



Identifikasi Pengaruh Penggunaan *Heatsink* Terhadap Keluaran Modul Surya

Teuku Mizan Sya'rani Denk^{1*}, T. M. Azis Pandria², Ary Firnanda¹

¹Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat, Alue Peunyareng, Aceh Barat, 23615, Indonesia.

²Jurusan Teknik Industri Universitas Teuku Umar, Alue Peunyareng, Aceh Barat, 23615, Indonesia.

*Corresponding author: mizan@aknacehbarat.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 05-10-2022
Revision: 29-10-2022
Accepted: 31-10-2022

Keywords:

Modul surya
Heatsink
Tegangan keluaran

ABSTRACT

Panas matahari yang diserap oleh modul surya dapat menaikkan suhu dan menurunkan tegangan keluarannya. Upaya penurunan suhu modul surya agar dalam kondisi standar diperlukan untuk menjaga agar kinerjanya tetap optimal. Pemasangan bahan penyerap panas seperti *heatsink* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan sebagai upaya mendinginkan modul surya. *Heatsink* mampu mengurangi suhu rata-rata modul surya hingga 2,43°C dan meningkatkan tegangan keluaran rata-rata modul surya hingga 2,23 Volt. Kondisi ini dapat dilihat dari rata-rata tegangan output Voc modul surya yang ditambahkan *heatsink* dapat mencapai tegangan rata-rata 20,76 Volt dibandingkan dengan modul tanpa penambahan *heatsink* 18,52 Volt. Disimpulkan bahwa penambahan bahan penyerap panas berupa *heatsink* lebih efektif menurunkan suhu modul surya dari pada tanpa menggunakan *heatsink*.

1. PENDAHULUAN

Modul surya atau *photovoltaic module* merupakan gabungan sejumlah sel fotovoltik yang dapat mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovoltik [1]. Sel surya adalah elemen aktif yang memanfaatkan efek fotovoltik untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik searah tanpa menggunakan bagian mekanis yang bergerak dan juga bahan bakar [2]. Konfigurasi dari sejumlah sel membentuk modul, dan seterusnya sejumlah modul membentuk konfigurasi array [3][4]. Umumnya sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu *monocrystalline* (mono-Si), *polycrystalline* (poly-Si), dan *thin film* [5]. Setiap jenis sel surya memiliki tingkat efisiensi yang berbeda, seperti *monocrystalline* dan *polycrystalline* bisa mencapai 30%, sementara *thin film* bisa mencapai 20% [4].

Sinar radiasi matahari yang diserap sel surya dapat menaikkan suhu sel dan sisa energi lainnya terbuang dalam bentuk panas [6]. Kondisi ini mempengaruhi kinerja sel surya terutama pada jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline* yang memberikan pengaruh terhadap penurunan tegangan keluaran yang cukup drastis saat terjadi kenaikan suhu [7]. Rentang kerja suhu kerja normal sel surya berada pada $25 \pm 1^\circ\text{C}$, dan jika suhu sel surya melebihi suhu kerja normal tersebut akan dapat mempengaruhi tegangan keluaran [8]. Untuk setiap kenaikan suhu per 1°C saja (dari 25°) dapat mengurangi 0.5 % dari total daya yang dihasilkan [9]. Berbeda dengan tegangan keluaran, arus hubung singkat (Isc) akan mengalami sedikit peningkatan dengan adanya kenaikan suhu. Karakteristik dari sel surya yang sangat tidak linear juga dipengaruhi oleh sejumlah faktor eksternal lainnya seperti faktor lingkungan (irradiasi matahari, suhu, kecepatan angin) [10].

