

**Analisa Pengaruh Pelat Alumunium Bergelombang Trapesium Berlubang
Terhadap Efisiensi Fotovoltaik Jenis Polikristalin 100 Wp**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

**OLEH
FARAH FADHILAH
03041281823040**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Pengaruh Pelat Alumunium Bergelombang Trapesium Berlubang
Terhadap Efisiensi Fotovoltaik Jenis Polikristalin 100 Wp**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

FARAH FADHILAH

03041281823040

Palembang, Mei 2022

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP : 197108141999031005

Menyetujui,

Pembimbing Utama

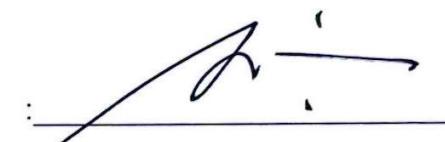
Ir. H. Hairul Alwani HA, M.T.

NIP : 195709221987031003

LEMBAR PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan



Pembimbing Utama

: Ir. H. Hairul Alwani HA, M.T.

Tanggal

: _____ / _____ / _____

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Farah Fadhilah
NIM : 03041281823040
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya
Jenis Karya : Skripsi

Demi pembangunan ilmu pengetahuan , menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Nonekslusif (*Non – exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISA PENGARUH PELAT ALUMUNIUM BERGELOMBANG
TRAPESIUM BERLUBANG TERHADAP EFISIENSI FOTOVOLTAIK
JENIS POLIKRISTALIN 100 WP**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan Hak Bebas Royalti Nonekslusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Palembang

Pada Tanggal :

Yang Menyatakan,



Farah Fadhilah

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Farah Fadhilah
NIM : 03041281823040
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan

Software iThenticate/Turnitin : 5%

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“ANALISA PENGARUH PELAT ALUMUNIUM BERGELOMBANG TRAPESIUM BERLUBANG TERHADAP EFISIENSI FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP”** merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, Mei 2022



NIM. 03041281823040

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena rahmat dan ridho-Nya yang tak terhingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Analisa Pengaruh Pelat Alumunium Bergelombang Trapesium Berlubang Terhadap Efisiensi Fotovoltaik Jenis Polikristalin 100 Wp** dengan penuh kemudahan. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah SAW, sahabat, serta pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

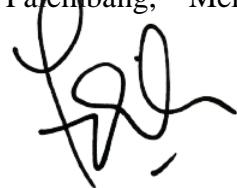
1. Kedua orang tua saya yang saya cintai, Drs. H. Herman Wijaya dan Dra. Hj. Rita Nirwana, serta ketiga saudara saya, Selvi Hermanda, S.E., Rizky Ramadhan S.I.Kom., dan Nadia Munifah, S.K.M. yang telah memberikan saya dukungan beserta do'a untuk saya.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Wirawan Adipradana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberikan arahan serta masukan selama proses perkuliahan.
4. Bapak Ir. H. Hairul Alwani HA, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir ini yang selalu memberikan bantuan, motivasi, bimbingan, dan arahan kepada penulis dari awal hingga selesaiya skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T., Bapak Ir. M. Suparlan, M.S., dan Ibu Caroline, S.T selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan saran selama pengerjaan skripsi.
6. Seluruh Dosen Teknik Elektro UNSRI yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan selama masa kuliah yang bermanfaat untuk masa depan.
7. Seluruh staff Jurusan Teknik Elektro UNSRI yang telah banyak membantu terkait pemberkasan selama masa perkuliahan.

8. Aldhino A. Cautzar yang selalu mendampingi penulis dalam penggerjaan tugas akhir dari awal hingga selesai.
9. Kakak-kakak tingkat yang telah membantu penulis, kak Jordy, kak Priska, Arifuddin dan Marles serta adik tingkat Kimena, Alya, Fathur, dan Putra yang telah menemani penulis dalam proses pengambilan data.
10. Seluruh teman-teman seangkatan Teknik Elektro 2018, terkhusus kepada Siti Sarah Sri Anindi, kawan-kawan Always Happy, Nanda, Mayang, Salsa, Momo, dan Rini.

penulis menyadari dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan penulis. Maka dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya memperbaiki dan membangun dari pembaca.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Palembang, Mei 2022



Farah Fadhilah

NIM. 03041281823040

ABSTRAK

ANALISA PENGARUH PELAT ALUMUNIUM BERGELOMBANG

TRAPESIUM BERLUBANG TERHADAP EFISIENSI FOTOVOLTAIK

JENIS POLIKRISTALIN 100 WP

(Farah Fadhilah, 03041281823040, 2022, 48 halaman)

