

SKRIPSI

OPTIMASI EFISIENSI PADA *PHOTOVOLTAIC* *POLYCRYSTALLINE* 20 WP MELALUI SISTEM PENDINGIN AKTIF *THERMOELECTRIC COOLER* DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PELAT ALUMINIUM BERLUBANG



**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik pada
Universitas Sriwijaya**

INDI RAHMAWATI

03041282126070

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI EFISIENSI PADA *PHOTOVOLTAIC POLYCRYSTALLINE* 20
WP MELALUI SISTEM PENDINGIN AKTIF *THERMOELECTRIC*
COOLER DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PELAT ALUMINIUM
BERLUBANG**



SKRIPSI

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

Oleh

INDI RAHMAWATI

03041282126070

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D, IPU., APEC Eng.
NIP. 197108141999031005

Palembang, 20 Juni 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T.
NIP. 196411031995121001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Indi Rahmawati
NIM : 03041282126070
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 19%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Optimasi Efisiensi pada Photovoltaic Polycrystalline 20 WP melalui sistem Pendingin Aktif Thermoelectric Cooler dengan Penambahan Variasi Pelat Alumunium Berlubang” 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.

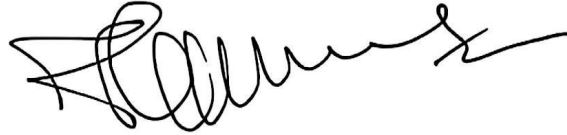
Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 20 Juni 2025


Indi Rahmawati
NIM. 03041282126070

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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



Tanda Tangan : _____
Pembimbing Utama : Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T.
Tanggal : 20 Juni 2025

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

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

Nama : Indi Rahmawati
NIM : 03041282126070
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:

**OPTIMASI EFISIENSI PADA *PHOTOVOLTAIC POLYCRYSTALLINE* 20
WP MELALUI SISTEM PENDINGIN AKTIF *THERMOELECTRIC*
COOLER DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PELAT ALUMINIUM
BERLUBANG**

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 sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya

Pada tanggal : 20 Juni 2025



Indi Rahmawati

NIM. 03041282126070

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena dengan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Optimasi Efisiensi pada *Photovoltaic Polycrystalline* 20 WP melalui sistem Pendingin Aktif *Thermoelectric Cooler* dengan Penambahan Variasi Pelat Alumunium Berlubang” Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini tentu tidak lepas dari bantuan. Bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT dan junjungannya Nabi Muhammad SAW, berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan studi S1 Teknik Elektro ini.
2. Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D, IPU., APEC Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan selaku dosen pembimbing akademik serta Ibu Dr. Eng, Suci Dwijanti, S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro atas sarana dan prasarana yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, memberikan semangat, doa, nasihat dan berbagai masukan untuk menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
4. Ibu Ir. Ike Bayusari, S.T., M.T., dan Ir. Caroline, S.T., M.T. selaku dosen penguji atas saran dan masukan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir serta seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu telah banyak memberikan bantuan sehingga penulis bisa menyelesaikan studi tanpa hambatan.
5. Cinta pertama saya, Ayahanda Tercinta Alm. Bapak Mahmud. Beliau memang tidak sempat menemani penulis dalam perjalanan selama menempuh pendidikan. Disana Ayah pasti bangga melihat anak bungsu ayah satu ini sudah berada di tahap menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih untuk mengajarkan tetap kuat dan sabar, rasa iri dan rindu yang tak tersampaikan pelukan yang tak ada balasan sering membuat saya terjatuh tapi itu tidak akan membuat saya

putus asa untuk tetap menjalani hidup. Semoga Allah melapangkan kubur dan menempatkan ayah ditempat yang paling mulia di sisi Allah SWT.