Secara umum metode pendinginan yang dikenal diantaranya pendinginan dengan udara, pendinginan dengan cairan, imersi, pipa panas dan termoelektrik [6]. Contoh pendinginan dengan sirkulasi air menggunakan peralatan pompa atau dengan sirkulasi udara menggunakan peralatan blower, penggunaan *Heatsink* pada modul surya juga telah dilakukan. Dua metode pertama yang telah disebutkan dinilai kurang efektif karena harus menggunakan energi untuk sirkulasi air dan udara. Metode pendinginan menggunakan *heatsink* dengan aliran udara normal dinilai lebih tepat digunakan karena tidak memerlukan energi tambahan lainnya [11]. Semua metode pendinginan tersebut bertujuan

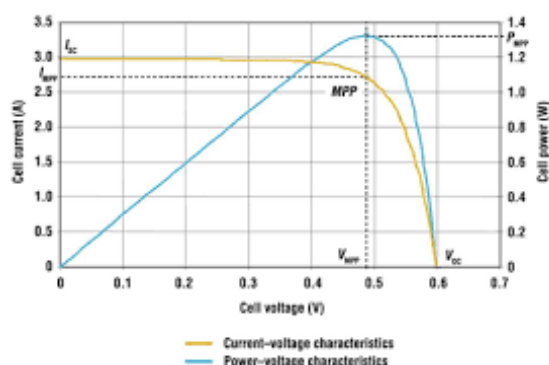
untuk meningkatkan efisiensi modul sehingga dapat menghasilkan tegangan keluaran yang optimal [10]. *Heatsink* merupakan komponen berkonduktivitas termal tinggi yang berbentuk plat dengan sejumlah sirip untuk memperluas kontak permukaan. Saat dipasang pada komponen elektronik, akan terjadi konduksi kalor dari pelat dasar menuju sirip untuk kemudian konveksi kalor dari sirip ke lingkungan [11].

Andi Pawawoi dalam artikelnya menyebutkan peningkatan intensitas cahaya dapat meningkatkan daya keluaran sekaligus berdampak pada turunnya tegangan *output* yang disebabkan oleh naiknya temperatur modul surya yang merupakan pengaruh ikutan dari peningkatan intensitas cahaya. Upaya yang dilakukan dengan menambahkan pendingin *heatsink* pada panel surya yang dilengkapi reflektor [6]. Ant. Ardath Kristi dalam artikel penelitiannya melakukan perancangan sistem pendingin modul surya menggunakan *controler water spray* yang dipasang di atas dan bawah modul. Sistem dirancang menggunakan *controler* berbasis arduino Uno yang berfungsi untuk menjalankan pompa guna menyemprotkan air ke modul surya. Disain dirancang dan diaplikasikan pada 4 buah modul dengan kapasitas masing - masing 100 Wp. Hasil pengukuran menghasilkan peningkatan efisiensi daya sebesar 0,21 - 5,04% [12]. Hal tersebut melandasi penulis untuk melakukan penelitian yang mengidentifikasi penggunaan *heatsink* dan pengaruhnya pada tegangan keluaran (V_{oc}) modul surya. Usaha yang dilakukan adalah menambahkan *Heatsink* aluminium guna menurunkan suhu permukaan modul agar mendekati suhu normal yaitu pada rentang suhu 25°C

1.1. Karakteristik sel surya

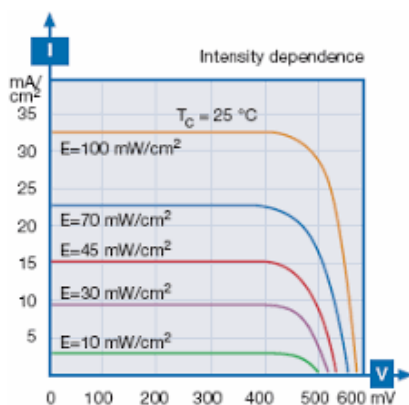
Sel surya terdiri dari sambungan bahan semi konduktor tipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang berkerja mengalirkan elektron jika terkena sinar matahari, dan aliran ini yang juga disebut sebagai aliran arus listrik [1]. Terdapat beberapa karakteristik dari sel surya, diantaranya karakteristik daya, karakteristik arus (I) dan tegangan (V) irradiance dan karakteristik arus (I) dan tegangan (V) temperatur [8]. Penjelasan dari masing - masing karakteristik sel surya, diantaranya;

