

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMALISASI DAYA LUARAN FOTOVOLTAIK DENGAN  
PENDINGIN PELAT ALUMINIUM BERLUBANG  
MENGUNAKAN APLIKASI ANSYS



SKRIPSI

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

OLEH:

LEONARDO HASUDUNGAN SITUMORANG

03041281924133



Menyetujui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Nip. 197108141999031005

Indralaya, Juni 2024

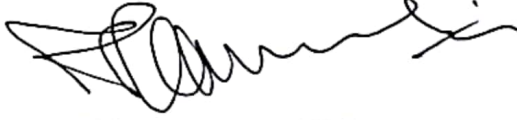
Menyetujui,  
Pembimbing Utama

Dr. Ir. Armin Sofjan, M.T.

Nip. 196411031995121001

## 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 : Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T.

Tanggal : 06 Juli 2024



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

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

Nama : Leonardo Hasudungan Situmorang

NIM : 03041181924007

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Sriwijaya

Jenis Karya : Skripsi

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

**OPTIMALISASI DAYA LUARAN FOTOVOLTAIK DENGAN PLAT  
ALUMUNIUM BERLUBANG MENGGUNAKAN APLIKASI ANSYS**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif 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 Indralaya

Pada tanggal : Juni 2024

Yang Menyatakan,



Leonardo H Situmorang

Nim. 03041281924133

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Leonardo Hasudungan Situmorang

NIM : 03041281924133

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro


Universitas : Sriwijaya

Hasil Pengecekan :

*Software iThenticate/Turnitin : 6%*

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya 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.

Sriwijaya, Juni 2024  
  
do H. Situmorang

Nim. 03041281924133

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menulis dan menyelesaikan Proposal Skripsi ini. Skripsi yang berjudul “OPTIMALISASI DAYA LUARAN FOTOVOLTAIK DENGAN PENDINGIN PLAT ALUMINIUM BERLUBANG MENGGUNAKAN APLIKSI ANSYS”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Proposal Skripsi ini dapat selesai berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi ini kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat, berkat dan Karunia-Nya kepada Penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Orang Tua saya yang selalu mendoakan serta memberi dukungan baik moril dan materil agar pembuatan skripsi ini berjalan lancar dan tepat waktu.
3. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. H. Hairul Alwani HA, M.T. selaku dosen pembimbing akademik saya selama melaksanakan perkuliahan di Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Ir. Armin Sofijan M.T. yang merupakan dosen pembimbing Tugas Akhir selama penyusunan skripsi ini.
6. Dosen-dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya dan staf pengajar yang telah membekali saya dengan ilmu yang berguna sebelum menyusun skripsi ini.
7. Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya khususnya angkatan 2019 yang selalu memberikan *support* dan menjadi rekan seperjuangan dalam menjalani kegiatan perkuliahan selama di Inderalaya.
8. Keluarga Op. Ester Sitio yang telah memberikan bantuan dukungan selama penulis menjalani perkuliahan.

9. Wesly Marojahan Situmorang selaku saudara saya yang mendukung penuh perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
10. Teman-teman di sidabagas yang telah mendukung penulis untuk menulis skripsi ini.
11. Teman-teman kontrakan pink pride yang telah mendukung penuh dalam penulisan skripsi ini.
12. Teman baik Juli Mawaty Sinaga yang telah membantu penulis untuk menulis skripsi ini.
13. Teman-teman satu bimbingan bersama bapak Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T Reza Fahlendi, Luis Yuhandri, Alya Apriliya dan teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu terimakasih telah membantu dan memaksimalkan penulis dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini kedepannya akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Indralaya, Juni 2024



Leonardo Hasudungan Situmorang



**ABSTRAK**  
**OPTIMALISASI DAYA LUARAN FOTOVOLTAIK DENGAN PENDINGIN**  
**PLAT ALUMINIUM BERLUBANG MENGGUNAKAN APLIKASI ANSYS**

(Leonardo Hasudungan Situmorang, 03041281924133, 2024, 50 halaman )