Energi baru terbarukan seperti energi surya adalah hal yang potensial di Indonesia karena keadaan geografis yang terletak di garis khatulistiwa. Pemanfaatan energi ini dapat dilakukan dengan menggunakan panel *photovoltaic* (PV). Namun, radiasi berlebih dan suhu lingkungan yang tinggi akibat penyinaran tersebut menyebabkan tingginya suhu permukaan panel PV yang menyebabkan kinerja panel menurun. Adapun penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi panel PV dengan menggunakan pelat alumunium bergelombang trapesium berlubang sebagai pendingin. Metode penelitian ini dilakukan selama 14 hari dengan cara membandingkan efisiensi antara panel PV yang terpasang pelat datar berlubang dan pelat bergelombang dan berlubang. Kedua pelat memiliki dimensi yang sama 96 cm x 60 x 0.2 cm dan diameter 1 cm. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa penggunaan pelat pendingin alumunium bergelombang trapesium berlubang mampu menurunkan suhu panel surya 7.6% lebih rendah daripada panel surya tidak berpendingin. Akibatnya, kualitas listrik yang dihasilkan menjadi lebih baik dengan daya output meningkat 13%. Hal ini dikarenakan panel surya bekerja dalam suhu yang optimal hingga efisiensi meningkat 4% lebih besar dibandingkan panel surya tidak berpendingin.

Kata kunci: Efisiensi panel surya, pendingin panel surya, pelat bergelombang.

ABSTRACT

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF ALUMUNIUM PERFORATED AND
TRAPEZOIDAL PLATE ON THE EFFICIENCY OF 100 WP
POLYCRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC**

(Farah Fadhilah, 03041281823040, 2022, 48 pages)

Using a renewable energy such as solar energy is a potential thing in Indonesia nowadays because of its geographical position located between the equator. The energy can be done by using photovoltaic (PV). However, excessive radiation and high ambient temperature due to the irradiation cause high surface temperatures of the PV panels and decrease its karena efficiency. This study was conducted to increase the efficiency of PV panels by using a perforated trapezoidal corrugated aluminum plate as a PV's cooling system. It was carried out for 14 days by comparing the efficiency between PV panels installed with perforated flat plate and corrugated trapezoidal plate at the back of the PV surface. Both plates have the same dimensions of 96 cm x 60 x 0.2 cm and diameter of 1 cm. The results known that alumunium corrugated trapezoidal plate are able to decrease the panel surface temperature up to 7.6% lower than PV panel without cooler. Therefore, the electricity produced better with power output increasing by 13%. The PV panel worked with optimal temperature so that the efficiency increases by 4% greater.

Keywords: PV's efficiency, cooling system, trapezoidal plate.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN DOSEN	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Teknologi Fotovoltaik	4
2.1.1 Prinsip Kerja Sel Surya	4
2.1.2 Jenis Sel Surya.....	5
2.1.3 Karakteristik Sel Surya.....	7

2.1.4 Rangkaian Ekivalen Sel Surya	9
2.1.5 Faktor yang Memengaruhi Kerja Sel Surya	10
2.2 Sistem Pendingin.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Sistem Pendingin Aktif.....	12
2.2.2 Sistem Pendingin Pasif	13
2.3 Pelat Pendingin Bergelombang Berlubang.....	15
2.3.1 Material Pelat.....	16
2.3.2 Bentuk dan Ketebalan Pelat.....	16
2.3.3 Pengaruh Fluida Pada Alat Pendingin	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Metode Penelitian.....	18
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	19
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.4 Alat dan Bahan	20
3.5 Spesifikasi Alat.....	22
3.5 Perancangan Peralatan Penelitian.....	24
3.5.1 Rancangan Pelat	24
3.5.2 Skema Pengujian Alat	25
BAB IV PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pembahasan	27
4.2 Data Hasil Pengukuran	27
4.3 Perhitungan Daya	30
4.4 Perhitungan Efisiensi.....	31
4.5 Analisa Hasil Penelitian	36
4.5.1 Grafik Suhu Terhadap Radiasi Matahari	36
4.5.2 Grafik Tegangan Terhadap Radiasi Matahari	38

