezk, H. (2020). Environmental impacts on the performance of solar photovoltaic systems. *Sustainability*, 12(2), 608.
- Nainggolan, H., Nuraini, R., Sepriano, S., Aryasa, I. W. T., Meilin, A., Adhicandra, I., ... & Prayitno, H. (2023). *GREEN TECHNOLOGY INNOVATION: Transformasi Teknologi Ramah Lingkungan berbagai Sektor*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Pastuszak, J., & Węgierek, P. (2022). Photovoltaic cell generations and current research directions for their development. *Materials*, 15(16), 5542.
- Rochim, W. A. U., Kurniawan, W., & Akbar, S. R. (2019). Perancangan Sistem Pengendali Suhu Untuk Optimalisasi Daya Panel Surya Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(1), 744-752.
- Setiani, P. (2020). *Sains perubahan iklim*. Bumi Aksara.

- Shahbaz, M., Topcu, B. A., Sarıgül, S. S., & Vo, X. V. (2021). The effect of financial development on renewable energy demand: The case of developing countries. *Renewable Energy*, 178, 1370-1380.
- Tukiman, T., Suwarno, S., & Zambak, M. F. (2022). Optimalisasi Tracking Sistem Otomatis Untuk Menghasilkan Energi Maksimal Pada Panel Surya Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 5(1), 1-7.
- Usman, M., & Hammar, N. (2021). Dynamic relationship between technological innovations, financial development, renewable energy, and ecological footprint: fresh insights based on the STIRPAT model for Asia Pacific Economic Cooperation countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 15519-15536.