6. Teruntuk pintu surgaku, Ibunda Dahmina wanita hebat luar biasa yang selalu menjadi penyemangat saya sebagai sandaran terkuat menghadapi kerasnya dunia ini. Terimakasih atas setiap tetes keringat dalam setiap langkah pengorbanan dan kerja keras yang dilakukan untuk memberikan yang terbaik kepada penulis, mengusahakan segala kebutuhan penulis, mendidik, membimbing, dan selalu memberikan kasih sayang yang tulus, motivasi serta dukungan dan mendoakan penulis dalam keadaan apapun agar penulis mampu bertahan sejauh ini. Tolong hidup lebih lama didunia ini, izinkan saya mengabdikan dan membalas segala pengorbanan yang ibu lakukan selama ini.
7. Kepada Kakak-kakak penulis yaitu, Cek Desti Indrayani, Ayuk Mareta Ningsih, Aak Andri Saputra, Ayuk Richa Afy Sugiharti, dan Kak Ari Sutrisno terimakasih banyak atas dukungannya secara moril maupun materil. Terimakasih juga atas segala motivasi dan dukungannya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
8. Kepada keponakan-keponakan tercinta Shaqeena Nasywa, Zahwa Ramadhani Nazhira, Muhammad Adzriel El-Faheza dan Lavanya Isvara Kaneishia, terimakasih atas kelucuan-kelucuan kalian yang membuat penulis semangat selalu membuat penulis senang, sehingga penulis semangat untuk mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
9. Kepada sahabat kuliahku yang sudah menemani selama menjalani pendidikan selama 4 tahun ini, yaitu Ananda Putri Kamila, Bernika Putri Ramadhani, Syabitah Putri Edriani, Daniela Salsabrina, Ananda Zhafirah, Alvierina Azzahra Ningrum, dan Shalsabila Puteri.
10. Kepada Sahabat-sahabatku, yang bukan hanya sebagai sebagai sahabat melainkan sudah seperti saudara sendiri Melza Junianti, Rindia Piere Tanesa, Fitri Zahra, Fahira Juliani, Desti Amelliya, Ervina dan Rahma Dewi, yang selalu memberikan semangat kepada penulis selama proses penulisan skripsi.
11. Kepada teman satu bimbingan yaitu Sekar, Orin, Rifky, Vina, dan Julius serta seluruh teman Jurusan Teknik Elektro angkatan 2021 terima kasih untuk kebersamaan dan pelajaran hidup yang sudah kita lewati selama 4 tahun ini.

12. Terakhir, Kepada Wanita sederhana yang memiliki impian besar, namun terkadang sulit dimengerti isi kepalanya, yaitu sang penulis karya tulis ini Indi Rahmawati. Seorang anak bungsu perempuan yang berusia 21 tahun yang keras kepala namun sebenarnya mudah menangis. Terimakasih untuk segala perjuangan , kesabaran, dan ketekunan yang telah dilalui dalam setiap langkah yang penuh tantangan ini. Indi terima kasih sudah hadir dan bertahan sampai sejauh ini melewati banyak rintangan dan tantangan yang datang. Tetaplah menjadi manusia yang mau berusaha dan tidak lelah untuk mencoba.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan. Penulis sangat berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan selanjutnya.

Inderalaya, 20 Juni 2025

Penulis



Indi Rahmawati

NIM. 03041282126070

ABSTRAK
**OPTIMASI EFISIENSI PADA *PHOTOVOLTAIC POLYCRYSTALLINE* 20
WP MELALUI SISTEM PENDINGIN AKTIF *THERMOELECTRIC
COOLER* DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PELAT ALUMINIUM
BERLUBANG**

(Indi Rahmawati, 03041282126070, 2025, 84 halaman)

Kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh suhu operasionalnya. Peningkatan suhu akibat paparan sinar matahari langsung dapat menyebabkan penurunan efisiensi daya keluaran dari panel *photovoltaic*. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menerapkan sistem pendingin. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan daya keluaran panel surya jenis *polycrystalline* berkapasitas 20 WP melalui penerapan sistem pendingin aktif *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan pelat aluminium berlubang sebagai pendingin pasif. Penelitian ini menggunakan tiga buah panel yaitu, panel surya tanpa pendingin, panel surya menggunakan pendingin pasif yaitu pelat aluminium berlubang dan panel surya menggunakan pendingin *Thermoelectric Cooler* dengan penambahan pelat aluminium berlubang. Setiap konfigurasi diuji dalam kondisi cuaca yang sama, dengan pengambilan data dilakukan selama 14 hari berturut-turut mulai pukul 09.00 hingga 15.00 WIB. Parameter yang diukur meliputi intensitas radiasi matahari (W/m^2), suhu permukaan panel ($^{\circ}\text{C}$), tegangan (V), dan arus (A). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendinginan memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan efisiensi energi panel. Panel tanpa sistem pendingin hanya menghasilkan efisiensi rata-rata sebesar 7,29%. Panel dengan pelat aluminium berlubang mencatatkan efisiensi rata-rata 9,09%. Sementara itu, panel dengan kombinasi pendingin TEC dengan penambahan pelat aluminium berlubang mampu mencapai efisiensi rata-rata 12,50%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kombinasi pendingin aktif dan pasif mampu menurunkan suhu panel secara efektif serta meningkatkan efisiensi daya keluaran secara signifikan.

Kata Kunci : Panel Surya, Polycrystalline, Thermoelectric Cooler, Pelat Aluminium Berlubang, Efisiensi, Sistem Pendingin.

ABSTRACT
EFFICIENCY OPTIMIZATION ON
20 WP POLYCRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC THROUGH
THERMOELECTRIC COOLING ACTIVE COOLING SYSTEM WITH THE
ADDITION OF PERFORATED ALUMINUM PLATE VARIATION

(Indi Rahmawati, 03041282126070, 2025, 84 pages)

The performance of solar panels is greatly affected by their operational temperature. An increase in temperature due to direct sunlight exposure can cause a decrease in the output power efficiency of the photovoltaic panel. One solution to overcome this problem is to implement a cooling system. This research aims to optimize the output power of polycrystalline type solar panels with a capacity of 20 WP through the application of an active cooling system Thermoelectric Cooler (TEC) with perforated aluminum plates as passive coolers. This research uses three panels, namely, solar panels without cooling, solar panels using passive cooling, namely perforated aluminum plates and solar panels using Thermoelectric Cooler cooling with the addition of perforated aluminum plates. Each configuration was tested under the same weather conditions, with data collection carried out for 14 consecutive days starting at 09.00 to 15.00 WIB. The measured parameters include solar radiation intensity (W/m^2), panel surface temperature ($^{\circ}\text{C}$), voltage (V), and current (A). The results showed that cooling had a significant effect on increasing the energy efficiency of the panels. Panels without a cooling system only produced an average efficiency of 7.29%. Panels with perforated aluminum plates recorded an average efficiency of 9.09%.

Keywords: Solar Panel, Polycrystalline, Thermoelectric Cooler, Perforated Aluminum Plate, Efficiency, Cooling System.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR RUMUS	xvii
BAB I 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 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Panel Surya.....	6
2.2.1 Prinsip Kerja Panel Surya	7
2.2.2 Karakteristik Panel Surya.....	8
2.2.3 Pengaruh Temperatur pada Panel Surya	8
2.3 Jenis Panel Surya	9
2.3.1 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	9
2.3.2 Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	10
2.3.3 Panel Surya <i>Thin Film</i>	10
2.4 Daya	11
2.4.1 Daya Aktif.....	11
2.4.2 Daya Reaktif.....	12

2.4.3	Daya Semu	12
2.4.4	Efisiensi.....	12
2.5	Sistem Pendingin pada Panel Surya (<i>Cooling System</i>).....	13
2.5.1	Sistem Pendingin Aktif (<i>Active Cooling</i>).....	13
2.5.2	Sistem Pendingin Pasif (<i>Passive Cooling</i>).....	14
2.6	Efek <i>Thermoelectric</i>	16
2.6.1	Efek Seebeck	16
2.6.2	Efek Peltier	17
2.7	Modul <i>Thermoelectric</i>	18
2.7.1	<i>Thermoelectric Cooler</i> (TEC)	18
2.7.2	<i>Thermoelectric Generator</i> (TEG).....	19
2.8	Pelat Pendingin Berlubang	20
2.9	Konduktivitas Termal	21
2.10	<i>Heatsink</i>	22
2.11	<i>Data Logger</i>	22
2.12	Solar Charge Controller	23
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Metode Penelitian	24
3.2	Diagram Alir Penelitian	25
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	26
3.4	Alat dan Bahan	26
3.5	Spesifikasi Alat.....	28
3.6	Desain Alat.....	30
3.7	Skema Pengambilan Data	32
3.7.1	Desain <i>Wiring Data Logger</i>	32
3.7.2	Alur Kerja Alat	33
3.7.3	Diagram Blok Alat.....	34
3.8	Prosedur Penelitian	34
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1	Umum	36