- A. Karakteristik daya; merupakan kurva hasil perkalian arus dan tegangan. Pada kurva V-I memperlihatkan daya keluaran yang dapat diberikan oleh sel surya. Pada kurva V-I tersebut terdapat sebuah titik maksimum yang disebut Maximum Power Point (MPP)[6]. Nilai daya pada MPP dinotasikan dengan PMPP seperti ditampilkan pada gambar 1



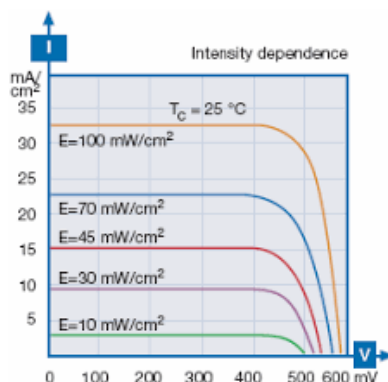
Gambar 1. Kurva MPP terhadap I -V [6].

- B. Karakteristik I-V Irradiance; merupakan kurva yang memperlihatkan hubungan antara arus terhadap tegangan pada suatu nilai *irradiance* tertentu [6]. Hubungan tersebut seperti tampak pada gambar 2



Gambar 2. Kurva I-V terhadap irradiance [6].

C. Karakteristik I-V temperatur; menggambarkan sebuah hubungan antara arus terhadap tegangan pada temperatur tertentu [6]. Hubungan tersebut seperti tampak pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva I-V terhadap temperatur [6].

1.2. Sistem Pendinginan

Sistem pendingin merupakan suatu perlakuan yang berfungsi untuk menjaga temperatur suatu benda agar berada dalam kondisi ideal dengan cara memindahkan panas dari benda tersebut ke udara [7]. Perpindahan panas pada dasarnya merupakan akumulasi perpindahan energi dari suatu tempat ke tempat lain. Perpindahan panas akan terjadi bila terdapat perbedaan temperatur antara dua bagian benda. Panas akan berpindah dari benda temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah [13].

Terdapat beberapa model sistem pendinginan yang umum digunakan diantaranya: pendinginan dengan hembusan udara, pendinginan dengan aliran air, pendinginan dengan *Heatsink* dan kombinasi dari semua model pendinginan tersebut [14]. *Heatsink* merupakan plat yang terbuat dari material aluminium atau juga tembaga yang dibentuk memiliki sirip – sirip untuk memperluas bidang sentuh dengan udara atau fluida pendingin lainnya seperti tampak pada gambar 4. Model pendingin heatsink bisa diaplikasikan tanpa harus dikombinasikan dengan model pendingin lainnya [6].



Gambar 4. Hestsink dari material aluminium [15].

2. METODE PENELITIAN

Pengamatan dilakukan pada dua instalasi modul surya yang identik sama seperti tipe, dimensi dan negara asal produksi. Perbedaan dari kedua instalasi ini terletak pada salah satu modul surya yang ditambahkan *Heatsink* disisi belakangnya. Masing – masing instalasi modul surya menggunakan jenis modul surya tipe *polycrystalline* 10 Wp.

Proses pengambilan data dilakukan secara bersamaan pada kedua instalasi modul surya dengan interval waktu 10 menit selama matahari berada di puncak pada lokasi (PSH = *Peak Sun Hours*), dari pukul 12.00 sampai 13.00. Hal ini dilakukan untuk menghindari perubahan intensitas cahaya matahari dan suhu lingkungan. Data yang diambil meliputi suhu lingkungan, irradiansi matahari dan suhu permukaan modul surya. Intensitas cahaya matahari dipantau menggunakan Lux meter, dan pengukuran terhadap temperatur dilakukan dengan *Infrared Thermometer*. Kedua alat ini dipilih karena kemudahan penggunaannya pada pengukuran temperatur permukaan dari modul surya.

