

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN LENS FRESNEL SEBAGAI
SOLAR CONCENTRATOR DAN WATER SPRAYER SEBAGAI
PENDINGIN TERHADAP KINERJA PANEL SURYA**



SKRIPSI

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

**OLEH :
JORDY SETIAWAN
03041381722102**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN LENS A FRESNEL SEBAGAI
SOLAR CONCENTRATOR DAN WATER SPRAYER SEBAGAI
PENDINGIN TERHADAP KINERJA PANEL SURYA



SKRIPSI

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

Oleh :

JORDY SETIAWAN

03041381722102

Palembang, 1 Juli 2021

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

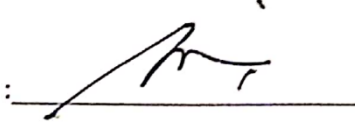
NIP : 197108141999031005

Ir. H. Hairul Atwani, 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, M.T.

Tanggal : 1 Juli 2021

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

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

Nama : Jordy Setiawan
NIM : 03041381722102
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 :

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN LENS A FRESNEL SEBAGAI
SOLAR CONCENTRATOR DAN WATER SPRAYER SEBAGAI
PENDINGIN TERHADAP KINERJA PANEL SURYA**

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 : Palembang

Pada Tanggal : 1 Juli 2021

Yang Menyatakan,



Jordy Setiawan

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jordy Setiawan
NIM : 03041381722102
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Hasil Pengecekan

Software iThenticate/Turnitin : 5 %

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisa Pengaruh Penggunaan Lensa Fresnel Sebagai *Solar Concentrator* dan *Water Sprayer* Sebagai Pendingin Terhadap Kinerja Panel Surya” 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, 1 Juli 2021



Jordy Setiawan

NIM. 03041381722102

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan kasih-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Lensa Fresnel Sebagai *Solar Concentrator* dan *Water Sprayer* Sebagai Pendingin Terhadap Kinerja Panel Surya dengan penuh kemudahan.

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:

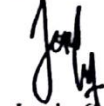
1. Kedua orang tuaku Amir dan Rini serta kakak Jeffry Ariansyah, S.Kom yang telah memberikan dukungan penuh dan motivasi selama proses perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Hj. Rahmawati, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing akademik, yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran serta masukan dalam pengambilan mata kuliah.
4. Bapak Ir. H. Hairul Alwani,M.T. selaku dosen pembimbing utama tugas akhir ini yang selalu memberikan bimbingan, saran, dan bantuan kepada penulis dari awal hingga terseleikannya tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Armin Sofijan, M.T., Ibu Hj. Ike Bayusari, S.T.,M.T., Ibu Hj. Hermawati, S.T.,M.T., Ibu Caroline, S.T., M.T., dan Ibu Hj. Rahmawati, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberi ilmu, bimbingan, motivasi dan arahan selama pengerjaan skripsi.
6. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan yang bermanfaat.
7. Klub Robotika Universitas Sriwijaya yang selalu membantu dan memberikan pengetahuan yang bermanfaat.
8. Teman-teman Teknik Elektro 2017 yang sudah membantu dan menemani selama proses perkuliahan.

9. Dan pihak-pihak Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi yang tidak dapat ditulis satu persatu.

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, 1 Juli 2021



Jordy Setiawan

NIM.03041381722102

ABSTRAK

ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN LENS A FRESNEL SEBAGAI *SOLAR CONCENTRATOR* DAN *WATER SPRAYER* SEBAGAI PENDINGIN TERHADAP KINERJA PANEL SURYA

(Jordy Setiawan, 03041381722102, 2021, 43 Halaman)

Penggunaan energi konvensional sebagai sumber energi listrik telah banyak digunakan, namun energi tersebut dapat menyebabkan polusi udara dan berdampak buruk terhadap lingkungan. Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif. Dengan menggunakan teknologi fotovoltaik, energi cahaya matahari dapat digunakan sebagai sumber energi listrik. Dalam meningkatkan kinerja panel surya dalam menghasilkan energi listrik telah banyak dilakukan penelitian salah satunya dengan menggunakan metode pendinginan dan pemfokusan cahaya matahari. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pendinginan permukaan panel surya menggunakan air dan pemfokusan cahaya matahari menggunakan lensa fresnel guna untuk meningkatkan kinerja panel surya. Dari data yang diperoleh selama 14 hari pengambilan data maka didapatkan bahwa, panel surya yang dilengkapi lensa fresnel menghasilkan daya sebesar 35.23 W dengan efisiensi sebesar 7.3 %, kemudian panel surya yang dilengkapi pendingin air menghasilkan daya sebesar 25.8 W dengan efisiensi sebesar 5.5 %. Sedangkan panel surya biasa hanya menghasilkan daya sebesar 18.22 W dengan efisiensi sebesar 3.7 %. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan lensa fresnel dan pendingin air dapat meningkatkan kinerja panel surya, dimana kinerja panel surya yang dilengkapi lensa fresnel menunjukkan hasil yang lebih baik.

