

**LAPORAN AKHIR**  
**PENELITIAN PUBLIKASI NASIONAL MADYA**



**SISTEM PENDINGIN BERTENAGA SURYA  
MENGUNAKAN MATERIAL PERUBAHAN FASA**

Oleh;

Ir. Rifky, S.T., M.M., M.T., IPP. (NIDN. 0305046501)  
Agus Fikri, S.T., M.M., M.T. (NIDN. 0319087101)  
Arry Avorizano, S.Kom., M.Kom. (NIDN. 0328056901)  
Eki Hadi Setiawan (NIM.1903035017)  
Yasir Aqil Maulana (NIM.1903035037)  
Thoriq Akbar Nafis (NIM. 1903035065)  
Arif Fikry Arrasyid (NIM. 1903035047)

Nomor Kontrak Penelitian: 97/F.03.07/2023  
Dana Penelitian: Rp 8.000.000,-

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF DR HAMKA**  
**JAKARTA**  
**TAHUN 2023**

## SPK PENELITIAN YANG SUDAH DI TANDA TANGANI OLEH PENELITI, KETUA LEMLITBANG, DAN WAKIL REKTOR II



### UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Jln. Tanah Merdeka, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
Telp. 021-8416624, 87781809; Fax. 87781809

#### SURAT PERJANJIAN KONTRAK KERJA PENELITIAN LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF DR HAMKA

Nomor : 97 / F.03.07 / 2023  
Tanggal : 1 Maret 2023

#### *Bismillahirrahmanirrahim*

Pada hari ini, Kamis, tanggal Satu, bulan Desember, Tahun Dua Ribu Dua Puluh Dua, yang bertanda tangan di bawah ini **Dr. apt. Supandi M.Si.**, Ketua Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, selanjutnya disebut sebagai PIHAK PERTAMA; **Ir. RIFKY S.T., M.M., M.T., IPP.**, selanjutnya disebut sebagai PIHAK KEDUA.

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA sepakat untuk mengadakan Perjanjian Kontrak Kerja Penelitian yang didanai oleh RAPB Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

#### Pasal 1

PIHAK KEDUA akan melaksanakan kegiatan penelitian dengan judul : **SISTEM PENDINGIN BERTENAGA SURYA MENGGUNAKAN MATERIAL PERUBAHAN FASA** dengan luaran wajib dan luaran tambahan sesuai data usulan penelitian Batch 2 Tahun 2022/2023 melalui [simakip.uhamka.ac.id](mailto:simakip.uhamka.ac.id).

#### Pasal 2

Kegiatan tersebut dalam Pasal 1 akan dilaksanakan oleh PIHAK KEDUA mulai tanggal 1 Maret 2023 dan selesai pada tanggal 1 Agustus 2023.

#### Pasal 3

- (1) Bukti progres luaran wajib dan tambahan sebagaimana yang dijanjikan dalam Pasal 1 dilampirkan pada saat Monitoring Evaluasi dan laporan.
- (2) Luaran penelitian, dalam hal luaran publikasi ilmiah wajib mencantumkan ucapan terima kasih kepada pemberi dana penelitian Lemlitbang UHAMKA dengan menyertakan nomor kontrak dan Batch 2 tahun akademik 2022/2023.
- (3) Luaran penelitian yang dimaksud wajib PUBLISH, maksimal 1 tahun sejak tanggal SPK.

#### Pasal 4

Berdasarkan kemampuan keuangan lembaga, PIHAK PERTAMA menyediakan dana sebesar Rp.8.000.000,- (Terbilang : *Delapan Juta*) kepada PIHAK KEDUA untuk melaksanakan kegiatan tersebut dalam Pasal 1. Sumber biaya yang dimaksud berasal dari RAB pada Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA Tahun Anggaran 2022/2023.

#### Pasal 5

Pembayaran dana tersebut dalam Pasal 4 akan dilakukan dalam 2 (dua) termin sebagai berikut:  
(1) Termin 1 70 % : Sebesar 5.600.000 (Terbilang: *Lima Juta Enam Ratus Ribu Rupiah*) setelah PIHAK KEDUA menyerahkan proposal penelitian yang telah direview dan diperbaiki sesuai saran

reviewer pada kegiatan tersebut Pasal 1.

(2) Termin II 30 % : Sebesar 2.400.000 (Terbilang: Dua Juta Empat Ratus Ribu Rupiah) setelah PIHAK KEDUA mengunggah laporan akhir penelitian dengan melampirkan bukti luaran penelitian wajib dan tambahan sesuai Pasal 1 ke [simakip.uhamka.ac.id](http://simakip.uhamka.ac.id).