2.1. Bahan penelitian

Beberapa bahan penelitian yang digunakan diantaranya adalah:

- A. Modul surya

Modul surya yang digunakan tipe *polycrystalline* 10 Wp Merk Yunde Produk China sebanyak 2 buah dengan dimensi 36 x 23,5 cm. Modul surya sudah diperiksa terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memastikan berfungsi dengan baik. Tegangan keluaran yang terukur adalah 16.79 Volt dengan suhu modul 48°C, suhu lingkungan 37°C. Detil spesifikasi modul surya ditampilkan pada Tabel 1 dan bentuk fisiknya seperti tampak pada Gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi Modul Surya

Rated maximum power	10 Wp
Voltage at Pmax (Vmp)	17,40 V
Current at Pmax (Imp)	0,58 A
Open - Circuit voltage (Voc)	22,04 V
Short - Circuit (Isc)	0,63 A
Maximum sytem voltage	700 vdc
Cell technology	Poly - si
Weight	1,2 kg
Dimension	350*235*18



Gambar 5. Modul Surya terpasang pada *Frame*

B. Heatsink

Heatsink yang digunakan jenis aluminium sebanyak 2 keping yang memiliki sisi panjang yang sama dengan dimensi 14 x 14 x 16 mm. Bentuk fisik dari *Heatsink* seperti tampak pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk Fisik *Heatsink* yang digunakan

2.2. Peralatan penelitian

Spesifikasi teknis dari peralatan yang digunakan pada penelitian ini seperti :

A. Thermometer laser

Alat untuk mengukur suhu permukaan yang digunakan berupa termometer laser Merk Benetech GM320 Non-Contact Laser dipilih dengan tujuan agar tidak ada sentuhan tangan yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran nantinya. Bentuk fisik thermometer laser yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Thermometer laser

B. Luxmeter digital

Pengukuran terhadap intensitas cahaya matahari digunakan lux meter digital dengan code HS1010 HS1010A LCD Digital Light Meter Illuminance 1-200000LUX dan sudah dilengkapi berbagai fitur diantaranya pemilihan tingkat pengukuran otomatis, fungsi penahan hasil pembacaan maksimum dan minimum serta perekaman data otomatis. Bentuk fisik dari Lux meter digital yang digunakan seperti tampak pada Gambar 8.



Gambar 8. Luxmeter digital

C. Multimeter digital;

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur berbagai parameter listrik seperti arus, tegangan serta tahanan dan sudah dalam bentuk digital. Multimeter merk masda DT830B tersebut juga dapat menguji dioda dan transistor. Bentuk fisik dari Multimeter digital yang digunakan seperti tampak pada Gambar 9.



Gambar 9. Multimeter digital

2.3. Pemasangan Perangkat Penelitian

Sebelum dilakukan pemasangan semua perangkat untuk penelitian, terlebih dahulu dilakukan penentuan posisi penempatan modul surya yang tepat sesuai koordinat lokasi agar modul surya tidak mengalami *shading* sehingga mendapatkan efek panas dari matahari secara maksimal [16]. Langkah – langkah yang dilakukan:

- Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah membuat tempat dudukan atau rangka penempatan modul surya. Dudukan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga modul surya dapat diletakkan dengan tepat serta kaki-kakinya harus sama panjang agar tidak terjadi kemiringan posisi modul suryanya.
- Langkah kedua yaitu pemasangan perangkat atau komponen penyerap panas pada masing masing modul surya. Pasta termal digunakan untuk merekatkan komponen tadi dengan modul surya. Masing – masing komponen tersebut ditempelkan pada bagian bawah atau belakang dari modul surya.
- Langkah ketiga memastikan berfungsinya dengan baik semua alat - alat ukur dengan cara menguji satu persatu alat – alat ukur tersebut. Setelah diuji dilanjutkan ke proses pengukuran.

2.4. Pengukuran Suhu, Iradiasi dan Tegangan Keluaran

Setelah dilakukan tahapan tersebut diatas, selanjutnya melakukan pengukuran suhu dan tegangan keluaran dari modul surya seperti tampak pada Gambar 10a,b.



(a) (b)
Gambar 10a,b Pengukuran suhu modul, iradiasi dan tegangan keluaran.

Pengukuran dilakukan dari pukul 12.00 s/d 13.40. Waktu ini dipilih karena intensitas sinar matahari sedang berada pada titik tertinggi [16]. Rentang waktu pengukuran diambil dalam 10 menit sekali, dengan data yang diambil berupa suhu dan tegangan keluaran dimana kedua parameter tersebut menjadi indikator kinerja material yang ditempelkan pada modul surya [6].