Katakunci: Efisiensi, Lensa Fresnel, Panel Surya, Pendingin.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF USING FRESNEL LENS AS A SOLAR CONCENTRATOR AND WATER SPRAYER AS A COOLER FOR THE PERFORMANCE OF PHOTOVOLTAIC PANEL

(Jordy Setiawan, 03041381722102, 2021, 43 Pages)

The use of conventional energy as the electrical source energy has been widely used, but this energy can cause air pollution and many bad effects for the environment. Sun energy is one of the alternative energy. With photovoltaic technology, the sunlight can be used as the electric source. In order to improve the performance of photovoltaic panel for producing electrical energy, many researches had been done and one of them was by using the cooling method and solar concentrator. This research aims to know the effect of cooling photovoltaic surface by using water and the usage of fresnel lens as a solar concentrator to improve photovoltaic panel. Based on the data obtained during the 14 days of data collection, it is found that the photovoltaic panel with fresnel lens produces 35.23 W electrical power and 7.3% efficiency, then the photovoltaic panel with water sprayer produces 25.8 W electrical power and 5.5 % efficiency. While the ordinary panel only produces 18.22 W electrical power and 3.7 % efficiency, it can be concluded that the use of fresnel lens and water sprayer can improve the performance of photovoltaic panel, where the performance of the photovoltaic panel with fresnel lens shows better result.

Keywords: *Cooler, Efficiency, Fresnel Lens, Photovoltaic Panel.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN DOSEN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR RUMUS	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teknologi Panel Surya	5
2.2 Jenis Panel Fotovoltaik.....	6
2.3 Radiasi Matahari	7
2.4 Temperatur Panel Surya.....	8

2.5	Efisiensi Panel Surya	9
2.6	Teknik Pendinginan Panel Surya	11
2.6.1	Pendinginan Aktif (<i>Active Cooling</i>).....	11
2.6.2	Pendinginan Pasif (<i>Passive Cooling</i>).....	11
2.7	Lensa Fresnel.....	13
2.8	Data Logger	15
2.8.1	Arduino	15
2.8.2	Sensor Suhu DS18B20.....	16
2.8.3	Sensor Tegangan.....	16
2.8.4	Sensor Arus ACS712	16
2.8.5	Modul RTC	16
2.8.6	Modul SD Card.....	17
2.9	Pompa Air	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	18
3.2	Umum.....	18
3.3	Diagram Alir Penelitian	19
3.4	Alat dan Bahan	20
3.5	Perancangan Desain dan Spesifikasi Alat Penelitian	22
3.6	Skema Sistem Pengambilan Data.....	25
BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN		28
4.1	Umum.....	28
4.2	Data Hasil Pengukuran.....	29
4.3	Hasil Perhitungan Daya Keluaran	30
4.4	Hasil Perhitungan Efisiensi	31
4.5	Grafik Data dan Hasil Perhitungan Penelitian	34

4.6	Analisa Hasil Penelitian	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran.....	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Sel Surya	5
Gambar 2.2 Radiasi Sorotan dan Radiasi Sebaran Sampai ke Permukaan Bumi..	7
Gambar 2.3 Pengaruh Suhu Permukaan Panel Surya terhadap Daya Keluaran	8
Gambar 2.4 (a) Cermin Fresnel Pantul (<i>reflective lens</i>), (b) Lensa Fresnel Bias (<i>refractive lens</i>).....	14
Gambar 2.5 (a) Lensa Fresnel <i>Imaging Lens</i> dan (b) Lensa Fresnel <i>Non Imaging Lens</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2 Desain Alat Penelitian	22
Gambar 3.3 Panel Surya dan Lensa Fresnel	23
Gambar 3.4 Jarak Penyebaran Cahaya Matahari	24
Gambar 3.5 Skema Pengujian Alat	25
Gambar 3.6 Debit Air Menggunakan Sensor <i>Flowmeter</i>	26
Gambar 4.1 Alat Penelitian.....	29
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Tegangan Keluaran Panel Surya Polikristalin 50 WP Terhadap Waktu.....	34
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Arus Keluaran Panel Surya Polikristalin 50 WP Terhadap Waktu.....	35
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Panel Surya Polikristalin 50 WP Terhadap Waktu.....	36
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Daya Panel Surya Polikristalin 50 WP Terhadap Waktu.....	37
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai Efisiensi Panel Surya Polikristalin 50 WP Terhadap Waktu.....	38
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Radiasi Matahari Terhadap Waktu	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat dan Bahan.....	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya.....	22
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran	29
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya Keluaran dan Efisiensi pad Panel Surya.....	32
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Daya Keluaran dan Efisiensi pad Panel Surya dengan Pendingin	33
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Daya Keluaran dan Efisiensi pad Panel Surya dengan Lensa Fresnel	33

