

**DESAIN PELAT ACP BERLUBANG PADA FOTOVOLTAIK JENIS
POLIKRISTALIN 100 WP TERHADAP PENINGKATAN DAYA LUARAN**



SKRIPSI

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

**Oleh :
RAKA DWI PUTRA
03041281722044**

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

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN PELAT ACP BERLUBANG PADA FOTOVOLTAIK JENIS
POLIKRISTALIN 100 WP TERHADAP PENINGKATAN DAYA LUARAN**



SKRIPSI

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

Oleh :

RAKA DWI PUTRA

03041281722044

Indralaya, Juni 2022

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP : 197108141999031005

Ir. H. Hairul Anwar, BA M.T.

NIP : 195709221987031003

HALAMAN 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, H.A.M.T.

Tanggal :

7 , Juni , 2022

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

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

Nama : Raka Dwi Putra
NIM : 03041281722044
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

**DESAIN PELAT ACP BERLUBANG PADA FOTOVOLTAIK JENIS
POLIKRISTALIN 100 WP TERHADAP PENINGKATAN DAYA LUARAN**

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: Mei 2022



Raka Dwi Putra

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Raka Dwi Putra
NIM : 03041281722044
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 13%

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul "Desain Pelat ACP Berlubang pada Fotovoltaik Jenis Polikristalin 100 WP Terhadap Peningkatan Daya Luaran" 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.

Indralaya, Juni 2022


METRAL
TEMPEL
UEA.DX885417600
Raka Dwi Putra

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *rabbil'alamin*, 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 **“DESAIN PELAT ACP BERLUBANG PADA FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP TERHADAP PENINGKATAN DAYA LUARAN”**. 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. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.d., IPU. selaku Guru Besar Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., MS. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. H. Hairul Alwani. HA M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak sekali ilmu, bimbingan, serta nasihat selama pengerjaan tugas akhir.
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. Kedua Orang Tua tercinta Syamrizal (Papa) dan Kurnia Agustini (Mama) yang tiada henti-hentinya memberikan dukungan baik berupa doa, motivasi, dan materi dalam menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir ini.
10. Kakak penulis Rizky Adryansyah, S.T. dan kedua adik penulis Putri Rahma Aulia dan Muhammad Raihan yang telah banyak memberikan penulis bantuan doa dan motivasi sehingga dapat diselesaikannya tugas akhir ini.
11. Sahabat-sahabat penulis Muhammad Aldino Kurniawan, Muhammad Raafi, Said Achmad Al-Idrus, Niqonaldy Ahsanur Rezeky, Eko Triansyah, Rohli Halim, M. Syaidar Nurpadilla, M. Wahyu Ramadhan dan Ilhami Kurniawan yang telah menemani penulis dari awal masa perkuliahan hingga menyelesaikan perkuliahan ini.
12. Sahabat penulis Khalif Wisnutama yang telah menemani pada masa tugas akhir yang telah memberi dukungan berupa motivasi dan moral hingga menyelesaikan tugas akhir ini .
13. Teman-teman mahasiswa tergabung di dalam jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya

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, Maret 2022



Raka Dwi Putra

ABSTRAK

DESAIN PELAT ACP BERLUBANG PADA FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTALIN 100 WP TERHADAP PENINGKATAN DAYA LUARAN

(Raka Dwi Putra, 03041281722044, 53 halaman)