Hasil pengukuran dilakukan untuk dua kondisi, pertama pada kondisi modul surya tanpa pendingin (tidak menggunakan *Heatsink*) seperti ditampilkan pada Tabel 2, dan pada kondisi menggunakan pendingin (menggunakan *Heatsink*) seperti ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai irradiasi, suhu lingkungan, suhu modul, tegangan pada modul tanpa *Heatsink*

Waktu (Jam)	suhu modul		Isc (mA)	Im (mA)	Voc (Volt)	Vm (Volt)	P (Watt)	suhu lingk. (°C)	irradiasi (Watt)
	atas	bawah							
08.00-08.30	30,4	30,1	0,64	0,57	19,4	16,7	9,51	28,8	136,41
08.30-09.00	32,1	31,9	0,73	0,6	19,7	17,5	10,54	29,7	395,66
09.00-09.30	31,5	31	0,67	0,54	18,9	15,8	8,54	28,4	249,51
09.30-10.00	33,5	33	0,7	0,59	19,6	17,2	10,19	31,8	458,53
10.00- 10.30	33,7	33,3	0,66	0,55	18,8	16,1	8,86	31,5	402,11
10.30- 11.00	32,3	32,1	0,63	0,52	18,6	15,2	7,92	32,4	412,71
11.00- 11.30	31,8	31,3	0,66	0,56	18,7	16,4	9,18	30	393,42
11.30 - 12.00	31	30,8	0,6	0,53	17,9	15,5	8,23	29,8	384,73
12.00 - 12.30	33,2	32,9	0,59	0,51	17,4	14,9	7,62	31,7	492,17
12.30 - 13.00	33,8	33,2	0,61	0,54	18,1	15,8	8,54	30,5	457,41
14.00 - 14.30	32,3	31,9	0,65	0,57	18,7	16,7	9,51	30,4	447,14

14.30 - 15.00	32,7	32,1	0,65	0,57	18,7	16,7	9,51	30,5	452,67
15.00 - 15.30	31,7	31,1	0,6	0,53	17,6	15,5	8,23	30,5	461,36
15.30- 16.00	30,9	30,7	0,55	0,49	17,3	14,3	7,03	31,3	347,47

Tabel 3. Nilai irradiansi, suhu lingkungan, suhu modul, tegangan pada modul dengan *Heatsink*

Waktu (Jam)	Suhu modul		Isc (mA)	Im (mA)	Voc (volt)	Vm (volt)	P (Watt)	suhu lingk. (°C)	iradiansi (watt)	Suhu heatsink
	Atas	bawah								
08.00-08.30	29,8	29,5	0,71	0,55	21,4	16,2	8,95	28,8	136,41	32,7
08.30-09.00	30,1	29,7	0,83	0,76	23,3	22,4	17,09	29,7	395,66	33,4
09.00-09.30	30	29,4	0,87	0,63	20,8	18,6	11,74	28,4	249,51	33,7
09.30-10.00	29,9	29,1	0,95	0,75	22,9	22,2	16,65	31,8	458,53	32,9
10.00- 10.30	29,7	29,3	0,78	0,51	17,3	15,1	7,69	31,5	402,11	32,5
10.30- 11.00	30,2	29,9	0,93	0,66	20,1	19,5	12,89	32,4	412,71	34,3
11.00- 11.30	30,4	30	0,89	0,59	20,8	17,4	10,3	30	393,42	35,7
11.30 - 12.00	29,6	28,9	0,99	0,88	23,6	21	22,92	29,8	384,73	34,8
12.00 - 12.30	28,8	28,3	1,05	0,91	19,3	17,9	24,51	31,7	492,17	35,9
12.30 - 13.00	29,7	29,1	1,07	0,68	20,9	20,1	13,68	30,5	457,41	34,8
14.00 - 14.30	30,2	29,6	1,04	0,93	21,2	19,5	25,6	30,4	447,14	34,3
14.30 - 15.00	29,8	29,2	1,01	0,9	21,2	19,6	23,97	30,5	452,67	33,2
15.00 - 15.30	28,7	28,3	1,06	0,89	19,8	16,3	23,44	30,5	461,36	32,9
15.30- 16.00	29,9	29,5	1,05	0,85	18,1	16,6	21,38	31,3	347,47	33,1