#### Pasal 6

- (1) PIHAK KEDUA wajib melaksanakan kegiatan tersebut dalam Pasal 1 dalam waktu yang ditentukan dalam Pasal 3.
- (2) PIHAK PERTAMA akan melakukan monitoring dan evaluasi pelaksanaan kegiatan tersebut sebagaimana yang disebutkan dalam Pasal 1. Bila PIHAK KEDUA tidak mengikuti Monitoring dan Evaluasi sesuai dengan jadwal yang ditentukan, tidak bisa melanjutkan penyelesaian penelitian dan harus mengikuti proses Monitoring dan Evaluasi pada periode berikutnya.
- (3) PIHAK PERTAMA akan membekukan akun SIMAKIP PIHAK KEDUA jika luaran sesuai pasal 3 ayat (3) belum terpenuhi.
- (4) PIHAK PERTAMA akan mendenda PIHAK KEDUA setiap hari keterlambatan penyerahan laporan hasil kegiatan sebesar 0,5 % (setengah persen) maksimal 20% (dua puluh persen) dari jumlah dana tersebut dalam Pasal 4.
- (5) Dana Penelitian dikenakan Pajak Penghasilan (PPH) dari keseluruhan dana yang diterima oleh PIHAK PERTAMA sebesar 5 % (lima persen).
- (6) PIHAK PERTAMA akan memberikan dana penelitian Termin II dalam pasal 5 ayat (2) maksimal 29 Agustus 2023.

Jakarta, 1 Maret 2022

PIHAK PERTAMA  
Lembaga Penelitian dan Pengembangan  
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA  
Ketua,

PIHAK KEDUA  
Peneliti,

Dr. apt. Supandi M.Si.

Ir. RIFKY S.T., M.M., M.T., IPP.



**LAPORAN PENELITIAN****UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF DR. HAMKA Tahun 2023**

Judul : SISTEM PENDINGIN BERTENAGA SURYA  
MENGUNAKAN MATERIAL PERUBAHAN FASA

Ketua Peneliti : Ir. Rifky, S.T., M.M., M.M., IPP.

Skema Hibah : PENELITIAN PUBLIKASI NASIONAL MADYA

Fakultas : TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA

Program Studi : TEKNIK MESIN


Luaran Wajib

No	Judul	Nama Jurnal/ Penerbit/Prosiding	Level SCIMAGO/ SINTA	Progress Luaran
1	Solar Powered Cooling System Using a Thermoelectric Module	JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)	SINTA 3	Draft


**Luaran Tambahan**

No	Judul	Nama Jurnal/ Penerbit/Prosiding	Level SINTA/SCI MAGO	Progress Luaran
1	Perpaduan Panel Surya dengan Modul Termoelektrik sebagai Sistem Pendingin Ruangan Bertenaga Surya	Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Wahid Hasyim	-	Submite

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi**

  
**Delvis Agusman, S.T., M.Sc.**  
NIDN. 0311087002

Ketua Peneliti

  
**Ir. Rifky, S.T., M.M., M.T., IPP.**  
NIDN.0305046501

Menyetujui,  
**Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Informatika**

Ketua Lemlitbang UHAMKA

  
**Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si.**  
NIDN 0301126901

**Dr. apt. Supandi, M.Si**  
NIDN. 0319067801

## LAPORAN AKHIR

Judul (Title)

Sistem Pendingin Bertenaga Surya Menggunakan Material Perubahan Fasa

### Latar Belakang (Background)

Energi surya memiliki potensi dalam menyediakan sebagian besar kebutuhan pemanasan, pendinginan, dan listrik dunia (Rifky & Gaos, 2020). Untuk memanfaatkannya energi surya dieksploitasi melalui langkah-langkah fungsional penangkapan, konversi, dan penyimpanan (Rifky & Gaos, 2020). Listrik dapat dihasilkan dari energi surya secara langsung menggunakan sel surya atau sel fotovoltaik (PV) (Sampaio & González, 2017).

Pemenuhan kebutuhan pendingin udara ruang pada bangunan dan sistem refrigerasi seperti kotak pendingin membutuhkan ketersediaan mesin pendingin yang digerakkan secara termal dan listrik. Teknologi pendinginan konvensional didominasi sistem pendingin kompresi (Rifky & Gaos, 2020). Ada dua jenis teknologi pendinginan yang saat ini digunakan, yaitu kompresi uap bertenaga listrik (menggunakan gas Freon) dan pendinginan melalui penyerapan kalor (Rifky & Gaos, 2020). Teknologi termoelektrik memiliki peran alternatif dalam pengembangan teknologi pendinginan baik untuk pendingin ruang atau kotak pendingin. Modul termoelektrik dapat mengkonversi energi listrik menjadi energi panas.

Melalui pasokan energi listrik dari pembangkit listrik, maka termoelektrik dapat berfungsi sebagai pompa kalor atau sebagai pendingin. Dengan demikian sel surya dapat menjadi pemasok energi listrik bagi sistem pendingin termoelektrik. Energi cahaya surya dikonversi langsung menjadi energi listrik oleh sel surya dan energi listriknya digunakan sistem pendingin termoelektrik untuk mendinginkan ruangan kotak pendingin.