Energi surya merupakan energi yang sangat penting dan berkelanjutan, ramah lingkungan dan relatif mudah digunakan. Tetapi ada batasan ketika jumlah radiasi matahari tinggi, mengakibatkan suhu permukaan panel surya juga naik sehingga dapat mengurangi kinerja pada panel surya. Penelitian ini bertujuan untuk mempertahankan daya keluaran dari panel PV dengan menggunakan media pendingin berupa pelat berlubang berbahan ACP, penelitian ini menggunakan 3 buah pelat ACP yang berukuran 96cm x 60cm dengan masing-masing lubang yang telah di desain dengan diameter 20mm, 22,5mm, dan 25mm. Pelat dengan lubang yang terbesar yaitu 25mm menunjukkan penurunan suhu yang lebih besar dibandingkan dengan diameter lubang lainnya, ketika nilai radiasi tertinggi sebesar 1009 W/m² menghasilkan suhu sebesar 58°C di panel PV tanpa pelat berlubang, sedangkan pada pelat berlubang berdiameter 25mm terdapat penurunan suhu sebesar 42°C. Pelat pendingin berdiameter lubang 25mm memiliki daya keluaran tertinggi sebesar 65,16 W dibandingkan dengan ketiga panel surya lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan suhu pada panel PV dapat meningkatkan kinerja pada panel PV, dikarenakan semakin besar diameter lubang pada pelat pendingin maka semakin besar penurunan suhu pada panel PV, sehingga daya yang dihasilkan oleh panel PV tidak mengalami penurunan.

Kata Kunci – Panel PV, Pelat Berlubang, Daya Luaran, ACP



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidiq, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Indralaya, Juni 2022

Menyetujui,
Pembimbing Utama

R. H. Huzul Abrani, BA, MT,
NIP : 195709221987031003

ABSTRACT

DESIGN OF ACP PERFORMANCE ON 100 WP POLYCRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC TYPE ON INCREASING EXTERNAL POWER

(Raka Dwi Putra, 03041281722044, 53 pages)

Solar energy is a very important and sustainable energy, environmentally friendly and relatively easy to use. But there is a limit when the amount of solar radiation is high, resulting in the surface temperature of the solar panel also rising so that it can reduce the performance of the solar panel. This study aims to maintain the output power of PV panels by using cooling media in the form of perforated plates made of ACP, this study uses 3 ACP plates measuring 96cm x 60cm with each hole that has been designed with a diameter of 20mm, 22.5mm, and 25mm. The plate with the largest hole of 25mm shows a greater temperature drop compared to the diameter of the other holes, when the highest radiation value of 1009 W/m² produces a temperature of 58°C in PV panels without perforated plates, while on a perforated plate with a diameter of 25mm there is a decrease in temperature, of 42°C. The 25mm bore diameter cooling plate has the highest output power of 65.16 W compared to the other three solar panels. This shows that the decrease in temperature on the PV panel can improve the performance of the PV panel, because the larger the diameter of the hole on the cooling plate, the greater the decrease in temperature on the PV panel, so that the power generated by the PV panel does not decrease.

Keywords – PV Panel, Perforated Plate, Output Power, ACP

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

NIP : 197108141999031005

Indralaya, Juni 2022

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Ir. H. Haidar Alranni, BA, M.T.

NIP : 195709221987031003

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sel Surya.....	4
2.1.1 Prinsip Kerja Sel Surya	4
2.1.2 Bahan Semi Konduktor	5
2.1.3 Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	7
2.1.4 Karakteristik Sel Surya	8

2.1.5	Pengaruh Temperatur pada Panel Surya	9
2.1.6	Pengaruh Radiasi pada Panel Surya.....	10
2.1.7	Daya luaran Panel surya.....	11
2.1.8	Faktor yang Mempengaruhi Sel Surya.....	12
2.2	Perpindahan Panas.....	13
2.2.1	Konduksi.....	13
2.2.2	Konveksi	14
2.2.3	Perpindahan panas pada panel surya.....	15
2.2.4	Pengaruh Panas terhadap Daya Luaran Panel Surya.....	16
2.3	Sistem pendingin panel surya.....	16
2.3.1	Pelat Berlubang Sebagai Pendingin Pasif	17
2.4	<i>Aluminium Composite Panel</i>	18
2.5	Daya.....	19
2.5.1	Daya Aktif.....	19
2.5.2	Daya Reaktif.....	20
2.5.3	Daya Semu	20
BAB III		21
METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Metode Penelitian yang Digunakan	21
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	22
3.4	Alat dan Bahan	22
3.5	Desain dan Spesifikasi Peralatan Penelitian.....	25
3.6	Diagram Blok Penelitian	29
3.7	Skema Pengambilan Data.....	29
3.8	Prosedur Penelitian.....	30

