

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI DAYA KARENA PENGARUH
JARAK ANTARA TITIK PUSAT LUBANG PELAT ACP PADA
FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

INTAN PURNAMA

03041181823027

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI DAYA KARENA PENGARUH
JARAK ANTARA TITIK PUSAT LUBANG PELAT ACP PADA
FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP



SKRIPSI

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

Oleh:

INTAN PURNAMA

03041181823027



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

NIP : 197108141999031005

Indralaya, 6 Juli 2024

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Dr. Ir Armin Sofijan, M.T.

NIP : 196411031995121001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini: _____

Nama : Intan Purnama

NIM : 03041181823027

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 8%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Analisis Perbandingan Efisiensi Daya karena Pengaruh Jarak Antara Titik Pusat Lubang Pelat ACP pada Fotovoltaik jenis Polikristalin 100 WP” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 15 Juli 2024



Intan Purnama

NIM. 03041181823027

— — — — —

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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



Tanda Tangan : _____

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Armin Sofijan, M. T.

Tanggal : 06/Juli/2024

— — — — —
— — — — —
— — — — —

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

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

Nama : Intan Purnama

NIM : 03041181823027

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

Analisis perbandingan efisiensi daya karena pengaruh jarak antara titik pusat lubang pelat ACP pada fotovoltaik jenis Polikristalin 100 WP

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/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 Indralaya

Pada tanggal : 15 Juli 2024



Intan Purnama

NIM. 03041181823027

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya. Setelah melewati proses yang panjang Berkat rahmat, hidayah, karunia, serta ridho dari Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul **“ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI DAYA KARENA PENGARUH JARAK ANTARA TITIK PUSAT LUBANG PELAT ALUMINIUM PADA FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP”**. Pembuatan tugas akhir ini merupakan syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua saya, Ayah dan Ibu serta saudara saya yang sudah mendoakan dan memberikan motivasi tanpa henti kepada penulis.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.d., IPU. selaku Guru Besar Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Desi Windi Sari, S.T., M. Eng., Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasihat dari awal perkuliahan hingga mendapatkan gelar Sarjana Teknik.
5. Bapak Dr. Ir. Armin Sofijan, M. T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak sekali ilmu, bimbingan, serta nasihat selama pengerjaan tugas akhir.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan masukan selama proses penyelesaian skripsi.
7. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
8. Segenap staf Fakultas Teknik serta staf Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.

9. Kakak Tingkat yang membantu penulis, Kak Priska dan Kak Raka, serta adik Tingkat Putra dan Fathur yang sudah membantu dalam proses pengambilan data.
10. Teman-teman Penulis, Irma, Nisak, Indah, dan Onik, serta teman-teman kosan, Iklan, Anggi, Dia, Aldi, Azis, Radia, Putri, Robi yang telah kebersamai penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman mahasiswa tergabung di dalam jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya
12. Pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Indralaya, 15 Juli 2024

Intan Purnama

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI DAYA KARENA PENGARUH JARAK ANTARA TITIK PUSAT LUBANG PELAT ACP PADA FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP

(Intan Purnama, 03041181823027, 2024, 45 halaman)

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi berkelanjutan. Energi listrik dan panas adalah dua bentuk energi yang dapat dihasilkan dari energi matahari. Salah satu metode untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah dengan menggunakan panel fotovoltaik (PV). Salah satu dari banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan panel surya untuk menghasilkan listrik adalah suhu. Suhu kerja panel surya yang ideal berada pada suhu normal yaitu 25⁰C. Efisiensi panel surya dalam menghasilkan energi listrik dipengaruhi oleh kenaikan suhu. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini menggunakan sistem pendingin pasif berupa pelat ACP yang diletakkan di belakang panel fotovoltaik berjenis polikristalin 100 WP dengan variasi jarak antar titik pusat lubang 15 mm, 17,5 mm, dan 20 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel fotovoltaik dengan pelat berlubang yang jarak antar titik pusat lubangnya lebih kecil memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel yang lainnya. Hal ini dapat diketahui dari nilai efisiensi pada radiasi yang sama pada pelat dengan jarak antar titik pusat lubangnya 20 mm, 17,5 mm dan 15 mm masing-masing sebesar 5,971444%, 8,338474%, dan 10,00781%.