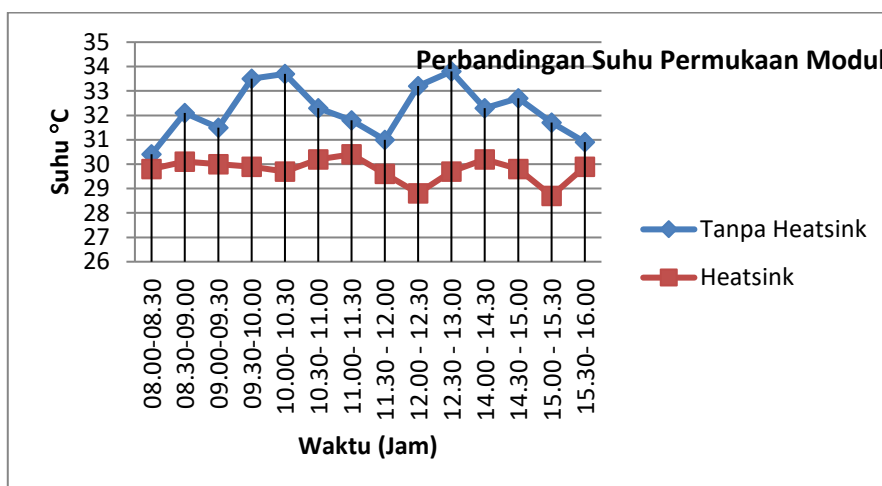
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu rata – rata modul surya tanpa bahan pendingin heatsink dibagian atas yang diukur dari pukul 08.00 – 16.00 mencapai 32.20°C dengan tegangan keluaran (V_{oc}) rata – rata 18,52. Untuk suhu rata – rata pada bagian bawah modul tercatat 31,81°C, atau terjadi selisih 0,39°C dari suhu bagian atas modul.

Nilai tersebut berdasarkan pada nilai irradiansi rata – rata 1083 W/m² dengan suhu lingkungan rata – rata 30.52°C. Untuk suhu rata – rata modul surya yang menggunakan bahan pendingin heatsink pada bagian atas modul yang diukur dari 08.00 – 16.00 mencapai 29,77°C dengan tegangan keluaran (V_{oc}) rata – rata 20,76. Pada bagian bawah modul tercatat suhu permukaan 29,27°C atau terdapat selisih 0,5°C. Nilai tersebut juga berdasarkan pada nilai irradiansi rata – rata 1083 W/m² dengan suhu lingkungan rata – rata 30.52°C.

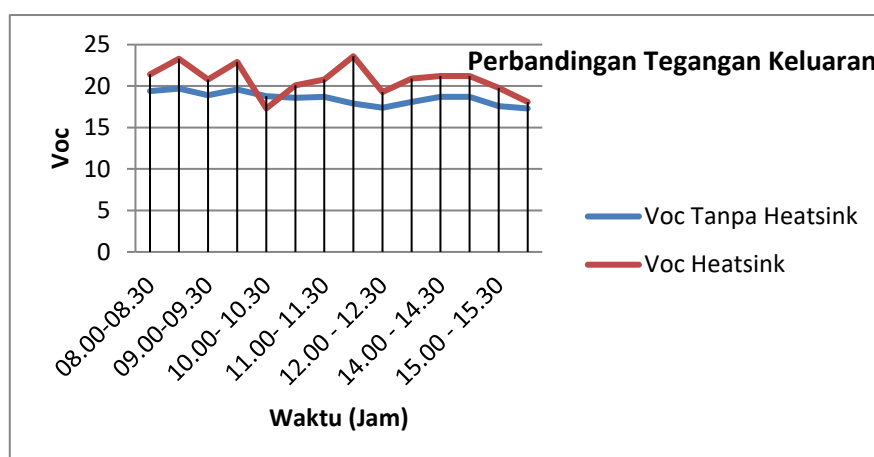
Dari kedua kondisi diatas terlihat bahwa pada modul surya yang menggunakan pendingin heatsink terjadi penurunan suhu pada permukaanya, baik pada sisi bawah maupun pada sisi atas modul. Hal ini tentunya ikut berdampak pada tegangan keluaran (V_{oc}), dimana terjadi selisih nilai rata – rata sebesar 2,24 V. Kondisi ini menunjukkan bahwa bahan pendingin heatsink benar – benar dapat bekerja sebagai bahan penyerap panas yang baik sehingga berdampak pada tegangan keluaran dari modul surya.

