

RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN HYBRID HEATSINK DAN HEAT PIPES PADA FOTOVOLTAIK TERKONSENTRASI

Johanes Dimas Paramasatya - 00000042549



LATAR BELAKANG

Kebutuhan energi terbarukan meningkat akibat peningkatan populasi dunia, mengurangnya persediaan bahan bakar fosil, serta dampak penggunaan bahan bakar fosil. Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan menggunakan panel surya [1]. Terdapat kendala akibat akses material fotovoltaik yang sulit, terutama untuk panel surya multijunction [2]. Fotovoltaik terkonsentrasi (CPV) mengurangi kebutuhan material fotovoltaik, namun rentan terhadap pemanasan. Pemanasan berdampak pada penurunan produksi daya listrik. Diuji sistem pendingin pasif heatsink, heatpipe, dan gabungan keduanya (hybrid) untuk meneliti dampak pendinginan terhadap peningkatan produksi daya listrik; untuk mendukung hasil pengukuran lapangan, dirancang pemodelan matematis penerimaan panas pada sel surya.

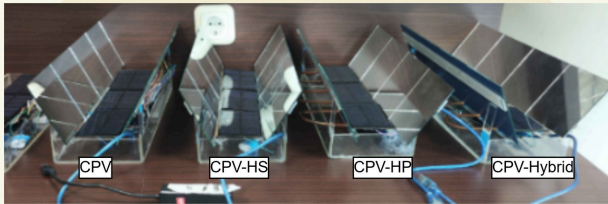
RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana dampak penerapan sistem pendingin terhadap suhu sel surya pada sistem CPV?
2. Bagaimana dampak penerapan sistem pendingin terhadap produksi daya listrik pada sistem CPV?
3. Apakah korelasi dari penurunan suhu terhadap produksi daya listrik sistem CPV?
4. Bagaimana hasil pemodelan penerimaan panas pada sel surya sebagai acuan perbandingan hasil pengukuran nyata?

BATASAN MASALAH

1. Penerapan sistem pendinginan hybrid dilakukan pada sistem CPV V-Trough.
2. Jenis sistem pendinginan yang digunakan difokuskan pada pendinginan pasif heatsink dan heat pipes.
3. Lokasi pengujian dilakukan pada Universitas Multimedia Nusantara, kota Tangerang.
4. Pemantauan performa sistem pendinginan didasarkan dari evaluasi aspek suhu sistem fotovoltaik serta daya listrik yang dihasilkan.

VARIASI SISTEM



MANFAAT

1. Menguji potensi dan kelayakan penerapan sistem pendingin pasif.
2. Mengembangkan cara meningkatkan efektivitas sistem fotovoltaik.
3. Menambahkan kajian mengenai sistem pendingin *heatsink* dan *heat pipe* serta CPV

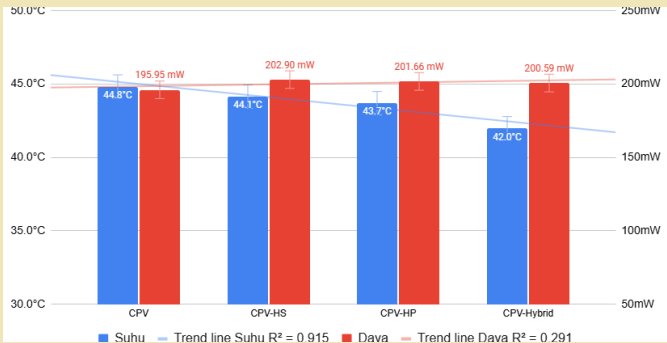
TUJUAN

1. Mengukur dampak penerapan sistem pendingin terhadap suhu sel surya pada sistem CPV.
2. Mengukur dampak penerapan sistem pendingin terhadap produksi daya listrik pada sistem CPV.
3. Meneliti korelasi dari penurunan suhu terhadap produksi daya listrik sistem CPV.
4. Menghitung pemodelan penerimaan panas pada sel surya sebagai acuan perbandingan hasil pengukuran nyata.

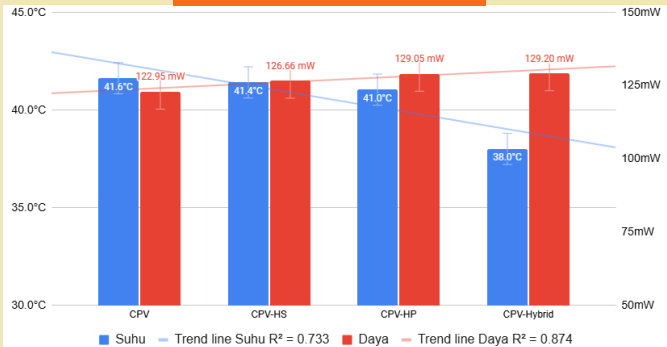
HASIL

Terdapat 2 periode pengukuran data. Pengukuran pertama menghasilkan data tidak valid akibat kerusakan sistem. Pengukuran data kedua dilakukan pada 28 November 2024 setelah sistem diperbaiki. Data terbagi pada pengukuran kondisi iradiasi tinggi dan kondisi iradiasi rendah.

Iradiasi Tinggi



Iradiasi Rendah



TEORI

Fotovoltaik Terkonsentrasi (CPV):
Pemanfaatan elemen optik untuk meningkatkan cahaya surya yang diterima oleh panel surya [4]. Meningkatnya cahaya matahari yang diterima membuat panel fotovoltaik rentan terhadap masalah pemanasan.

Kebutuhan Pendinginan Fotovoltaik:
Peningkatan suhu kerja panel surya menurunkan produksi daya listriknya. Terdapat penurunan efisiensi sebesar -0.45% setiap 1°C peningkatan suhu di atas 25°C [5]. Sistem pendinginan mampu mengatasi permasalahan pemanasan.