Untuk memaksimalkan proses pendinginan pada ruangan kotak pendingin digunakan phase change material (PCM) atau material perubahan fasa. PCM adalah material menyerap kalor atau melepaskan kalor saat berubah fasa

(Fauzan & Korawan, 2019). PCM dapat menyimpan kalor laten (Sutjahjono & Djumhariyanto, 2017) yang mempunyai kemampuan untuk melepaskan energi panas yang sangat tinggi dalam jangka waktu yang cukup lama tanpa perubahan temperatur. PCM dapat melepaskan panas lebih 4-5 kali setiap satuan volume dibandingkan bahan penyimpan energi konvensional seperti air atau batu (Pratama, 2022).

#### **Tujuan Riset (Objective)**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengupayakan sebanyak mungkin kalor yang dapat diserap oleh sistem pendingin termoelektrik dari ruangan kotak pendingin dan mendapatkan temperatur ruangan kotak pendingin serendah mungkin. Penelitian ini menjadi penting untuk mendapatkan sistem pendingin alternatif yang mudah dalam konstruksi, aman dalam pemakaian dan ramah lingkungan. Spesifikasi dari penelitian ini adalah penggunaan dua sistem konverter energi, yaitu panel surya dan pendingin termoelektrik serta perangkat pendukungnya yang terdiri dari heatsink, phase change material, dan kipas. Dengan demikian sistem pendingin pada ruangan kotak pendingin tersebut dapat menjadi substitusi sistem pendingin konvensional

#### **Metodologi (Method)**

Perancangan dan pembuatan alat penelitian dilakukan lebih dahulu. Model pendingin dibuat dari kotak pendingin yang dipasangkan sistem pendingin termoelektrik dan heatsink pada sisi dingin dan sisi panasnya. Antara sisi dingin termoelektrik dan heatsink dipasang PCM, sedangkan antara sisi panas termoelektrik dan heatsink dipasang kipas. Panel surya ditempatkan di luar Gedung, sedangkan kotak pendingin diletakkan di dalam gedung. Sebelum dioperasikan secara terpisah panel surya dan pendingin termoelektrik diuji kinerjanya. Kemudian sistem dipadukan untuk dilakukan uji kelayakan dengan mengambil data sebagai uji coba. Data yang diperoleh adalah variabel masukan dan variabel luaran kemudian dicek korelasinya sehingga dinyatakan valid. Pengamatan terhadap sistem kerja alat, komponen, dan sambungan antar komponen, serta data masukan dan luaran yang diperoleh dilakukan dengan ketat dan teliti sambil melakukan pengambilan data. Data masukan ke alat adalah intensitas radiasi, kelembaban udara, temperatur (lingkungan,

permukaan atas panel surya, permukaan bawah sel surya, sisi panas termoelektrik, sisi dingin termoelektrik, heat sink); sedangkan data luaran adalah temperatur ruang pendingin. Pemeriksaan terhadap komponen terkait dan sistem sambungan antar komponen pendukung adalah tindakan pengawasan terhadap kerja perangkat penelitian. Ketika alat dioperasikan data diambil dengan mencatat dari alat ukur yang tersedia. Setelah semua data sudah diperoleh dilakukan pengolahan data.

## Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan di bawah ini.

Pelaksanaan Penelitian	Rancangan	Metode Penelitian	Indikator
<b>BATCH 2 TAHUN 2022 - 2023</b>			
<p>Penelitian diawali dengan pembuatan alat yang terdiri dari perangkat panel surya dan perangkat sistem pendingin termoelektrik. Setelah merangkai sistem pendingin termoelektrik kemudian ditempatkan pada kotak pendingin.</p> <p>Panel surya diletakan di luar gedung, sedangkan perangkat kotak pendingin di dalam gedung.</p> <p>Eksperimentasi panel surya dilakukan di luar dan eksperimentasi sistem pendingin di dalam gedung. Sebelum kedua perangkat dipadukan, maka dilakukan uji coba kerja masing-masing perangkat. Setelah diyakini layak untuk dioperasikan, maka pada kedua perangkat dilakukan pengambilan data.</p>	<p>Sistem pendingin termoelektrik dibuat dengan merangkai modul-modul termoelektrik yang disisipkan isolator <i>styrofoam</i>. Pada sisi dinginnya ditempatkan phase change material dan heatsink, sedangkan pada sisi panasnya diletakkan heatsink yang dipasangkan kipas. Panel surya disiapkan untuk dioperasikan yang sebelumnya disambungkan antar komponen perangkatnya. Setelah sistem pendingin termoelektrik selesai dirakit ditempatkan pada dinding kotak pendingin. Dari panel surya melalui solar charge control disambungkan kabel ke sistem pendingin termoelektrik.</p>	<p>Penelitian diawali dengan perancangan dan perakitan perangkat dan dipadukan. Setelah alat penelitian selesai dirakit, maka dilakukan eksperimentasi terhadap sistem kerja baik masing-masing maupun setelah dipadukan.</p> <p>Pengukuran variabel masukan dan variabel luaran kemudian dikorelasikan dan divalidasi. Selama uji coba dilakukan penyetelan, penyetingan, dan pemeriksaan sambungan antar komponen alat, serta kepresisian alat ukur yang digunakan. Setelah semua diyakini layak dilakukan pengambilan data penelitian yang sesungguhnya.</p>	<p>Diperolehnya kinerja panel surya yang memasok energi listrik secara maksimal ke sistem pendingin termoelektrik; dihasilkan perbedaan temperatur yang besar antara temperatur sisi panas dengan temperatur sisi dingin; didapatkan kinerja sistem pendingin pada ruangan kotak pendingin yang maksimal; dan diperolehnya temperature ruangan kotak pendingin yang serendah mungkin.</p>