BAB IV	34
PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pembahasan	34
4.2 Data Hasil Pengukuran	35
4.3 Hasil Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya	36
4.4 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Surya	37
4.5 Grafik Data dan Hasil Perhitungan Penelitian	39
4.6 Analisa Hasil Penelitian	46
BAB V	49
KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Prinsip Kerja Sel Surya	5
Gambar 2. 2	Struktur dari bahan semikonduktor	6
Gambar 2. 3	Perbedaan band gap pada tiap material	6
Gambar 2. 4	Panel surya <i>Polycrystalline Silicon</i>	7
Gambar 2. 5	Kurva Karakteristik Arus-Tegangan Panel Surya	8
Gambar 2. 6	Kurva Karakteristik Panel Surya : Pengaruh suhu	10
Gambar 2. 7	Kurva Karakteristik Panel Surya : Pengaruh radiasi matahari	10
Gambar 2. 8	Kurva I-V Pada Panel Surya.....	11
Gambar 2. 9	Kurva Karakteristik Fill Factor Panel Surya	12
Gambar 2. 10	Konduksi Panas Pada Suatu Benda	13
Gambar 2. 11	Konveksi dari permukaan benda panas ke udara terbuka	14
Gambar 2. 12	Perpindahan Panas pada Panel Surya	15
Gambar 2. 13	Aluminium Composite Panel	18
Gambar 2. 14	Segitiga Daya.....	20
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 3. 2	Desain Pendingin Pelat Aluminium Berlubang diameter 20 mm .	26
Gambar 3. 3	Desain Pendingin Pelat Aluminium Berlubang diameter 22,5 mm	27
Gambar 3. 4	Desain Pendingin Pelat Aluminium Berlubang diameter 25 mm .	27
Gambar 3. 5	Desain Pendingin Pelat Aluminium Berlubang dengan keterangan ukuran	28
Gambar 3. 6	Desain 3D Pelat ACP	28
Gambar 3. 7	Diagram Blok Penelitian	29
Gambar 3. 8	Skema Pengambilan Data.....	29
Gambar 3. 9	Skema Rangkaian	30
Gambar 4. 1	Alat Penelitian	34
Gambar 4. 2	Grafik perbandingan tegangan keluaran panel surya polikristalin 100 WP terhadap waktu.....	40
Gambar 4. 3	Grafik perbandingan arus keluaran panel surya polikristalin 100 WP terhadap waktu.....	41

Gambar 4. 4	Grafik perbandingan suhu permukaan panel surya polikristalin 100 WP terhadap waktu.....	42
Gambar 4. 5	Grafik perbandingan suhu bawah panel atau suhu pada pelat panel surya polikristalin 100 WP terhadap waktu.....	43
Gambar 4. 6	Grafik perbandingan daya panel surya polikristalin 100 WP terhadap waktu	44
Gambar 4. 7	Grafik perbandingan nilai efisiensi panel surya polikristalin 100 WP terhadap waktu.....	45
Gambar 4. 8	Grafik perbandingan radiasi terhadap waktu.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Aluminium Composite Panel.....	19
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	23
Tabel 3. 2 Spesifikasi Panel Fotovoltaik.....	25
Tabel 3. 3 Spesifikasi Pelat Pendingin Aluminium Berlubang.....	26
Tabel 3. 4 Rencana Pengukuran Tegangan, Arus, Suhu, dan Radiasi	32
Tabel 3. 5 Rencana Perhitungan Daya Keluaran, Daya Masukan, dan Efisiensi..	33
Tabel 4. 1 Panel surya tanpa pendingin dan dengan Pelat 20 mm.....	35
Tabel 4. 2 Panel surya dengan pelat 22,5 mm dan dengan Pelat 25 mm.....	36
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Daya Keluaran dan Efisiensi pada Panel Surya	38