4.5.3 Grafik Arus Terhadap Radiasi Matahari	39
4.5.4 Grafik Daya Keluaran terhadap Radiasi Matahari	40
4.5.5 Grafik Efisiensi.....	41
BAB V PENUTUP.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potensial listrik yang muncul ketika disinari cahaya matahari	4
Gambar 2.2 Sel surya bahan monokristalin	5
Gambar 2.3 Sel surya bahan polikristalin	6
Gambar 2.4 Sel surya <i>amorphous</i>	6
Gambar 2.5 Karakteristik I-V Panel Surya	8
Gambar 2.6 Rangkaian ekivalen ideal sel surya	9
Gambar 2.7 Kurva suhu terhadap radiasi matahari	10
Gambar 2.8 Grafik daya terhadap tegangan.....	11
Gambar 2.9 Proses perpindahan konduksi	13
Gambar 2.10 Arah cahaya sampai ke panel.....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2 Ukuran pelat alumunium bergelombang dan berlubang	24
Gambar 3.3 Rancangan alat peneltiian.....	24
Gambar 3.4 Skema penelitian	25
Gambar 4.1 Alat Penelitian.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan jenis-jenis sel surya	7
Tabel 2.2 Konduktivitas termal.....	16
Tabel 3.1 Alat dan bahan	20
Tabel 3.2 Spesifikasi modul surya yang digunakan.....	22
Tabel 3.3 Spesifikasi pelat bergelombang trapesium berlubang.....	23
Tabel 3.4 Spesifikasi pelat bergelombang datar berlubang	23
Tabel 4.1 Panel surya tanpa pendingin pelat.....	28
Tabel 4.2 Panel surya dengan pendingin.....	29
Tabel 4.3 Hasil perhitungan daya dan efisiensi panel surya tanpa pendingin	32
Tabel 4.4 Hasil perhitungan daya dan efisiensi panel surya berpendingin pelat bergelombang	34
Tabel 4.5 Hasil perhitungan daya dan efisiensi panel surya berpendingin pelat datar.....	35

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan suhu panel surya polycrystalline 100 Wp terhadap radiasi matahari	36
Grafik 4.2 Perbandingan tegangan keluaran oleh panel surya terhadap radiasi matahari	38
Grafik 4.3 Perbandingan arus panel surya terhadap radiasi matahari	39
Grafik 4.4 Perbandingan daya output ketiga panel surya terhadap radiasi matahari	40
Grafik 4.5 Perbedaan efisiensi panel surya terhadap radiasi matahari dan waktu .	41

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Daya MPP	8
Rumus 2.2 Fill factor.....	8
Rumus 2.3 Arus sel surya.....	9
Rumus 2.4 Laju perpindahan kalor secara konduksi	14
Rumus 2.5 Laju perpindahan kalor secara konveksi.....	14
Rumus 3.1 Daya output.....	26
Rumus 3.2 Daya input.....	26
Rumus 3.3 Efisiensi	26
Rumus 4.1 Daya output.....	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi surya merupakan suatu sumber energi yang ketersediaannya tidak terbatas serta ramah lingkungan. Pemanfaatan energi surya di Indonesia ialah hal potensial karena Indonesia mendapatkan penyinaran sinar matahari sepanjang tahun dengan distribusi penyinaran $4,5 \text{ kWh/m}^2$ pada kawasan barat dan $5,1 \text{ kWh/m}^2$ pada kawasan timur seiap hari dengan variasi bulanan masing-masing $\pm 10\%$ dan $\pm 9\%$ [1]. Pemanfaatan energi ini dapat dilakukan dengan teknologi fotovoltaik menggunakan panel surya.

Panel surya adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik, terdiri dari kumpulan sel surya berbahan silikon. Salah satu faktor yang dapat memengaruhi kerja dari modul surya ini adalah radiasi matahari yang berlebihan.