## Hasil dan pembahasan

Penelitian eksperimentasi terhadap sistem pendingin ruangan model bangunan bertenaga sel surya ini menghasilkan data penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel-tabel di bawah ini.

Hasil pengukuran temperatur ruang pendingin disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

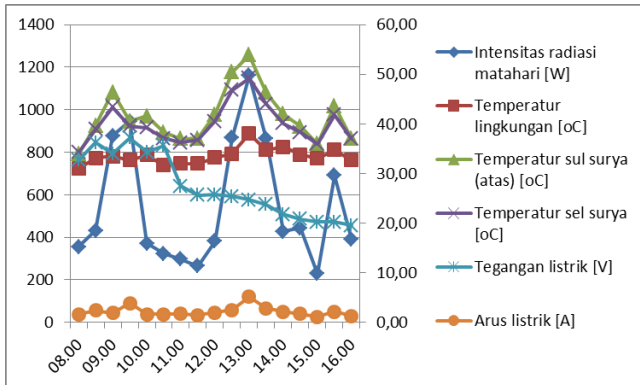
Tabel 1 Temperatur dalam ruang pendingin

No.	Pukul	T <sub>kiri</sub> [°C]	T <sub>tengah</sub> [°C]	T <sub>alas</sub> [°C]	T <sub>belakang</sub> [°C]	T <sub>kanan</sub> [°C]	T <sub>depan</sub> [°C]	T <sub>luar</sub> [°C]
1	08.00	27,70	27,80	23,40	28,60	28,10	28,10	32,30
2	08.30	29,10	29,30	24,60	29,80	29,80	29,30	34,50
3	09.00	31,60	32,10	26,60	32,20	32,20	31,30	38,40
4	09.30	33,60	34,40	26,90	34,30	34,10	32,70	37,40
5	10.00	33,00	33,30	26,90	34,00	34,10	32,60	34,90
6	10.30	32,20	33,20	26,60	33,00	32,80	31,90	32,40
7	11.00	31,20	32,10	26,10	31,90	31,60	31,40	32,00
8	11.30	31,50	32,60	26,10	32,00	32,00	31,70	33,10
<b>9</b>	<b>12.00</b>	<b>31,80</b>	<b>33,10</b>	<b>26,70</b>	<b>32,60</b>	<b>32,50</b>	<b>32,20</b>	<b>34,10</b>
10	12.30	33,20	34,20	27,90	33,80	37,70	32,90	36,40
11	13.00	34,50	36,10	28,50	35,40	35,20	34,10	40,40
12	13.30	34,70	36,10	28,00	35,60	35,00	33,80	37,50
13	14.00	36,10	37,30	28,20	36,50	36,10	34,40	35,40
14	14.30	33,70	34,90	27,40	34,60	33,70	33,00	34,60
15	15.00	32,20	33,30	26,30	33,30	32,40	32,20	33,80
16	15.30	32,80	33,20	26,90	33,10	32,30	32,50	37,90
17	16.00	32,90	33,70	26,80	33,40	32,60	32,70	33,40

Pada sistem pendingin ini terdiri dari tiga alat yang berkaitan, sehingga pembahasannya juga demikian. Ketiga alat tersebut adalah sel surya, termoelektrik, dan ruang pendingin. Untuk sel surya yang memberikan tenaga listrik yang dibahas seputar tentang kinerjanya, sedangkan termoelektrik dan ruang pendingin dibahas perubahan temperatur dan analisis konversi energinya.

Pada sistem pendingin ini sel surya berfungsi sebagai penyedia energi listrik yang diperolehnya dari hasil konversi radiasi cahaya matahari. Masukan energi dan luaran energi pada sel surya serta temperatur yang mempengaruhinya digambarkan pada Gambar 1 di bawah ini.