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1	14
Persamaan 2.2	15
Persamaan 2.3	21

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi surya merupakan energi yang sangat penting dan berkelanjutan, ramah lingkungan dan relatif mudah digunakan. Panel surya dapat diubah menjadi energi DC menggunakan panel surya, tetapi ada batasan ketika jumlah radiasi matahari tinggi, dan suhu permukaan panel surya juga naik, yang mengurangi efisiensi daya panel surya. Sel surya berguna untuk program konversi energi. Transisi energi itu sendiri dapat meningkatkan efisiensi energi, dan penggunaan bahan bakar fosil yang semakin menipis berperan sebagai sumber energi, sehingga meningkatkan pasokan energi yang ramah lingkungan.

Kondisi bumi kita kian lama kian menggenaskan karena tercemarnya lingkungan dari efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang menyebabkan pemanasan global (*global warming*), hujan asam, rusaknya lapisan ozon hingga hilangnya hutan tropis. Semua jenis polusi itu rata-rata akibat dari penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan lainnya yang tiada hentinya. Padahal kita tahu bahwa bahan bakar dari fosil tidak dapat diperbaharui, tidak seperti bahan bakar non-fosil [1].

Cleh karena itu, peneliti ingin membahas tugas akhir tentang: **“Desain pelat ACP berlubang pada fotovoltaik jenis polikristalin 100 Wp terhadap peningkatan daya luaran.”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil penelitian bahwa peningkatan temperatur panel PV akan menurunkan daya keluaran dan efisiensinya. Beberapa cara telah diteliti oleh para peneliti untuk meningkatkan efisiensi Panel PV ini, seperti memanfaatkan teknologi Phase Change Material (PCM), menggunakan air atau udara sebagai media pendingin, pendinginan termoelektrik, serta menggunakan program.

Pada Penelitian ini, masalah efisiensi panel PV telah diulas kembali ketika panel PV menyimpan radiasi matahari dan temperatur tinggi seperti yang telah

dilakukan peneliti sebelumnya. Media pendingin yang digunakan berupa pelat berlubang berbahan ACP tanpa menggunakan kipas untuk menyedot udara panas atau pendingin dengan perpindahan panas konveksi bebas. Oleh karena itu Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana desain pelat ACP berlubang yang akan dipakai?
2. Bagaimana cara merancang dan membuat pelat ACP berlubang sebagai pendingin panel surya?
3. Apakah diameter lubang pelat ACP dapat mempengaruhi meningkatkan daya keluaran rata-rata dari photovoltaic cells Jenis Polycrystalline?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang pelat ACP berlubang sebagai media pendingin pada panel photovoltaic 100 WP jenis polikristalin.
2. Menganalisa pengaruh besar lubang pelat pendingin ACP terhadap daya keluaran panel fotovoltaiik 100 WP.
3. Menganalisa perbandingan daya keluaran yang dihasilkan panel surya dengan pendingin dan tanpa pendingin.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak meyimpang dari pokok pembahasan, maka dibuat batasan masalah sebagai acuan dalam menyelesaikan penelitian ini. Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Penelitian ini menggunakan photovoltaic cells jenis *polycrystalline* 100 WP berjumlah 4 unit.
2. Media sistem pendingin berupa pelat ACP datar berlubang dengan panjang 96 cm, lebar 60 cm, dan tebal 0,3 cm. Kemudian jarak antar lubang adalah 3 cm dan diameter lubang 2 cm; 2,25 cm; 2,5 cm.
3. Penelitian ini hanya membahas pengaruh besar atau kecilnya diameter lubang pelat ACP terhadap Daya Keluaran.
4. Penelitian ini tidak membahas pengaruh sudut kemiringan panel terhadap optimalisasi matahari dan tidak membahas pengisian baterai.