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1	9
Persamaan 2.2	10
Persamaan 2.3	10
Persamaan 2.4	10
Persamaan 2.5	10
Persamaan 2.6	12
Persamaan 2.7	12
Persamaan 2.8	13
Persamaan 2.9	17
Persamaan 3.1	28
Persamaan 3.2	28
Persamaan 3.3	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi mempengaruhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat setiap tahunnya. Energi konvensional seperti gas, minyak dan batu bara masih sangat banyak digunakan sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Penggunaan energi konvensional memiliki beberapa dampak yang buruk seperti polusi udara dan pencemaran lingkungan. Ketersediannya yang terbatas, membuat energi tersebut akan habis jika digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Beberapa energi non-konvensional yang dapat digunakan untuk pembangkitan energi listrik yaitu energi matahari, air, dan angin. Indonesia yang terletak di daerah tropis memiliki peluang yang sangat besar untuk memanfaatkan energi matahari.

Teknologi yang digunakan untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yaitu sel surya . Dalam penggunaan skala besar sel surya akan dirancang menjadi sebuah panel surya sehingga mampu mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan prinsip *photovoltaic*. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kinerja panel surya dalam menghasilkan energi listrik adalah intensitas cahaya matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari yang jatuh ke permukaan panel surya maka semakin besar energi listrik yang dapat dihasilkan [1]. Temperatur pada permukaan panel surya juga berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan. Pada kondisi normal panel surya akan menghasilkan daya yang baik ketika suhu permukaan panel berada pada suhu $35^{\circ}C$ sampai dengan 45° . [2]

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan intensitas cahaya matahari menggunakan lensa *concentrator* dan cermin *reflector* salah satunya yang dilakukan Margana[1] yaitu membuat *solar tracker* dengan lensa fresnel sebagai *solar concentrator*. Dalam penelitian yang dilakukan menunjukkan hasil bahwa panel surya dengan lensa fresnel menghasilkan efisiensi sebesar 68,65 % sedangkan panel surya tanpa lensa fresnel menghasilkan efisiensi 59,9 %. Penggunaan *solar concentrator* mampu meningkatkan daya keluaran dari panel surya, namun masih

memiliki beberapa kekurangan. Intensitas cahaya matahari yang jatuh ke permukaan panel surya lebih terfokus sehingga membuat suhu permukaan panel menjadi meningkat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Matias dkk [3] menggunakan teknik pendinginan air menunjukkan peningkatan energi listrik sebesar 16,66%, dimana panel surya dengan pendingin air menghasilkan energi listrik sebesar 72 Wh dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin yaitu sebesar 62 Wh.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “**Analisa Pengaruh Penggunaan Lensa Fresnel sebagai *Solar Concentrator* dan *Water Sprayer* sebagai Pendingin Terhadap Kinerja Panel Surya**”.

1.2 Perumusan Masalah

Penggunaan teknologi panel surya sebagai penghasil energi listrik memiliki prospek yang menjanjikan, dikarenakan sumber energi surya bersifat ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi udara, serta penggunaan energi surya sangat mudah diperoleh dimana saja. Meskipun penggunaan panel surya memiliki prospek yang menjanjikan, namun tingkat efisiensi daya listrik yang dihasilkan panel surya masih sangat rendah. Panel surya hanya memiliki tingkat efisiensi sebesar 5-16 % dari total perolehan energi matahari yang dikoversikan menjadi energi listrik [4]. Sehingga penelitian mengenai peningkatan kinerja panel surya dalam menghasilkan energi listrik banyak dilakukan.