---

Sumber daya energi terbarukan akan menjadi pengganti utama bahan bakar fosil dalam beberapa tahun terakhir karena sifatnya yang bersih dan terbarukan. Fotovoltaik merupakan alat Konversi Energi Matahari menjadi Energi listrik yang bebas polusi dan ramah lingkungan sehingga sangat perlu untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dalam mengembangkan teknologi baru/terbarukan. Kelemahan kinerja dari panel Fotovoltaik ini yaitu pada saat radiasi matahari yang diterima semakin besar maka temperatur panel juga akan semakin meningkat yang dimana menurunkan efisiensi dari kinerja panel tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, simulasi ini menambahkan plat aluminium berlubang sebagai media pendingin dari panel tersebut dengan variasi diameter lubang 10mm, 12,5mm, dan 15mm. Hasil dari simulasi ansys ini menunjukkan bahwa temperatur panel yang tidak menggunakan media pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel yang menggunakan media pendingin. Nilai efisiensi pada panel yang tidak menggunakan media pendingin sebesar 12,881%, sedangkan untuk panel yang menggunakan media pendingin dengan diameter 10mm memiliki nilai efisiensi sebesar 13,1251%. Kemudian untuk panel yang menggunakan media pendingin diameter 12,5mm memiliki nilai efisiensi sebesar 13,1282%, dan untuk panel yang menggunakan media pendingin diameter 15mm memiliki nilai efisiensi sebesar 13,13085%. Dapat dilihat nilai efisiensi terendah sebesar 12,881% yaitu pada saat panel tidak menggunakan media pendingin pelat aluminium berlubang dan efisiensi terbesar sebesar 13,13085% yang diperoleh pada saat panel menggunakan media pendingin pelat aluminium berlubang. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan media pendingin pelat aluminium berlubang dapat meningkatkan efisiensi dari kinerja panel fotovoltaik tersebut.

**Kata kunci : Panel Fotovoltaik, Plat Aluminium Berlubang, Ansys, Efisiensi**

**ABSTRACT**  
**OPTIMIZATION OF PHOTOVOLTAIC OUTPUT POWER WITH**  
**PERFORATED ALUMINUM PLATE COOLER USING ANSYS**  
**APPLICATION**

(Leonardo Hasudungan Situmorang, 03041281924133, 2024, 50 halaman )

---

*Renewable energy resources will be the main substitute for fossil fuels in recent years due to their clean and renewable nature. Photovoltaic is a means of converting solar energy into electrical energy that is pollution-free and environmentally friendly so it is very necessary to do further research in developing new/ renewable technologies. The performance weakness of this Photovoltaic panel is that when the solar radiation received is greater, the panel temperature will also increase which reduces the efficiency of the panel's performance. To overcome this, this simulation adds a perforated aluminum plate as a cooling medium for the panel with a hole diameter variation of 10mm, 12.5mm, and 15mm. The results of this Ansys simulation show that the temperature of the panel that does not use cooling media is greater than the panel that uses cooling media. The efficiency value on panels that do not use cooling media is 12.881%, while for panels that use cooling media with a diameter of 10mm has an efficiency value of 13.1251%. Then for panels that use 12.5mm diameter cooling media has an efficiency value of 13.1282%, and for panels that use 15mm diameter cooling media has an efficiency value of 13.13085%. It can be seen that the lowest efficiency value of 12.881% is when the panel does not use perforated aluminum plate cooling media and the largest efficiency of 13.13085% obtained when the panel uses perforated aluminum plate cooling media. This shows that the addition of perforated aluminum plate cooling media can increase the efficiency of the photovoltaic panel performance.*