Radiasi berlebih dan suhu lingkungan yang tinggi dapat menyebabkan masalah serius seperti *overheating* pada modul surya. Tingginya suhu pada modul dapat menurunkan tegangan keluaran $\pm 2.2 \text{ mV/}^\circ\text{C}$, efisiensi menurun sebesar $0.5\%/\text{ }^\circ\text{C}$, dan memendeknya umur panel surya [2]. Dengan demikian, diperlukan adanya sistem pendingin modul surya agar modul dapat bekerja optimal. Terdapat dua jenis sistem pendingin, yakni pendingin aktif dan pendingin pasif. Pendingin pasif merupakan pendingin yang memanfaatkan kondisi lingkungan seperti kecepatan angin dan mengalirkan panas yang terserap oleh pelat ke udara bebas. Sistem pendingin ini membutuhkan biaya yang relatif murah dan mudah dalam pengaplikasiannya [3]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Priska Dwi Anggita (2021) [4] menggunakan pelat datar berlubang bahan aluminium sebagai sistem pendingin, menghasilkan daya dan efisiensi kerja modul yang maksimal daripada modul yang tidak menggunakan sistem pendingin. Maka pada penelitian ini penulis memvariasikan bentuk pelat datar menjadi pelat gelombang berlubang untuk meningkatkan efisiensi kerja dari panel surya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada tugas akhir peneliti akan membahas tentang **“Analisa Penggunaan Pelat Bergelombang Trapezium Berlubang Terhadap Efisiensi Fotovoltaik Jenis Polikristalin 100 Wp”**.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian yang dilakukan oleh Priska (2021) diketahui bahwa alumunium pelat datar berhasil menurunkan suhu panel surya sehingga efisiensi panel meningkat sebesar 5,51%. Maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengantisipasi peningkatan temperature yang berlebih pada panel fotovoltaik?
2. Bagaimana menentukan media pendingin pada panel fotovoltaik yang efisien dan ekonomis?
3. Apakah memungkinkan menggunakan pelat alumunium bergelombang untuk media pendingin pada panel fotovoltaik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menurunkan temperatur pada panel fotovoltaik menggunakan pelat alumunium bergelombang dan berlubang.
2. Mengukur dan menghitung efisiensi panel fotovoltaik menggunakan pelat alumunium bergelombang dan berlubang.
3. Membandingkan efisiensi panel fotovoltaik saat menggunakan pelat alumunium datar dan pelat alumunium bergelombang.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan variabel dalam penelitian ini agar tidak menyimpang dari inti bahasan dan terarah, yakni:

1. Penelitian ini menggunakan panel surya jenis polikristalin 100 Wp dengan kemiringan sudut panel 15°C.

2. Pelat alumunium yang digunakan adalah pelat alumunium datar dan pelat alumunium bergelombang dan berlubang.Pelat alumunium bergelombang yang digunakan berbentuk persegi.
3. Penelitian ini mengabaikan faktor eksternal seperti rugi-rugi daya akibat kecepatan angin, suhu lingkungan (*ambient temperature*), kelembaban (*humidity*), dan faktor debu.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam memudahkan penulisan proposal tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Mengenai latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tentang dasar teori yang mengenai intensitas matahari, sel surya dan pembangkit listrik tenaga surya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tentang lokasi pelaksanaan, waktu pelaksanaan, metode pelaksanaan, rencana rumus yang akan digunakan, rencana pembahasan, rencana tabel yang akan digunakan dan diagram alur.

BAB IV PEMBAHASAN

Tentang laporan data hasil penelitian, pengolahan data, hasil perhitungan, dan grafik hasil penelitian disertai dengan analisa hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Tentang penarikan kesimpulan terkait penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya guna mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik dikemudian hari.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. R. Yandri, “PROSPEK PENGEMBANGAN ENERGI SURYA UNTUK KEBUTUHAN LISTRIK DI INDONESIA.”
- [2] Elinur, “Perkembangan Konsumsi Dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia,” *Indonesian Journal of Agricultural Economics*, vol. 1, no. 1, pp. 19–38, 2010.
- [3] O. C. Olawole *et al.*, “Innovative methods of cooling solar panel: A concise review.”
- [4] J. T. Elektro, “ANALISA PENGARUH DIAMETER LUBANG PELAT ALUMINIUM PADA FOLTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP TERHADAP EFISIENSI SKRIPSI Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada,” 2021.
- [5] A. (Antonio) Luque and Steven. Hegedus, *Handbook of photovoltaic science and engineering*. Wiley, 2003.
- [6] A. Goetzberger, C. Hebling, and H.-W. Schock, “Photovoltaic materials, history, status and outlook.”
- [7] Emily Rhode, “Types of Solar Panels: Pros and Cons,” Oct. 21, 2021. <https://www.treehugger.com/types-of-solar-panels-pros-and-cons-5181546> (accessed Nov. 27, 2021).
- [8] A. R. Amelia, Y. M. Irwan, W. Z. Leow, M. Irwanto, I. Safwati, and M. Zhafarina, “Investigation of the effect temperature on photovoltaic (PV) panel output performance,” *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 6, no. 5, pp. 682–688, 2016, doi: 10.18517/ijaseit.6.5.938.
- [9] M. Taraba, J. Adamec, M. Danko, P. Drgona, and T. Urica, “Properties measurement of the thin film solar panels under adverse weather conditions,” in

Transportation Research Procedia, 2019, vol. 40, pp. 535–540. doi: 10.1016/j.trpro.2019.07.077.