Dari nilai irradiansi, suhu lingkungan, suhu modul dan tegangan keluaran (V_{oc}) yang disajikan dari kedua tabel diatas terlihat perbandingan terhadap setiap parameternya dalam sebuah grafik. Grafik tersebut menyajikan gambaran kinerja modul surya yang ditambahkan bahan pendingin dengan yang tidak ditambahkan bahan pendingin. Perbandingan tersebut seperti terlihat pada grafik 1, dan untuk perbandingan tegangan keluaran yang dihasilkan dari kedua jenis modul terlihat pada grafik 2.



Grafik 1. Perbandingan suhu modul surya dengan dan tanpa pendingin

Nilai pada grafik 1 menampilkan perbedaan suhu yang terjadi pada permukaan bagian atas modul. Modul yang menggunakan tambahan *heatsink* ditandai sebagai garis merah memiliki suhu permukaan cenderung lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak menggunakan *heatsink* yang ditandai dengan garis biru. Perbedaan ini terjadi hampir disepanjang waktu pengukuran yang dimulai dari pukul 08.00 sampai 16.00 WIB. Perbedaan suhu yang terjadi dari kedua permukaan tersebut tentunya berdampak pada tegangan keluaran dari modul surya seperti ditampilkan pada Grafik 2.



Grafik 2. Perbandingan tegangan modul surya dengan dan tanpa pendingin

Terlihat tegangan yang dihasilkan modul surya yang menggunakan *heatsink* ditandai dengan garis merah lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak menggunakan *heatsink* yang ditandai dengan garis biru. Kondisi ini terutama terjadi pada saat cahaya matahari mendekati waktu optimum diantara pukul 11.00 sampai 12.00, dimana pada waktu tersebut terjadi lonjakan panas yang cukup tinggi. Panas yang terjadi pada permukaan modul akibat dari peningkatan intensitas radiasi ikut mempengaruhi tegangan keluaran dari modul. Semakin tinggi suhu permukaan modul surya maka akan semakin terjadi penurunan tegangan keluaran. Namun kondisi ini tidak terlalu berpengaruh pada modul surya yang menggunakan *heatsink*, terutama pada waktu 11.00 sampai 12.00 dimana pada saat itu mulai terjadi peningkatan suhu permukaan modul akibat semakin tingginya intensitas radiasi matahari.

Perbandingan kedua data yang disajikan pada grafik diatas menunjukkan kecenderungan bahwa semakin besar penurunan suhu yang terjadi semakin besar pula tegangan keluaran yang dihasilkan oleh modul surya. Penambahan *heatsink* dapat menyerap panas dan berhasil menurunkan suhu modul surya hingga mendekati suhu kerja normal menjadikan kinerja modul lebih baik bila dibandingkan dengan yang tidak menggunakan *heatsink*.

4. KESIMPULAN

Modul surya yang ditambahkan bahan penyerap panas seperti *heatsink* memiliki suhu rata – rata 29.78°C pada permukaan atas dengan tegangan keluaran rata – rata (Voc) 20.77 Volt. Nilai ini jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan modul surya yang tidak ditambahkan *heatsink* yang hanya menghasilkan tegangan rata – rata pada

suhu modul rata - rata 32.20°C. perbandingan suhu tersebut mengakibatkan tegangan dari kedua modul memiliki selisih nilai tegangan keluaran sebesar 2.25 Volt.