**Keywords : Photovoltaic Panel, Perforated Alimunium Plate, Ansys, Efficiency**



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiiiv
DAFTAR RUMUS .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Fotovoltaik .....	4
2.1.1 Kelebihan Fotovoltaik.....	4
2.1.2 Kekurangan Fotovoltaik.....	5
2.2 Jenis Panel Fotovoltaik .....	5
2.3 Prinsip Kerja Panel Fotovoltaik .....	9
2.4 Karakteristik Panel Fotovoltaik.....	10
2.5 Efisiensi Panel Surya .....	11
2.5.1 Pengaruh Suhu Terhadap Efisiensi.....	12
2.5.2 Kurva I-V (Arus dan Tegangan) .....	13
2.5.3 Perhitungan Efisiensi Panel Surya.....	14
2.5.4 Fill Factor .....	16
2.6 Pelat Pendingin Alumunium Berlubang .....	17
2.6.1 Material Plat Alumunium Berlubang.....	17
2.6.2 Proses Pendinginan Panel Fotovoltaik dengan Plat Berlubang.....	17
2.7 Data Logger (Penyimpanan Data).....	20
2.7.1 Arduino .....	20
2.7.2 Sensor Arus ACS 712.....	21

2.7.3 Sensor Tegangan .....	21
2.7.4 Sensor Suhu DSI8B20 .....	21
2.8 <i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS</i> .....	21
2.8.1 Meshing.....	22
2.9 Ansys .....	22
2.9.1 Cara Kerja Ansys.....	23
2.9.2 FLUENT .....	24
2.9.3 Structural.....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>26</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	26
3.2 Metode Penelitian yang Dilakukan.....	26
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	27
3.5 Diagram Blok Penelitian.....	31
3.6 Prosedur Penelitian .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA .....</b>	<b>34</b>
4.1 Umum .....	34
4.2 Data Hasil Penelitian .....	35
4.3 Perhitungan Daya Keluaran dan Efisiensi Panel Surya .....	36
4.3.1 Daya Keluaran (Pout) .....	36
4.3.2 Perhitungan Efisiensi Panel Surya.....	37
4.4 Grafik Hasil Penelitian .....	43
4.5 Analisa Hasil Simulasi.....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>50</b>

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Berbagai jenis teknologi sel surya .....	6
Gambar 2.2 Panel Surya Monokristal .....	7
Gambar 2.3 Panel Surya Polikristal .....	8
Gambar 2.4 Panel Surya Thin Film Amorf (a-Si) .....	9
Gambar 2.5 Ilustrasi Pembuatan Silikon <i>p</i> dan <i>n</i> .....	10
Gambar 2.6 Kurva Karakteristik Arus Tegangan Panel Surya.....	10
Gambar 2.7 Kurva Karakteristik I-V Terhadap Temperatur.....	13
Gambar 2.8 Kurva Karakteristik I-V Terhadap Intensitas Cahaya.....	14
Gambar 2.9 Fluid Flow (Fluent).....	24
Gambar 3.1 Desain Pendingin Plat Alumunium Berlubang diameter 10mm .....	28
Gambar 3.2 Desain Pendingin Plat Alumunium Berlubang diameter 12,5mm .....	29
Gambar 3.3 Desain Pendingin Plat Alumunium Berlubang diameter 15mm .....	29
Gambar 3.5 Desain 3D Plat Alumunium Berlubang .....	30
Gambar 3.6 Diagram Blok Penelitian.....	31

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3. 1 Spesifikasi Pelat Pendingin Aluminium Berlubang .....	28
Tabel 3. 2 Waktu Penelitian .....	33
Tabel 4. 1 Sifat Lapisan Fotovoltaik.....	34
Tabel 4. 2 Hasil Data Pengukuran Simulasi Ansys (°C).....	35
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan pada Panel Surya tanpa menggunakan Pelat Alumunium dan menggunakan Pelat Pendingin Aluminium berlubang dengan diameter 10 mm .....	39
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan pada Panel Surya menggunakan Pelat Pendingin Aluminium berlubang dengan diameter 12.5 mm dan 15 mm.....	40
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan efisiensi pada Panel Surya tanpa menggunakan Pelat Alumunium dan menggunakan Pelat Pendingin Aluminium berlubang dengan diameter 10 mm .....	41
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan efisiensi pada Panel Surya menggunakan Pelat Pendingin Aluminium berlubang dengan diameter 12,5 mm dan 15 mm .....	42