Gambar 1 Radiasi, temperature, dan daya sel surya

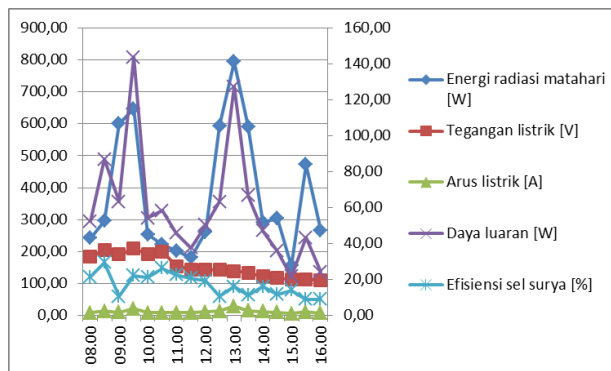
Energi yang dihasilkan sel surya ditunjukkan dengan stabilnya tegangan listrik dan fluktuasi arus listrik seiring dengan fluktuasi dari intensitas radiasi matahari. Perbedaan yang tipis antara perbedaan temperatur atas sel surya dan temperatur bawah sel surya, menunjukkan bahwa energi panas matahari tidak terlalu terik dan kelembaban udara cukup.

Untuk kinerja sel surya yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Kinerja sel surya

No.	Pukul	$P_{in}$ [W]	V (volt)	I	$P_{out}$ [W]	$\eta$ (%)
				(ampere)		
1	08.00	242,84	32,70	1,60	52,32	21,54
2	08.30	295,52	36,20	2,40	86,88	29,40
3	09.00	599,93	34,00	1,86	63,24	10,54
4	09.30	646,45	37,20	3,86	143,59	22,21
5	10.00	254,47	34,30	1,58	54,19	21,30
6	10.30	221,64	35,60	1,64	58,38	26,34
7	11.00	202,48	27,40	1,67	45,76	22,60
8	11.30	181,28	25,60	1,47	37,63	20,76
9	12.00	261,31	25,70	1,96	50,37	19,28
10	12.30	593,09	25,40	2,49	63,25	10,66
11	13.00	793,52	24,70	5,15	127,21	16,03
12	13.30	591,04	23,70	2,81	66,60	11,27
13	14.00	292,78	21,80	2,16	47,09	16,08
14	14.30	303,73	20,80	1,72	35,78	11,78
15	15.00	155,97	20,20	1,08	21,82	13,99
16	15.30	472,69	20,20	2,14	43,23	9,15
17	16.00	266,79	19,50	1,24	24,18	9,06
Rata-rata		375,03	27,35	2,17	60,09	16,02

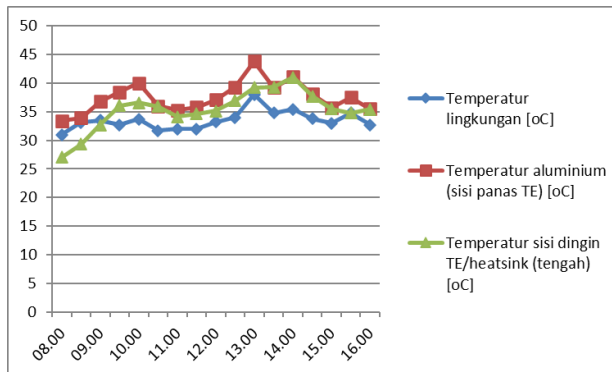
Dari Tabel 2 di atas dibuat grafik di bawah ini, yang menggambarkan hasil perolehan daya luaran dan efisiensi sel surya selama pengukuran.



Gambar 3 Kinerja sel surya

Dari grafik Gambar 2 di atas tampak bahwa besarnya energi radiasi yang diterima sel surya menghasilkan daya luaran yang sesuai dan efisiensi yang cenderung konstan.

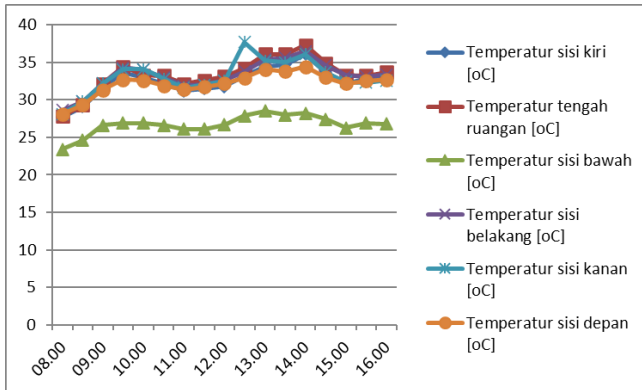
Pada sambungan antar modul termoelektrik terjadi perubahan temperatur yang diperlihatkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Temperatur sistem pendingin dan lingkungan

Dari Gambar 3 di atas distribusi temperatur lingkungan, temperatur sisi panas termoelektrik, dan temperatur sisi dingin termoelektrik menunjukkan kecenderungan yang sama. Ketika panas diterima sisi panas yang sebagian ditransfer dan dilepaskan, maka sebagai konduktor yang baik temperaturnya meningkat melebihi temperatur lingkungan. Dengan pasokan energi listrik yang masuk ke sistem termoelektrik ini belum mampu memberikan perbedaan sisi panas dan sisi dingin yang besar, sehingga temperatur sisi dingin masih lebih tinggi dari temperatur lingkungan.