Salah satu penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan daya keluaran panel surya telah dilakukan oleh Margana [1] yang menggunakan *solar tracker* dan lensa fresnel. Sedangkan penelitian yang dilakukan Matias dkk [3] tentang pendinginan panel surya menggunakan air, berhasil menunjukkan peningkatan terhadap daya keluaran panel surya. Maka dari itu penelitian tugas akhir ini akan membandingkan dua metode tersebut untuk membuat dan menganalisa kinerja panel surya yang dilengkapi dengan lensa fresnel sebagai *solar concentrator* dan *water sprayer* sebagai pendingin permukaan panel surya.

1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini terdapat batasan masalah agar penelitian tersebut lebih terarah, yaitu sebagai berikut:

1. Menggunakan panel surya jenis polikristalin dengan kapasitas 50 Wp.
2. Lensa fresnel yang digunakan berukuran 18 x 12 cm dengan tebal 0.5 mm berbahan plastik mika sebanyak 18 buah dan jarak lensa ke panel yaitu 30 cm.
3. Menggunakan air sebagai media pendinginan panel surya
4. Mengabaikan pengaturan sudut kemiringan panel surya terhadap matahari
5. Pengambilan data dilakukan selama 14 hari dengan waktu pengambilan setiap 1 menit sekali dari pukul 9.00 – 15.00 WIB.
6. Pengambilan data dilakukan dengan membandingkan 3 panel surya yaitu panel surya yang dilengkapi *solar concentrator*, panel surya yang dilengkapi *water sprayer* dan panel surya biasa

1.4 Tujuan Penelitian

Pada penulisan tugas akhir tersebut terdapat beberapa tujuan yang hendak dicapai yaitu sebagai berikut :

1. Merancang panel surya jenis polikristalin berkapasitas 50 WP dengan lensa fresnel sebagai *solar concentrator* dan panel surya yang dilengkapi *water sprayer* sebagai pendingin permukaan panel surya.
2. Menganalisa pengaruh penambahan *solar concentrator* dan *water sprayer* terhadap tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya jenis polikristalin berkapasitas 50 WP
3. Mengetahui nilai daya keluaran dan efisiensi yang dihasilkan 3 panel surya yaitu panel surya yang dilengkapi *solar concentrator*, panel surya yang dilengkapi *water sprayer* dan panel surya biasa

1.5 Sistematika Penulisan

Pada tugas akhir ini terdapat sistematika penulisan sehingga memudahkan penulis dalam menyusun laporan. Adapun sistematika penulisan yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis melakukan penulisan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, pembatasan masalah, tujuan dari penelitian, serta sistematika yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis melakukan pencarian teori dan informasi dari buku, jurnal, dan berbagai sumber terkait pembahasan mengenai panel surya, lensa fresnel, serta sistem pendinginan pada panel surya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini penulis melakukan penulisan mengenai waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, desain dan perancangan alat, serta metode yang akan digunakan untuk penelitian..

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis melakukan penulisan laporan terkait data yang didapat dari hasil penelitian dan analisa data mengenai pengujian panel surya yang dilengkapi *solar concentrator* dan *water sprayer* serta panel surya biasa.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini penulis menarik kesimpulan terkait penelitian yang dilakukan serta saran mengenai permasalahan yang dihadapi, guna untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik ke depannya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Ksergi, "Solar Tracking Dual – Axis Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Lensa Fresnel Guna Meningkatkan Efisiensi Pengfokusan Cahaya Matahari," vol. 15, no. 2, pp. 77–80, 2019.
- [2] K. A. Moharram, M. S. Abd-Elhady, H. A. Kandil, and H. El-Sherif, "Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 4, no. 4, pp. 869–877, 2013.
- [3] C. A. Matias, L. M. Santos, A. J. Alves, and W. P. Calixto, "Electrical performance evaluation of PV panel through water cooling technique," *EEEIC 2016 - Int. Conf. Environ. Electr. Eng.*, 2016.
- [4] Muhammad Adhijaya Saputra *et al.*, "Inovasi Peningkatan Efisiensi Panel Surya Berbasis Fresnel Solar Concentrator dan Solar Tracker," *Tek. Elektro, Fak. Teknol. Ind. ITS Surabaya*, vol. 51, no. 1, p. 51, 2018.
- [5] K. U. Ariawan, "Pengisi Daya Baterai Telepon Seluler Portabel Berbasis Panel Surya," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 17, no. 1, p. 23, 2020.
- [6] M. Galád and P. Špánik, "Design of photovoltaic solar cell model for stand-alone renewable system," *10th Int. Conf. ELEKTRO 2014 - Proc.*, no. 2, pp. 285–288, 2014.
- [7] S. Ch, "Perbandingan Unjuk Kerja Antara Panel Sel Surya Berpenjejak Dengan Panel Sel Surya Diam," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 1, 2010.
- [8] H. Wang and J. Shen, "Analysis of the Characteristics of Solar Cell Array Based on MATLAB/Simulink in Solar Unmanned Aerial Vehicle," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 21195–21201, 2018.
- [9] A. Belkaid, I. Colak, K. Kayisli, M. Sara, and R. Bayindir, "Modeling and Simulation of Polycrystalline Silicon Photovoltaic Cells," *7th Int. Conf. Smart Grid, icSmartGrid 2019*, pp. 155–158, 2019.