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Perbandingan suhu terhadap waktu pada Fotovoltaik dengan tanpa pendingin dan menggunakan media pendingin. ....	43
Grafik 4. 2 Perbandingan daya keluaran pada Fotovoltaik terhadap waktu tanpa pendingin dan menggunakan media pendingin. ....	44
Grafik 4. 3 Perbandingan Efisiensi pada Fotovoltaik terhadap waktu tanpa pendingin dan menggunakan media pendingin. ....	45

**DAFTAR RUMUS**

Rumus	(2.1)	.....	14
Rumus	(2.2)	.....	15
Rumus	(2.3)	.....	15
Rumus	(2.4)	.....	15
Rumus	(2.5)	.....	16
Rumus	(2.6)	.....	18
<i>Rumus</i>	(2.7)	.....	19
Rumus	(2.8)	.....	19

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sumber daya energi terbarukan akan menjadi pengganti utama bahan bakar fosil dalam beberapa tahun terakhir karena sifatnya yang bersih dan terbarukan. Meningkatnya permintaan energi di seluruh dunia dan penipisan bahan bakar fosil telah menjadi utama yang mendorong para peneliti untuk fokus pada sumber energi terbarukan. Energi matahari adalah yang paling sumber energi terbarukan yang paling menjanjikan yang dibutuhkan dunia. Matahari sebagai sumber daya utama untuk energi yang ada ini dimanfaatkan dengan salah satu cara yaitu dengan panel PV [1].

Potensi energi matahari untuk menjadi sumber energi terbarukan yang berlimpah adalah salah satu prospek yang paling menggembirakan untuk produksi tenaga surya yang bersih, bebas polusi, dan bebas bahan baku [2]. Tenaga surya merupakan sumber energi terbarukan dengan banyak potensi kegunaannya, salah satunya adalah sistem pemanas. Perangkat kolektor surya digunakan dalam sistem pemanas. Energi surya diserap oleh kolektor surya, yang kemudian mengubahnya menjadi energi termal dan menyalurkannya ke fluida [3].

Modul kolektor termal fotovoltaiik (PV) (PV / T) berfungsi ganda sebagai penghasil energi dan pendingin. Hal ini memungkinkan produksi panas dan listrik secara bersamaan. Permintaan tenaga surya dan energi panas matahari cenderung berjalan beriringan, maka pengembangan perangkat yang mampu memenuhi kedua kebutuhan ini sangat penting [2]. Teknik pendinginan terbagi menjadi dua jenis, yaitu: pendinginan aktif dan pendinginan pasif. Teknik pertama, yaitu pendinginan aktif, melibatkan metode seperti pendinginan udara, penyemprotan air, kipas DC udara, antara lain. Banyak peneliti menggunakan metode pendinginan ini, yang mengandalkan konveksi



paksa, untuk mendinginkan pekerjaan mereka[2]. Sementara itu, Dalam hal memberi sel jumlah pendinginan yang sesuai, pendinginan pasif adalah salah satu metode yang paling efektif. Teknik ini memungkinkan pendinginan sel PV menggunakan permukaan yang diperpanjang berbiaya rendah melalui konveksi alami tanpa memerlukan perangkat tambahan seperti kipas angin atau pompa untuk ekstraksi panas [4]. Metode inovatif untuk mendinginkan panel PV adalah pendinginan pasif, yang menggunakan pelat aluminium berlubang. Panel PV tidak memerlukan energi ekstra untuk didinginkan karena pelat aluminium berlubang menggunakan prinsip konveksi bebas dan pendinginan pasif dengan menukar udara dengan udara di sekitarnya [2].