Temperatur ruang pendingin yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4 Temperatur ruang pendingin

Pada Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa distribusi temperatur masing-masing sisi dan ruang tengah pendingin cenderung mendekati kesamaan. Hanya temperatur sisi bawah yang jauh lebih rendah dari sisi lainnya, karena sisi bawah tidak menerima pancaran panas matahari.

Dalam sistem pendingin bertenaga matahari yang menggabungkan sistem sel surya dan sistem termoelektrik ini terjadi konversi energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik (dalam sistem sel surya), pemanfaatan energi termal matahari untuk proses pendinginan (dalam sistem termoelektrik), serta proses konversi dalam ruang pendingin itu sendiri.

Hal-hal yang berkaitan dengan konversi energi dalam ruang pendingin diuraikan berikut ini, diantaranya adalah:

Kalor yang hilang dari ruang pendingin ke lingkungan

$$q = 0,499 \text{ W}$$

Beban transmisi, adalah beban yang diakibatkan adanya perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi dari ruang pendingin melalui dinding menuju

lingkungan luar. Dinding yang dimaksud terdiri atas dinding depan, sisi kanan, sisi kiri, belakang, dan sisi bawah ruang pendingin.

$$q_{\text{transmisi}} = 1,955 \text{ W}$$

Kalor yang diserap heatsink dari ruang pendingin melalui sirip-siripnya. sebesar 0,046 W

Perhitungan beban pendingin keseluruhan:

$$q = 2,5 \text{ W}$$

Sementara dari Tabel 2 diperoleh rata-rata daya pasokan sebesar = 60,09 W

Koefisien kinerja [CoP] sistem pendingin sebesar 0,042

#### Daftar Pustaka (Voncoover)

- Aimable, N. (2017). for Waste Heat Recovery in Local Process Industry. *Design, Modeling, and Fabrication of Thermoelectric Generator*.
- Alicki, R., Gelbwaser-Klimovsky, D., & Jenkins, A. (2017). A thermodynamic cycle for the solar cell. *Annals of Physics*, 378, 71–87. <https://doi.org/10.1016/j.aop.2017.01.003>
- Fauzan, I., & Korawan, A. D. (2019). Penggunaan PCM Sebagai Material Penyimpan Kalor Pada Lemari Pendingin. *Jurnal Simetris*, 13(1)(1), 6–8.
- Hayat, M. B., Ali, D., Monyake, K. C., Alagha, L., & Ahmed, N. (2019). Solar energy—A look into power generation, challenges, and a solar-powered future. *International Journal of Energy Research*, 43(3), 1049–1067. <https://doi.org/10.1002/er.4252>
- Irsyad, M., Anam, C., Risano, A. Y. E., & Amrul, A. (2021). Penggunaan Material Fasa Berubah Untuk Menjaga Kesegaran Ikan. *Jurnal Teknologi*, 13(2), 153–160.
- Jarman, J. T., Khalil, E. E., & Khalaf, E. (2013). Energy Analyses of Thermoelectric Renewable Energy Sources. *Open Journal of Energy Efficiency*, 02(04), 143–153. <https://doi.org/10.4236/ojee.2013.24019>
- Lee, H. (2010). *Heat Sinks , Thermoelectrics , Heat Pipes , Compact Heat Exchangers , and Solar Cells*. John Wiley & Sons.

- Mainil, A. K., Aziz, A., & Akmal, M. (2018). Portable Thermoelectric Cooler Box Performance with Variation of Input Power and Cooling Load. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 7(2), 85–92. <https://doi.org/10.13170/aijst.7.2.8722>
- Montecucco, A., Siviter, J., & Knox, A. R. (2014). The effect of temperature mismatch on thermoelectric generators electrically connected in series and parallel. *Applied Energy*, 123, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.02.030>
- Nandhakumar, I., White, N. M., & Beeby, S. (2017). *Thermoelectric Materials and Devices*. The Royal Society of Chemistry.
- Patel, J., Patel, M., Patel, J., & Modi, H. (2015). Improvement In The COP Of Thermoelectric Cooler. *Improvement In The COP Of Thermoelectric Cooler*, 5(5), 73–76.
- Popovici, C. G., Hudișteanu, S. V., Mateescu, T. D., & Cherecheș, N. C. (2016). Efficiency Improvement of Photovoltaic Panels by Using Air Cooled Heat Sinks. *Energy Procedia*, 85(November 2015), 425–432. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.223>
- Pratama, N. (2022). Pengaruh Material Berubah Fasa (Pcm) Sebagai Media Penyimpan Panas Terhadap Karakteristik Cooling Box Peltier. *JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI)*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.31543/jtm.v6i1.712>
- Rifky, & Gaos, Y. S. (2020). Pengembangan Model Pendingin Kabin City Car Bertenaga Surya Menggunakan Photovoltaics (PV) dan Thermoelectric (TEC). *Teknobiz*, 10(1), 34–40.
- Sampaio, P. G. V., & González, M. O. A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(February), 590–601. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081>
- Sansaniwal, S. K., Sharma, V., & Mathur, J. (2018). Energy and exergy analyses of various typical solar energy applications: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(May), 1576–1601. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.003>
- Shukla, A., Kant, K., Sharma, A., & Biwole, P. H. (2017). Cooling methodologies of photovoltaic module for enhancing electrical efficiency: A review. *Solar Energy Materials and Solar Cells*,