Pendingin Heatsink:
Alat pendinginan pasif berupa jajaran sirip. Meningkatkan luas permukaan konveksi panas [6]. Efek pendinginan dipengaruhi oleh jumlah, ketebalan, bentuk, dan jarak sirip.

Pendingin Heat Pipe:
Alat pendinginan pasif berupa pipa berkonduktivitas tinggi yang diisi dengan fluida. Fluida menerima panas pada evaporator dan melepaskan panas pada kondensor; menghasilkan pendinginan pada kondensor [7].

Perpindahan Panas dan Resistansi Termal:
Proses perpindahan panas merupakan aliran energi akibat perbedaan suhu [8]. Diperhitungkan pemodelan penerimaan dan perpindahan panas sistem CPV dalam kondisi *steady-state* untuk menemukan suhu kerja sistem. Kemampuan suatu material untuk memindahkan panas dideskripsikan oleh resistansi termal, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan perpindahan panas yang lebih sulit [9]. Resistansi termal total suatu sistem diperhitungkan dari gabungan resistansi termal konduksi serta konveksi sistem CPV digunakan untuk memperhitungkan peningkatan suhu sistem CPV berdasarkan panas dari iradiasi matahari yang diterima.

PERHITUNGAN TEORITIS DAN PENGUKURAN NYATA

Perhitungan teoritis mengasumsikan kondisi iradiasi 818.73 W/m² tanpa adanya angin, Hasil pengukuran teoritis bila dibandingkan dengan pengukuran nyata memiliki hasil yang mendekati untuk sistem CPV-HS dan CPV-Hybrid. Sistem CPV memiliki perbedaan suhu yang besar akibat faktor pelepasan melalui radiasi dan performa konveksi yang terdukung akibat angin. Model sistem CPV-HP memiliki performa yang lebih buruk dan diakibatkan faktor angin tidak diperhitungkan, sementara pemasangan *heatsink* pada pengukuran lapangan membuat dampak dukungan konveksi akibat angin lebih efektif.

Sumber Data	CPV	CPV-HS	CPV-HP	CPV-Hybrid
Perhitungan Teoritis	115.94°C	67.91°C	74.86°C	54.89°C
Pengukuran Nyata	62.1°C	61.2°C	59.0°C	54.1°C

Hasil
Perhitungan

SARAN

- Penanganan sel surya perlu dilakukan dengan waspada untuk mencegah kerusakan.
- Melakukan pengukuran lebih dan pada periode dengan iradiasi konsisten untuk mengurangi error sensor.
- Pemodelan lebih lengkap dapat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti radiasi sistem dan angin.

REFERNSI

[1] P. Leary, Design & Evaluation of cooling systems for photovoltaic modules, 2019. Tersedia: <https://digitalworks.union.edu/theses/2357/>.

[2] S. Kiyae, Y. Saboohi dan A. Z. Moshfegh, A new designed linear Fresnel lens solar concentrator based on spectral splitting for passive cooling of solar cells, 2021. DOI: 10.1016/j.enconman.2020.113782.

[3] R. Rabie, M. Emam, A. Elwardany, S. Ookawara dan M. Ahmed, Performance evaluation of concentrator photovoltaic systems integrated with combined passive cooling techniques, Nov. 2021. DOI: 10.1016/j.solener.2021.09.055.

[4] S. El Himer, S. El Ayane, S. El Yahyaoui, J. P. Salvestrini dan A. Ahaitouf, Photovoltaic concentration: Research and development, 2020. DOI: 10.3390/en13215721.

[5] E. Kozak-Jagiela, P. Cisek dan P. Oclo'n, Cooling techniques for PV panels: A Review, Mar. 2023. DOI: 10.58332/scirad2023v21a03.

[6] M. Krstic, L. Pantic, S. Djordjevic et al., Passive cooling of photovoltaic panel by aluminum heat sinks and numerical simulation, Jan. 2024. DOI: 10.1016/j.jasej.2023.102330.

[7] S. U. Khalid, H. Babar, H. M. Ali, M. M. Janjua dan M. A. Ali, Heat pipes: Progress in thermal performance enhancement for Microelectronics, 2020. DOI: 10.1007/s10973-020-09820-7.

[8] J. Lienhard, A Heat Transfer Textbook: Fifth Edition (Dover Books on Engineering). Dover Publications, 2019, ISBN: 9780486837352. Tersedia: <https://books.google.co.id/books?id=FGG2xAEACAAJ>

[9] ROHM Semiconductor, Basics of thermal resistance and heat dissipation, 2021. Tersedia: https://fscdn.rohm.com/en/products/databook/applinote/common/basics_of_thermal_resistance_and_heat_dissipation_an-e.pdf.

KESIMPULAN

- Penurunan suhu sistem adalah 0.20°C - 0.70°C (CPV-HS), 0.60°C - 1.10°C (CPV-HP), dan 2.8°C - 3.6°C (CPV-Hybrid.)
- Peningkatan produksi daya listrik untuk iradiasi tinggi adalah 3.55% (CPV-HS), 2.91% (CPV-HP), dan 2.37% (CPV-Hybrid). Untuk iradiasi rendah, peningkatan daya listrik adalah 3.02% (CPV-HS), 4.96% (CPV-HP), dan 5.08% (CPV-Hybrid).
- Terdapat korelasi antara penurunan suhu dengan peningkatan produksi daya listrik.
- Suhu kerja sistem CPV yang dihasilkan oleh pemodelan adalah 115.94°C (CPV), 67.91°C (CPV-HS), 74.86°C (CPV-HP), dan 54.89°C (CPV-Hybrid).