- [10] F. Haase, R. Horbelt, B. Terheiden, H. Plagwitz, and R. Brendel, "Back contact monocrystalline thin-film silicon solar cells from the porous silicon process," *Conf. Rec. IEEE Photovolt. Spec. Conf.*, pp. 000244–000246, 2009.
- [11] M. Afif, "Pengaruh Parameter Cahaya Matahari dan Suhu Terhadap Daya Keluaran Panel Surya Thin Film Jenis Amorphus," 2018.
- [12] P. Modules and T. Applications, "Fundamentals of Photovoltaic Modules and their Applications," *Fundam. Photovolt. Modul. their Appl.*, 2009.
- [13] B. Yuwono, "Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51," vol. 280, no. 40, 2005.
- [14] A. M. Alsayah, M. H. K. Aboaltabooq, M. H. Majeed, and A. A. Al-Najafy, "Multiple modern methods for improving photovoltaic cell efficiency by cooling: A review," *J. Mech. Eng. Res. Dev.*, vol. 42, no. 4, pp. 71–78, 2019.
- [15] 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.
- [16] A. Blakers, N. Zin, K. R. McIntosh, and K. Fong, "High efficiency silicon solar cells," *Energy Procedia*, vol. 33, pp. 1–10, 2013.
- [17] I. B. G. Widiantara and N. Sugiarta, "Pengaruh Penggunaan Pendingin Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup," *Matrix J. Manaj. Teknol. dan Inform.*, vol. 9, no. 3, pp. 110–115, 2019.
- [18] B. V Chikate and Y. Sadawarte Assistant Professor BDCOE Sewagram, "The Factors Affecting the Performance of Solar Cell," *Int. J. Comput. Appl. Sci. Technol.*, pp. 975–8887, 2015.
- [19] L. A. Dobrzański, M. Szczęśna, M. Szindler, and A. Drygała, "Electrical properties mono- and polycrystalline silicon solar cells," *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 59,

- no. 2, pp. 67–74, 2013.
- [20] S. Kalaiselvan, V. Karthikeyan, G. Rajesh, A. Sethu Kumaran, B. Ramkiran, and P. Neelamegam, “Solar PV Active and Passive Cooling Technologies-A Review,” *7th IEEE Int. Conf. Comput. Power, Energy, Inf. Commun. ICCPEIC 2018*, pp. 166–169, 2018.
- [21] A. M. Ahmed and S. Hassan Danook, “Efficiency improvement for solar cells panels by cooling,” *2nd Int. Conf. Eng. Technol. Sci. Al-Kitab, ICETS 2018*, pp. 39–42, 2018.
- [22] 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,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 909, no. 1, 2020.
- [23] P. D. Menghani, R. R. Udawant, A. M. Funde, and S. V Dingare, “Low Pressure Steam Generation by Solar Energy With Fresnel Lens : A Review,” *IOSR J. Mech. Civ. Eng.*, no. April, p. 5, 2013.
- [24] M. WIDODO, “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak dengan Posisi Mengikuti Pergerakan Arah Matahari,” *Mekanika*, vol. 2, no. 2502, pp. 1–8, 2017.
- [25] S. Cucco, R. Faranda, F. Invernizzi, and S. Leva, “Analysis of a Fresnel lenses concentrator,” *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, no. c, pp. 1–8, 2012.
- [26] Y. Nakata, N. Shibuya, T. Kobe, K. Okamoto, A. Suzuki, and T. Tsuji, “Performance of circular fresnel lens photovoltaic concentrator,” *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 19, pp. 75–78, 1980.
- [27] K. Sornek, M. Filipowicz, and J. Jasek, “The use of fresnel lenses to improve the efficiency of photovoltaic modules for building-integrated concentrating photovoltaic systems,” *J. Sustain. Dev. Energy, Water Environ. Syst.*, vol. 6, no. 3, pp. 415–426, 2018.