160(October 2016), 275–286.  
<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.10.047>

Suherman, S., Sunarno, A. R., Hasan, S., & Harahap, R. (2020). Water and heat-sink cooling system for increasing the solar cell performances. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, 7(26), 1–10.  
<https://doi.org/10.4108/eai.13-7-2018.161050>

Sutjahjono, H., & Djumhariyanto, D. (2017). *Sutjahjono, dan Djumhariyanto. Penambahan Bahan Berbasis Minyak Pada PCM Parafin | 86 Penambahan Bahan Berbasis Minyak pada PCM Parafin Guna Meningkatkan Karakteristik Penyimpanan Termal pada Kolektor Surya*. 4(2), 86–91.

Varghese, A., Achankunju, A., Mathew, R., & George, R. (2016). Design and Fabrication of Thermoelectric Refrigerator with Thermosiphon System. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, 24, 2395–3470. [www.ijseas.com](http://www.ijseas.com)

Target Jurnal Internasional (Output)

International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)

<https://www.ijrer.org/ijrer-backup/index.php/ijrer>

## Lampiran LuaranWajib

JPSE (Journal of Physical Science and Engineering), Vol. x, No. x, xxxxx, Page xxx-xxx.  
 DOI: 10.17977/jpse124xxxxxx

**JPSE**

(Journal of Physical Science and Engineering)



http://journal2.um.ac.id/index.php/jpse  
 ISSN: 2541-2485

## Solar Powered Cooling System Using a Thermoelectric Module

Rifky<sup>1\*</sup>, Agus Filtri<sup>2</sup>, Arry Avorizano<sup>3</sup>, and Mohammad Mujirudin<sup>4</sup>

1. Department of Mechanical Engineering, Renewable Energy Engineering Study Program,
2. Department of Mechanical Engineering, Manufacturing Engineering Study Program,
3. Department of Informatics Engineering, Information System Study Program,
4. Department of Electrical Engineering, Control Engineering Study Program,  
 Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jl. Tanah Merdeka no.6  
 Rambutan Cincin East Jakarta, DKI Jakarta 13830, Indonesia.

\*E-mail: rifky@uhamka.ac.id

Received  
 xxxxx  
 Revised  
 xxxxx  
 Accepted for Publication  
 xxxxx  
 Published  
 xxxxx



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

### Abstract

Solar energy as a renewable energy can be utilized as a power generator for air conditioning systems. The air conditioning system gets a supply of electrical energy from the conversion of solar radiation energy through solar panels. Then the solar generator system is integrated with a thermoelectric module to produce cold conditions in the cooling system. This study aims to obtain as much heat absorption as possible by the thermoelectric cooler in the cooling system room, the lowest temperature that can be achieved, and the performance coefficient of the cooling system. The method used is an experimental method with the air conditioning model used is a cooler box with a volume of 0.25 m<sup>3</sup>. Solar cells as a source of electricity are facing north to get more sunlight intensity with a longer time span. The output product of solar cells in the form of electricity and electrical energy is supplied to a series-connected thermoelectric cooling system. When the thermoelectric is supplied with electric power, there will be a change in temperature on both sides. The cold side will absorb heat from the cooling chamber, while the hot side will release heat to the environment. Use of a heatsink on the cold side to get greater heat absorption. After testing the equipment, data collection and data processing, it was found that the overall solar cell output power was 413.23 W. Meanwhile, the thermoelectric temperature reached the lowest temperature of 24.6°C. The overall heat load is 416.70 W with a cooling system performance coefficient of 1.01.

**Keywords:** air conditioner, solar cell, thermoelectric.

### 1. Introduction

The demand for energy is getting bigger along with the population explosion, technological advances [1] and economy [2]. Indonesia is the country with the largest energy consumption in Southeast Asia [3].

However, about 80% to 85% of energy needs are met by fossil fuels. The problem is that the reserves are depleted and are not environmentally friendly due to CO<sub>2</sub> emissions [4] which produces the greenhouse effect [5]. Waste heat from the consumption sector, when discharged into the atmosphere, is useless and damaging to the environment, such as climate change [6], [7], [8], global warming [8], [9], air pollution and acid rain [2]. Therefore, it is important to look for promising and freely available energy sources to address the long-term problems in the energy crisis [1].

Solar energy can be converted into heat, electricity [10], [11], [12] or solar fuel [4].