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya luaran pada fotovoltaik yang diberi media pendingin plat aluminium berlubang dengan aplikasi ansys. Oleh karena itu, penulis mengambil judul” **Optimalisasi Daya Luaran Fotovoltaik Dengan Pendingin Plat Aluminium Berlubang Menggunakan Aplikasi Ansys**”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Studi ini membahas masalah efisiensi panel surya ketika panel surya menyimpan radiasi matahari dan suhu tinggi, seperti yang telah dilakukan para peneliti di masa lalu. Aluminium foil berlubang digunakan sebagai media pendingin, yang tidak menggunakan kipas untuk menyedot udara panas atau zat pendingin dengan perpindahan panas konveksi bebas. Oleh karena itu, masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana desain pelat aluminium berlubang pada aplikasi solidwork?
2. Apakah diameter dari plat berlubang mempengaruhi efisiensi dari perpindahan panas pada Foltovoltaik?
- 3.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Merancang desain pelat aluminium berlubang sebagai media pendingin pada fotovoltaik.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh dari media pendingin plat aluminium berlubang dalam kinerja fotovoltaik.
3. Mengetahui perbandingan efisiensi yang didapatkan pada fotovoltaik dengan pendingin dan tanpa pendingin.

#### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Agar penelitian ini tidak keliru dan lebih terarah serta tidak menyimpang dari topik pembahasan, maka dibuat batasan masalah sebagai acuan penyelesaian penelitian ini. Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Media sistem pendingin berupa pelat aluminium datar berlubang.
2. Penelitian ini hanya membahas pengaruh ukuran diameter lubang plat aluminium terhadap efisiensi.
3. Penelitian ini tidak membahas pengaruh sudut kemiringan panel terhadap optimalisasi energi matahari atau pengisian baterai.
4. Penelitian ini hanya menghitung daya yang dihasilkan oleh panel (Pout), Temperatur (0C), dan Efisiensi (%).
5. Penelitian ini menggunakan data penelitian sebelumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Amelia *et al.*, “Cooling on Photovoltaic Panel Using Forced Air Convection Induced by DC Fan,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 6, no. 2, p. 526, 2016, doi: 10.11591/ijece.v6i2.9118.
- [2] I. Bizzy, R. Sipahutar, D. Puspitasari, A. Sofijan, and M. A. Fajri, “The cooling effect of polycrystalline type PV panels using perforated aluminum plates,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 909, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/909/1/012005.
- [3] S. Gustafany, “Tugas akhir analisa energi yang diserap kolektor alat desalinasi dengan penambahan plat alumunium pada pipa tembaga,” 2022.
- [4] E. Cuce, T. Bali, and S. A. Sekucoglu, “Effects of passive cooling on performance of silicon photovoltaic cells,” *Int. J. Low-Carbon Technol.*, vol. 6, no. 4, pp. 299–308, 2011, doi: 10.1093/ijlct/ctr018.
- [5] L. A. Dobrzański, M. Szczęśna, M. Szindler, and A. Drygała, “Electrical properties mono-and polycrystalline silicon solar cells,” *J. Achiev. Materails Manuf. Eng.*, vol. 59, no. 2, pp. 67–74, 2013.
- [6] Erlita, “Pengaplikasian Solar Cell Pada Rumah,” *Journal*, pp. 4–21, 2014, [Online]. Available: [http://eprints.polsri.ac.id/1109/3/BAB II.pdf](http://eprints.polsri.ac.id/1109/3/BAB%20II.pdf)
- [7] S. Sharma, K. K. Jain, and A. Sharma, “Solar Cells: In Research and Applications—A Review,” *Mater. Sci. Appl.*, vol. 06, no. 12, pp. 1145–1155, 2015, doi: 10.4236/msa.2015.612113.
- [8] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [9] M. Baho, *Analisis Peninjauan Daya Listrik Tenaga Surya Jenis Polikristal Dengan Monokristal Terhadap Output Inverter Pure Sinus Wave*, vol. 2, no. 1. 2022. [Online]. Available: <http://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/1063>
- [10] M. SOLICHAH, “Sistem Buckconverter Pada Perancangan Panel Surya Menggunakan Metode Kontrol Pno & Pid,” pp. 6–12, 2021.
- [11] M. ANWAR, “Studi Experimental Potensi Penyerapan Energi Matahari Sistem Fotovoltaik Di Wilayah Pantai Bunga Kabupaten Batu Bara,” *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2020.
- [12] S. Eka, P. Pagan, I. D. Sara, and H. Hasan, “Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal Dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh,” *J. Karya*

*Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 4, pp. 19–23, 2018.