Katakunci: Fotovoltaik, ACP berlubang, Pendingin Pasif

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF POWER EFFICIENCY DUE TO THE INFLUENCE OF THE DISTANCE BETWEEN THE CENTER POINT OF THE ACP PLATE HOLE ON THE 100 WP POLYCRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC TYPE

(Intan Purnama, 03041181823027, 2024, 45 pages)

Solar energy is one of the most sustainable energy sources. Electrical energy and heat are two forms of energy that can be generated from solar energy. One method to convert solar energy into electrical energy is by using photovoltaic (PV) panels. One of the many factors that affect the ability of solar panels to generate electricity is temperature. The ideal working temperature of solar panels is at a normal temperature of 25°C. The efficiency of solar panels in producing electrical energy is affected by the increase in temperature. To overcome this, this research uses a passive cooling system in the form of an ACP plate placed behind a 100 WP polycrystalline type photovoltaic panel with variations in the distance between the center points of the holes of 15 mm, 17.5 mm, and 20 mm. The results showed that the photovoltaic panel with a perforated plate with a smaller distance between the center points of the holes has a higher efficiency than the other panels. This can be seen from the efficiency value at the same radiation on plates with a distance between the center points of the holes of 20 mm, 17.5 mm and 15 mm of 5.971444%, 8.338474%, and 10.00781%, respectively.

Keywords: *Photovoltaic, Perforated ACP, Passive Cooling*

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN DEPAN | 1 |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS..... | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN DOSEN..... | iv |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | v |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| ABSTRAK | viii |
| ABSTRACT | ix |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR RUMUS..... | xv |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 4 |
| BAB II | 5 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Panel Surya | 5 |
| 2.1.1 Prinsip Kerja Panel Surya | 5 |
| 2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Panel Surya | 6 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.3 Karakteristik Panel Surya | 7 |
| 2.1.4 Panel Surya Polikristalin..... | 8 |
| 2.1.5 Faktor Yang Mempengaruhi Kerja Panel Surya | 9 |
| 2.1.6 Efisiensi Panel Surya..... | 12 |
| 2.1.7 Fill Factor..... | 12 |
| 2.2 Sistem Pendingin | 13 |
| 2.2.1 Sistem Pendingin Aktif | 13 |
| 2.2.2 Sistem Pendingin Pasif | 14 |
| 2.3 Aluminium Composite Panel (ACP)..... | 16 |
| BAB III..... | 20 |
| METODOLOGI PENELITIAN | 20 |
| 3.1 Metode Penelitian..... | 20 |
| 3.2 Diagram Alir Penelitian..... | 22 |
| 3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian | 23 |
| 3.4 Alat dan Bahan | 23 |
| 3.5 Desain dan Spesifikasi Alat | 25 |
| 3.6 Skema Pengambilan Data Penelitian..... | 27 |
| 3.7 Prosedur Penelitian..... | 28 |
| BAB IV | 30 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | 30 |
| 4.1 Pembahasan | 30 |
| 4.2 Data Hasil Pengukuran | 31 |
| 4.3 Hasil Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya | 32 |
| 4.4 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya | 32 |
| 4.5 Grafik Data dan hasil Perhitungan Penelitian | 37 |
| 4.6 Analisa Hasil Penelitian..... | 42 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| BAB V..... | 44 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | 44 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 44 |
| 5.2 Saran | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 46 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Prinsip Kerja Sel Surya | 6 |
| Gambar 2.2 Kurva Karakteristik Arus-Tegangan Panel Surya..... | 8 |
| Gambar 2.3 Panel Surya Polycrystalline silikon | 10 |
| Gambar 2.4 Kurva Suhu Terhadap Radiasi Matahari..... | 10 |
| Gambar 2.5 Grafik Daya Terhadap Tegangan | 11 |
| Gambar 2.6 Perpindahan Kalor Secara Konduksi | 15 |
| Gambar 2.7 Arah cahaya yang sampai ke panel..... | 16 |
| Gambar 2.8 Aluminium Composite Panel..... | 17 |
| Gambar 3.1 Desain Pendingin Pelat Aluminium Berlubang dengan jarak titik pusat lubang 15 mm | 28 |
| Gambar 3.2 Desain Pendingin Pelat Aluminium Berlubang dengan jarak titik pusat lubang 17,5 mm | 28 |
| Gambar 3.3 Desain Pendingin Pelat Aluminium Berlubang dengan jarak titik pusat lubang 20 mm | 29 |
| Gambar 4.1 Alat Penelitian..... | 32 |
| Gambar 4.2 Grafik Tegangan | 39 |
| Gambar 4.3 Grafik Arus | 40 |
| Gambar 4.4 Grafik Temperatur | 41 |
| Gambar 4.5 Grafik Radiasi Matahari | 42 |
| Gambar 4.6 Grafik Daya Luaran | 42 |
| Gambar 4.7 Grafik Nilai Efisiensi..... | 40 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Sel Surya | 7 |
| Tabel 2.1 Komposisi Aluminium Composite Panel | 18 |
| Tabel 3.1 Alat dan Bahan..... | 26 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Fotovoltaik | 27 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi Pelat Pendingin Aluminium Berlubang..... | 27 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian | 33 |
| Tabel 4.2 Hasil Perhitungan pada Panel Surya menggunakan Pelat Pendingin yang Jarak antar Titik Pusat Lubang 15 mm | 36 |
| Tabel 4.3 Hasil Perhitungan pada Panel Surya menggunakan Pelat Pendingin yang Jarak antar Titik Pusat Lubang 17,5 mm | 37 |
| Tabel 4.4 Hasil Perhitungan pada Panel Surya menggunakan Pelat Pendingin yang Jarak antar Titik Pusat Lubang 20 mm | 38 |