Solar panel operating temperature under hot sun [12] has an important influence on its conversion efficiency [13]. Therefore it is necessary to control the panel cooling technique [12].

Thermoelectric generators (TEGs) can also be a method for recovering waste heat [9] from solar panels. In hybridization these two energy conversion systems are used as an integrated system. The TEG module converts heat directly into electric power [14]. Through this hybridization TEG can utilize waste heat from solar cells to generate electricity [15], while absorbing the heat of the lower surface of the



## Lampiran Luaran Tambahan

A.1

Kode Bidang : C  
<Energi>PERPADUAN PANEL SURYA DENGAN MODUL TERMOELEKTRIK  
SEBAGAI SISTEM PENDINGIN RUANGAN BERTENAGA SURYARifky<sup>1\*</sup>, Agu: Fikri<sup>1</sup>, Arry Averizano<sup>1</sup>, dan Mohammad Mujirudin<sup>1</sup><sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika,  
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka No.6, Rambutan, Ciracas, Jakarta Timur, DKI Jakarta 13830.

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika,  
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka No.6, Rambutan, Ciracas, Jakarta Timur, DKI Jakarta 13830.

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika,  
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka No.6, Rambutan, Ciracas, Jakarta Timur, DKI Jakarta 13830.

\*Email: rifky@uhamka.ac.id

## Abstrak

Energi surya sebagai energi terbarukan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit tenaga sistem pendingin ruangan. Sistem pendingin ruangan tersebut mendapat pasokan energi listrik hasil konversi energi radiasi cahaya matahari melalui panel surya. Kemudian sistem generator surya tersebut diintegrasikan dengan modul termoelektrik untuk memproduksi kondisi dingin dalam sistem pendingin. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan sebanyak mungkin penyerapan kalor oleh pendingin termoelektrik dalam ruangan sistem pendingin, temperatur terendah yang dapat dicapai, dan koefisien kinerja sistem pendingin. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan model pendingin ruangan yang digunakan adalah kotak pendingin dengan volume  $0,25 \text{ m}^3$ . Sel surya sebagai sumber listrik dihadapkan ke arah utara untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari lebih banyak dengan rentang waktu lebih panjang. Produk hauran sel surya yang berupa tenaga listrik dan energi listrik tersebut dialirkan ke sistem pendingin termoelektrik yang dirangkai seri. Ketika termoelektrik diberikan daya listrik maka akan timbul perubahan temperatur di kedua sisinya. Sisi dingin akan menyerap kalor dari ruang pendingin, sedangkan sisi panas akan melepas kalor ke lingkungan. Penggunaan heatink pada sisi dingin untuk mendapatkan penyerapan kalor yang lebih besar. Setelah dilakukan uji coba alat, pengambilan data dan pengolahan data didapat daya keluaran sel surya secara keseluruhan sebesar  $413,23 \text{ W}$ . Sementara termoelektrik mencapai temperatur terendah  $24,6^\circ \text{C}$ . Adapun beban kalor keseluruhan adalah  $416,70 \text{ W}$  dengan koefisien kinerja sistem pendingin sebesar  $1,01$ .

**Kata kunci:** pendingin ruangan, sel surya, termoelektrik

## 1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia mempunyai target bauran energi baru terbarukan 23% dan 31% masing-masing pada tahun 2025 dan 2050 (M. K. Usman et al., 2020). Target tersebut juga didukung oleh lokasi geografis Indonesia yang terletak di kawasan garis khatulistiwa yang mempunyai paparan sinar matahari sepanjang tahun (Hidayat et al., 2017). Kondisi tersebut dapat dimanfaatkan karena radiasi sinar matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik secara langsung. Saat ini manusia menghasilkan listrik dengan mengubah energi termal menjadi energi mekanik terlebih dahulu kemudian dikonversi menjadi energi listrik, sedangkan energi surya langsung mengkonversi energi listrik melalui fenomena fotovoltaik (Rifky et al., 2021), sehingga biaya untuk menghasilkan energi listrik dapat ditekan. Energi matahari ditaksir akan memenuhi 45% permintaan energi dunia pada tahun 2050 (Geos et al., 2017). Permintaan energi tersebut digunakan untuk menghasilkan berbagai mesin dan peralatan elektronik seperti pendingin ruangan.

Indonesia yang merupakan negara beriklim tropis dimana hampir di seluruh bangunan seperti rumah, perkantoran, ruko, dan industri membutuhkan pendingin ruangan. Saat ini pendingin ruangan mempunyai peran yang sangat penting dalam suatu bangunan (Sigalingging, 2021). Hampir di seluruh sisi bangunan biasanya dipasang alat pendingin, hal ini untuk menunjang aktivitas pada bangunan tersebut. Pengaplikasian pendingin tidak terbatas hanya pada ruangan, tetapi dapat digunakan untuk mendinginkan komoditas seperti budi daya hasil perikanan, pertanian, dan