- [13] N. M. Janna and D. A. Widodo, “Analisis Karakteristik Modul Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Air,” *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 6, no. 1, p. 37, 2021, doi: 10.33772/jfe.v6i1.16200.
- [14] D. Kumar, D. K. Dheer, and L. Kumar, “Effect of different operating conditions on the conversion efficiency of triple-junction solar cell,” *Mater. Res. Express*, vol. 8, no. 3, 2021, doi: 10.1088/2053-1591/abec12.
- [15] Y. Setyaningrum, “Pengukuran Efisiensi Panel Surya Tipe Monokristalin Dan Karakterisasi Struktur Material Penyusunnya,” *Its*, 2017.
- [16] P. K. Tiyas and M. Widyardono, “S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya,” *Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya*, pp. 274–282, 2020.
- [17] H. Rusiana Iskandar, Y. Bakti Zainal, and A. Purwadi, “Studi Karakteristik Kurva I-V dan P-V pada Sistem PLTS Terhubung Jaringan PLN Satu Fasa 220 VAC 50 HZ menggunakan Tracking DC Logger dan Low Cost Monitoring System,” pp. 174–183, 2017, doi: 10.21063/pimimd4.2017.174-183.
- [18] R. Ariana, “Perancangan Sistem Pendingin Otomatis Panel Surya Untuk Peningkatan Daya Output Berbasis Mikrokontroler,” pp. 1–23, 2016.
- [19] R. Pido, S. Himran, and Mahmuddin, “Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi,” *Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 31–38, 2018, [Online]. Available: <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/1535466>
- [20] I. Bizzy and L. Mustafizal, “PV Panel Cooler to Enhance Output Performance Using Perforated Aluminium Plate,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1198, no. 4, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1198/4/042003.
- [21] SATRIA ARIPRIYANTO WAHYU CAHYO, “FAKTOR KONSENTRASI TEGANGAN PADA BAHAN ALUMINIUM,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2018, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>
- [22] I. M. Muttaqin, Zaenal and Irijanto, “Pengujian Efektivitas Penukar Kalor Multi Flat Plate Heat Exchanger Aluminium Dengan Aliran Cross Flow,” *Undergrad. thesis, Mech. Eng. Dep. Fac. Eng. Diponegoro Univ.*, pp. 1–374, 2012, [Online]. Available: [http://eprints.undip.ac.id/41578/3/BAB\\_II.pdf](http://eprints.undip.ac.id/41578/3/BAB_II.pdf)

- [23] A. A. Sofijan, "Desain Passive Cooling Menggunakan Perforated Aluminum Plate Pada Fotovoltaik Monokristalin," *J. Surya Energy*, vol. 5, no. 1, 2021, doi: 10.32502/jse.v5i1.2953.
- [24] S. Badhiye, S. S. Badhiye, P. N. Chatur, and B. V. Wakode, "Data Logger System: A Survey," *Int. J. Comput. Technol. Electron. Eng.*, no. February, p. 2011, 2011, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/271964052>
- [25] A. Ranjan, V. Gupta, and S. Bagri, "CFD Analysis of Perforated Heat Sink Fins," *Int. J. Res. Publ. Semin.*, vol. 08, no. 01, 2017.
- [26] P. Wijatna and A. E. Purkuncoro, "Analisis Kapal Cepat Fuel Engine Remote Control Menggunakan Ansys 14.5," *Tek. Mesin ITN*, pp. 1–7, 2019.
- [27] L. Marlina, "ANSYS WORKBENCH," *J. Chem. Inf. Model.*, no. Risdiansyah 2017, pp. 7–19, 2018, [Online]. Available: [https://repository.bsi.ac.id/index.php/unduh/item/215072/File-10\\_Bab-II-Landasan-Teori.pdf](https://repository.bsi.ac.id/index.php/unduh/item/215072/File-10_Bab-II-Landasan-Teori.pdf)