5. Parameter yang akan diukur berupa radiasi matahari (W/m^2), tegangan (Volt), arus (Ampere), dan temperatur ($^{\circ}\text{C}$).
6. Pengambilan data dilakukan selama 2 minggu mulai pukul 09.00 WIB sampai pukul 15.00 WIB.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam memudahkan penyusunan 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 PENULISAN

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

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang hasil penelitian, pengumpulan data, perhitungan dan analisa data dihasilkan dari pengaruh diameter plat berlubang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Tentang kesimpulan dan saran-saran berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Mangapul, “Pengaturan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1000 WATT,” *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 79–95, 2016.
- [2] Muhammad Arifuddin, “PENGARUH DIAMETER LUBANG PELAT ALUMINIUM COMPOSITE PANEL PADA FOTOVOLTAIK JENIS POLIKRISTAL TERHADAP DAYA LUARAN,” 2021.
- [3] L. A. Dobrzański, M. Szczęsna, M. Szindler, and A. Drygała, “Electrical properties mono- and polycrystalline silicon solar cells,” *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, 2013.
- [4] Anthony Fernandez, “How a Solar Cell Works,” *Amercan Chem. Soc.*, 2014.
- [5] G. R. Kumrey and S. K. Mahobia, “STUDY AND ANALYSIS OF ENERGY BANDS WITH VARIOUS TYPES OF CRYSTAL STRUCTURES,” *Int. J. Eng. Technol. Manag. Res.*, 2020, doi: 10.29121/ijetmr.v3.i1.2016.38.
- [6] ABB solutions for photovoltaic applications Group, “Technical Application Papers No.10. Photovoltaic plants,” *Tech. Appl. Pap.*, vol. 10, no. 10, p. 107, 2010, [Online]. Available: [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/\\$file/vol.10.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d54672ac6e97a439c12577ce003d8d84/$file/vol.10.pdf).
- [7] E. T. Hashim and A. A. Abbood, “Temperature effect on power drop of different photovoltaic modules,” *J. Eng.*, vol. 22, no. 5, pp. 126–143, 2016.
- [8] A. & H. Pujiastuti, “Sistem Perhitungan Lama Penyinaran Matahari (Studi Kasus : ST . KLIMATOLOGI BARONGAN),” *Jur. Ilmu Komputer, FMIPA UGM*, 2016.
- [9] S. Mahdy, M. Reza, and C. Ekaputri, “Mempengaruhi Kinerja Photovoltaic Jenis Polycrystalline Berukuran 6Cm X 11Cm X 0 . 25Cm Analyze of Characteristic and External Factors Which Influencing of Polycrystalline Photovoltaic Works With the Size 6Cm X 11Cm X 0 . 25Cm,” vol. 5, no. 3, pp. 3816–3822, 2018.
- [10] Y. A. Cengel, *Heat Transfer: A Practical Approach 2nd Edition*. 2008.
- [11] Z. Arifin, D. D. D. P. Tjahjana, S. Hadi, R. A. Rachmanto, G. Setyohandoko,

- and B. Sutanto, "Numerical and experimental investigation of air cooling for photovoltaic panels using aluminum heat sinks," *Int. J. Photoenergy*, 2020, doi: 10.1155/2020/1574274.
- [12] 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.*, 2016, doi: 10.18517/ijaseit.6.5.938.
- [13] F. Grubišić-Čabo, S. Nižetić, and T. G. Marco, "Photovoltaic panels: A review of the cooling techniques," *Transactions of Famena*. 2016.
- [14] P. Dwivedi, K. Sudhakar, A. Soni, E. Solomin, and I. Kirpichnikova, "Advanced cooling techniques of P.V. modules: A state of art," *Case Stud. Therm. Eng.*, 2020, doi: 10.1016/j.csite.2020.100674.
- [15] 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," 2020, doi: 10.1088/1757-899X/909/1/012006.
- [16] M. S. Abd-Elhady, Z. Serag, and H. A. Kandil, "An innovative solution to the overheating problem of PV panels," *Energy Convers. Manag.*, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2017.12.017.
- [17] J. William D. Callister, *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. 2001.
- [18] A. von Meier, *Electric Power Systems: A Conceptual Introduction*. 2006.