- [10] Emily Rhode, “Types of Solar Panels: Pros and Cons,” Oct. 12, 2021.
- [11] K. S. Adu-Manu, N. Adam, C. Tapparello, H. Ayatollahi, and W. Heinzelman, “Energy-harvesting wireless sensor networks (EH-WSNs): A review,” *ACM Transactions on Sensor Networks*, vol. 14, no. 2. Association for Computing Machinery, Mar. 01, 2018. doi: 10.1145/3183338.
- [12] L. A. Dobrzański, M. Szczęsna, M. Szindler, and A. Drygała, “Electrical properties mono-and polycrystalline silicon solar cells.”
- [13] K. Mertens, *Photovoltaics: Fundamentals, Technology, and Practice*, 1st ed. Germany: Wiley, 2014.
- [14] M. M. Rahman, M. Hasanuzzaman, and N. A. Rahim, “Effects of various parameters on PV-module power and efficiency,” *Energy Conversion and Management*, vol. 103, pp. 348–358, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.enconman.2015.06.067.
- [15] M. M. Fouad, L. A. Shihata, and E. S. I. Morgan, “An integrated review of factors influencing the performance of photovoltaic panels,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 80. Elsevier Ltd, pp. 1499–1511, 2017. doi: 10.1016/j.rser.2017.05.141.
- [16] A. Maleki, A. Haghghi, M. el Haj Assad, I. Mahariq, and M. Alhuyi Nazari, “A review on the approaches employed for cooling PV cells,” *Solar Energy*, vol. 209. Elsevier Ltd, pp. 170–185, Oct. 01, 2020. doi: 10.1016/j.solener.2020.08.083.
- [17] M. Gharzi, A. Arabhosseini, Z. Gholami, and M. H. Rahmati, “Progressive cooling technologies of photovoltaic and concentrated photovoltaic modules: A review of fundamentals, thermal aspects, nanotechnology utilization and enhancing performance,” *Solar Energy*, vol. 211. Elsevier Ltd, pp. 117–146, Nov. 15, 2020. doi: 10.1016/j.solener.2020.09.048.
- [18] O. C. Olawole *et al.*, “Innovative methods of cooling solar panel: A concise review.”

- [19] S. Nižetić, E. Giama, and A. M. Papadopoulos, “Comprehensive analysis and general economic-environmental evaluation of cooling techniques for photovoltaic panels, Part II: Active cooling techniques,” *Energy Conversion and Management*, vol. 155, pp. 301–323, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2017.10.071.
- [20] A. Benato, A. Stoppato, F. de Vanna, and F. Schiro, “Spraying cooling system for pv modules: Experimental measurements for temperature trends assessment and system design feasibility,” *Designs (Basel)*, vol. 5, no. 2, Jun. 2021, doi: 10.3390/designs5020025.
- [21] T. L. Bergman, Adrienne. Lavine, and F. P. Incropera, *Fundamentals of heat and mass transfer*.
- [22] A. A. Sofijan, “DESAIN PASSIVE COOLING MENGGUNAKAN PERFORATED ALUMINUM PLATE PADA FOTOVOLTAIK MONOKRISTALLIN,” *JURNAL SURYA ENERGY*, vol. 5, no. 1, Mar. 2021, doi: 10.32502/jse.v5i1.2953.
- [23] Z. Arifin, S. Suyitno, D. D. D. P. Tjahjana, W. E. Juwana, M. R. A. Putra, and A. R. Prabowo, “The effect of heat sink properties on solar cell cooling systems,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 21, pp. 1–16, Nov. 2020, doi: 10.3390/app10217919.
- [24] T. M. Tritt, “Thermal Conductivity: Theory, Properties, and Applications (Physics of Solids and Liquids),” New York, 2005.
- [25] F. Bayrak, H. F. Oztop, and F. Selimefendigil, “Effects of different fin parameters on temperature and efficiency for cooling of photovoltaic panels under natural convection,” *Solar Energy*, vol. 188, pp. 484–494, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.06.036.
- [26] F. Khani and A. Aziz, “Thermal analysis of a longitudinal trapezoidal fin with temperature-dependent thermal conductivity and heat transfer coefficient,” *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, vol. 15, no. 3, pp. 590–601, Mar. 2010, doi: 10.1016/j.cnsns.2009.04.028.

- [27] M. Turkyilmazoglu, “Efficiency of the Longitudinal Fins of Trapezoidal Profile in Motion,” *Journal of Heat Transfer*, vol. 139, no. 9, Sep. 2017, doi: 10.1115/1.4036328.
- [28] L. Xiao, S. Y. Wu, and Y. R. Li, “Numerical study on combined free-forced convection heat loss of solar cavity receiver under wind environments,” *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 60, pp. 182–194, Oct. 2012, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2012.05.008.