Untuk mempertahankan tegangan keluaran (Voc) agar selalu berada pada nilai optimal diperlukan penambahan perangkat dari berbagai macam material penyerap dan pelepas panas. Penambahan *heatsink* untuk menurunkan suhu modul surya ternyata lebih efektif bila dibandingkan tanpa bahan penggunaan *heatsink*. Namun demikian, diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan dengan membandingkan bahan penyerap panas selain dari bahan *heatsink*

REFERENCES

- [1] D. Almanda and D. Bhaskara, "Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan Air Laut," *Resist. (elektRONIKA kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 1, no. 2, p. 43, 2018, doi: 10.24853/resistor.1.2.43-52.
- [2] A. Syuhada, Z. Fuadi, and B. A. Satari, "Analisa Potensi Energi Surya untuk Energi Listrik Banda Aceh dan Sekitarnya," *Anal. Potensi Energi Surya untuk Energi List. Banda Aceh dan Sekitarnya*, vol. 7, no. 1, pp. 15–20, 2019.
- [3] K. Mertens, *Photovoltaics*, First. Steinfurt, 2014.
- [4] Ihsan, "Peningkatan Suhu Modul dan Daya Keluaran Panel Surya dengan Menggunakan Reflektor" *J. Teknosains*, vol. 7, no. 2, pp. 275–276, 2013.
- [5] Danny Santoso Mintorogo, "Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaic Cells) pada Perumahan dan Bangunan Komersial," *Dimens. (Jurnal Tek. Arsitektur)*, vol. 28, no. 2, pp. 129–141, 2000, [Online]. Available: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/ars/article/view/15736>.
- [6] "View of Penambahan Sistem Pendingin Heatsink Untuk Optimalisasi Penggunaan Reflektor Pada Panel Surya.pdf," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [7] H. Isyanto, Budiyanto, Fadliandi, and P. G. Chamdareno, "Pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017*, 2017, no. November, pp. 1–2.
- [8] Afriandi, I. Yusuf, and A. Hiendro, "Implementasi Water Cooling System Untuk Menurunkan Temperature Losses Pada Panel Surya," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 2, pp. 3–5, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994%0Ahttp://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21994/17633>.
- [9] E. Saputra, D. Purwanto, S. R. Rahim, and A. I. Bakhtiar, "Peningkatan Performa Panel Surya dengan Sistem Pendingin Untuk Mereduksi Panas Permukaan," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 23, no. 1, pp. 28–35, 2022, doi: 10.23917/mesin.v23i1.16390.
- [10] S. Yuliananda, G. Sarya, and R. Retno Hastijanti, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," Surabaya, 2015.
- [11] T. A. Ajiwiguna, "Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Hambatan Termal Heat Sink Untuk Pendingin Elektronik," *TEKTRIKA - J. Penelit. dan Pengemb. Telekomun. Kendali, Komputer, Elektr. dan Elektron.*, vol. 1, no. 2, pp. 144–147, 2019, doi: 10.25124/tektrika.v1i2.1748.
- [12] A.- Alhaddad *et al.*, "Perancangan Sistem Pendingin Photovoltaic dengan Memanfaatkan Kontroler Water Spray," *Elkha*, vol. 12, no. 2, p. 47, 2020, doi: 10.26418/elkha.v12i2.39647.
- [13] S. A. Kaban, M. Jafri, and G. Gusnawati, "Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan Cermin," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 5, no. 2, pp. 108–117, 2020, doi: 10.35508/fisa.v5i2.2243.
- [14] R. Yanuariza, "Pengaruh Variasi Pendinginan Terhadap Peforma Photovoltaik Kapasitas 100 WP Ddngan Variasi Sudut Kemiringan 0°, 5° dan 10°. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan," no. October, 2015.
- [15] mouser, "Heat-Sink-Kit," <https://www.mouser.co.id/>, 2022.
<https://www.mouser.co.id/ProductDetail/Cincon/M-C092-Heat-Sink-Kit> (accessed Nov. 05, 2022).
- [16] T. M. A. Pandria and N. Prasanti, "Penerapan Panel Surya sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar," *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 2320–2329, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i4.3477.