DAFTAR RUMUS

| | |
|--|----|
| Rumus 2.1 Daya Keluaran Sel Surya | 12 |
| Rumus 2.2 Daya Masukan Panel Surya | 12 |
| Rumus 2.3 Efisiensi Panel Surya | 13 |
| Rumus 2.4 Fill Factor | 13 |
| Rumus 2.5 Laju Perpindahan Kalor Secara Konduksi | 15 |
| Rumus 2.6 Laju Perpindahan Kalor Secara Koveksi | 15 |
| Rumus 2.7 Daya Aktif | 12 |
| Rumus 2.8 Daya Reaktif | 12 |
| Rumus 2.9 Daya Semu | 19 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Para peneliti dari berbagai Negara sedang sangat antusias untuk meningkatkan pengembangan energi surya, yang merupakan salah satu jenis sumber energi yang dapat diperbaharui. Dari sinar matahari dapat dihasilkan dua bentuk energi, yaitu listrik dan panas. Salah satu cara untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik adalah dengan menggunakan panel fotovoltaik (PV). Panel PV mampu langsung mengubah sinar matahari menjadi energi listrik secara efisien, berkelanjutan dan ramah lingkungan [1].

Pemanfaatan energi listrik dari radiasi matahari adalah salah satu pengganti terbaik untuk bahan bakar tak terbarukan. Jumlah energi yang diterima bumi dari matahari sampai $1,8 \times 10^{11}$ MW, yaitu seribu kali lebih tinggi dari keseluruhan konsumsi energi dari semua sumber gabungan. Energi matahari tidak menghasilkan polutan berbahaya seperti bahan bakar konvensional saat dikonversikan menjadi tenaga listrik. Dapat digunakan untuk melindungi bumi dari pemanasan global dan memastikan bahwa bahan bakar fosil dapat dilestarikan untuk generasi mendatang. Teknologi untuk memanfaatkan energi listrik dari energi matahari, dikenal dengan sel surya fotovoltaik. Salah satu dari banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan panel surya untuk menghasilkan listrik adalah suhu. Suhu kerja panel surya yang ideal berada pada suhu normal yaitu 25°C . Efisiensi panel surya dalam menghasilkan energi listrik dipengaruhi oleh kenaikan suhu. Agar panel surya dapat menghasilkan energi listrik seefisien mungkin, diperlukan pendingin yang dirancang khusus untuk panel surya dalam menurunkan suhu panel. Ada dua jenis sistem pendingin: pendinginan pasif dan pendinginan aktif. Pendingin pasif adalah pendingin yang mentransfer panas yang dikumpulkan pelat ke udara bebas dengan memanfaatkan faktor eksternal seperti kecepatan angin. Sistem pendingin ini murah untuk diterapkan dan mudah digunakan. Pelat aluminium berlubang adalah salah satu jenis pendinginan pasif panel surya yang dapat dimanfaatkan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Raka

Dwi Putra (2022) [2] yang memakai pelat datar dan berlubang dengan membandingkan diameter lubang pelat bahan *Aluminium Composite Panel* (ACP) yang menjadi sistem pendingin, sehingga memaksimalkan daya dan efisiensi kerja panel dibandingkan dengan panel tanpa sistem pendingin. Dengan mempertimbangkan penelitian tersebut, maka penelitian tugas akhir ini akan membahas tentang: “**Analisis Perbandingan Efisiensi Daya Karena Pengaruh Jarak Antara Titik Pusat Lubang Pelat ACP pada Fotovoltaik jenis Polikristalin 100 Wp**”.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam studi ini, efisiensi panel fotovoltaik (PV) akan dievaluasi saat panel menyerap energi matahari pada suhu yang tinggi, seperti yang sudah diamati sebelumnya. Pelat berlubang *Aluminium Composite Panel* (ACP) digunakan sebagai media pendingin sebagai pengganti kipas untuk menyerap panas atau menggunakan transmisi panas konveksi bebas. Oleh karena itu, pokok permasalahan dalam studi ini:

1. Bagaimana variasi desain pelat ACP berlubang yang akan dipakai?
2. Apakah jarak antar titik pusat lubang pelat ACP pendingin dapat mempengaruhi daya dari *photovoltaic cell* jenis *polycrystalline*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat *prototype* pelat ACP berlubang dengan nilai efisiensi terbaik
2. Mendapatkan nilai arus dan tegangan sehingga dapat mengitung dan menganalisis daya keluaran
3. Menganalisis pengaruh jarak antar titik pusat lubang pelat ACP terhadap daya keluaran dan efisiensi panel *photovoltaic polycrystalline* 100 WP.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah dibuat sebagai panduan untuk memastikan bahwa penelitian ini lebih fokus dan tetap pada topik diskusi sepanjang penyelesaiannya. Batasan masalah dalam penelitian ini mencakup :

1. Tiga unit sel fotovoltaik polikristalin 100 WP digunakan dalam penelitian ini.
2. Pelat ACP berlubang digunakan sebagai bahan sistem pendingin dengan dimensi panjang 960 mm, lebar 600 mm, dan tebal 20. Dengan diameter lubang adalah 10 mm dan variasi jarak antar titik pusat lubang 20 mm; 17,5 mm; 15 mm.
3. Pengisian baterai dan dampak sudut kemiringan panel pada optimasi matahari tidak tercakup dalam penelitian ini.
4. Faktor eksternal seperti bayangan, debu, kecepatan angin, dan rugi-rugi daya tidak dibahas dalam penelitian ini.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berikut digunakan untuk membantu dalam pembuatan skripsi ini:

BAB I PENDAHULUAN

Sehubungan dengan latar belakang, perumusan masalah, cakupan, tujuan dan struktur penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tentang dasar-dasar teoritis pembangkit listrik tenaga surya, sel surya, dan intensitas matahari.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Terkait dengan lokasi, waktu, metode pelaksana, serta rencana perumusan, pembahasan, tabel, dan diagram alir yang akan digunakan.

BAB IV PEMBAHASAN

Mengenai pelaporan data hasil penelitian, pengolahan data, hasil perhitungan, dan grafik hasil penelitian yang dilengkapi dengan analisis hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Mengenai perumusan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan rekomendasi untuk studi lanjutan untuk menghasilkan hasil penelitian yang lebih bermanfaat di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sofijan, Z. Nawawi, B. Y. Suprpto, I. Bizzy, and R. Sipahutar, "Passive cooling using perforated aluminum plate to improve efficiency on monocrystalline of 100 Wp photovoltaic," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 909, no. 1, p. 12006.
- [2] R. D. W. I. PUTRA, "DESAIN PELAT ACP BERLUBANG PADA FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP TERHADAP PENINGKATAN DAYA LUARAN."
- [3] A. M. Bagher, M. M. A. Vahid, and M. Mohsen, "Types of solar cells and application," *Am. J. Opt. Photonics*, vol. 3, no. 5, pp. 94–113, 2015.
- [4] A. Fernandez, "How A Solar Cell Works," *Amercan Chem. Soc*, 2014.
- [5] S. Manan, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia," *Gema Teknol.*, 2009.
- [6] A. B. B. Solutions, "Technical Application Papers No. 10. Photovoltaic plants," *Tech. Appl. Pap*, vol. 10, no. 10, p. 107, 2010.
- [7] 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," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol*, vol. 6, no. 5, pp. 682–688, 2016.
- [8] A. Maleki, A. Haghghi, M. E. H. Assad, I. Mahariq, and M. A. Nazari, "A review on the approaches employed for cooling PV cells," *Sol. Energy*, vol. 209, pp. 170–185, 2020.
- [9] L. A. Dobrzański, M. Szczęsna, M. Szindler, and A. Drygała, "Electrical properties mono-and polycrystalline silicon solar cells," *Sol. cells*, vol. 59, no. 2, pp. 67–74, 2013.
- [10] 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,” *Sol. Energy*, vol. 211, pp. 117–146, 2020.
- [11] O. C. Olawole *et al.*, “Innovative methods of cooling solar panel: A concise review,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1299, no. 1, p. 12020.
- [12] 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 Convers. Manag.*, vol. 155, pp. 301–323, 2018.
- [13] 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*, vol. 5, no. 2, p. 25, 2021.
- [14] A. as Sofijan, “Desain passive cooling menggunakan perforated aluminum plate pada fotovoltaik monokristalin,” *J. Surya Energy*, vol. 5, no. 1, pp. 23–30, 2021.
- [15] T. L. Bergman, T. L. Bergman, F. P. Incropera, D. P. Dewitt, and A. S. Lavine, *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & Sons, 2011.
- [16] K. Mertens, *Photovoltaics: fundamentals, technology, and practice*. John Wiley & Sons, 2018.
- [17] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, *Fundamentals of materials science and engineering*, vol. 471660817. Wiley London, 2000.
- [18] A. Von Meier, *Electric power systems: a conceptual introduction*. John Wiley & Sons, 2006.