4.2	Data Hasil Pengukuran	38
4.2.1	Data Hasil Pengukuran Panel Surya dengan Pendingin <i>Thermoelectric Cooler</i> dan Pelat Alumunium Berlubang	38
4.2.2	Data Hasil Pengukuran Panel Surya dengan Pendingin Pelat Aluminium Berlubang (<i>Perforated Aluminium Plate</i>) dan Panel Tanpa Pendingin	48
4.2.3	Data Hasil Pengukuran Daya Masukan dan Efisiensi Semua Panel Surya	58
4.2.4	Perbandingan Data Hasil Pengukuran Selama 14 Hari	69
4.3	Perhitungan Daya	69
4.4	Perhitungan Efisiensi	71
4.5	Analisa dan Grafik Hasil Penelitian	72
4.5.1	Grafik Radiasi Matahari Terhadap Waktu.....	72
4.5.2	Grafik Arus Keluaran Terhadap Waktu	72
4.5.3	Grafik Tegangan Keluaran Terhadap Waktu	73
4.5.4	Grafik Suhu Terhadap Waktu.....	76
4.5.5	Grafik Daya Keluaran Terhadap Waktu	78
4.5.6	Grafik Nilai Efisiensi Terhadap Waktu	80
4.5.7	Grafik Perbandingan Efisiensi Setiap Panel Selama 14 Hari.....	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA.....		85
LAMPIRAN		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Panel Surya	7
Gambar 2.2 Kurva Karakteristik Arus – Tegangan Panel Surya	8
Gambar 2.3 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	10
Gambar 2.4 Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	10
Gambar 2.5 Panel Surya <i>Thin Film</i>	11
Gambar 2.6 Diagram Efek Seebeck.....	17
Gambar 2.7 Stuktur Elemen Peltier	18
Gambar 2.8 Prinsip Kerja TEC berdasarkan Efek Peltier.....	19
Gambar 2.9 Prinsip Kerja TEG berdasarkan Efek Seebeck.....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Desain Kerangka Panel Surya	30
Gambar 3.3 Desain Panel Surya menggunakan <i>heatsink</i> dan kipas	30
Gambar 3.4 Desain Panel Surya dengan <i>Thermoelectric cooler</i> dan penambahan Pelat Alumunium Berlubang	31
Gambar 3.5 Desain Pelat Alumunium Berlubang untuk panel surya dan <i>Thermoelectric</i>	31
Gambar 3.6 Desain Pelat Alumunium Berlubang	31
Gambar 3.7 Ukuran Pelat Alumunium Berlubang	32
Gambar 3.8 Desain <i>Wiring Data logger</i>	32
Gambar 3.9 Sketsa Prototype <i>Data logger</i>	33
Gambar 3.10 Alur Kerja Alat	33
Gambar 3.11 Diagram Blok Alat.....	34
Gambar 4.1 Tampak Depan dan Belakang Alat Penelitian	36
Gambar 4.2 <i>Data logger</i>	37
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Nilai Radiasi Matahari Terhadap Waktu	72
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Nilai Radiasi Matahari pada Arus Panel Terhadap Waktu.....	73
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Perbandingan Nilai Radiasi Matahari pada Tegangan Panel terhadap Waktu	75
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Suhu pada Panel terhadap Waktu	76
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Daya Keluaran pada Panel terhadap Waktu ...	78

Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Efisiensi pada Panel terhadap Waktu.....	80
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Efisiensi Panel Selama 14 Hari	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Konduktivitas Termal Material	21
Tabel 3.1 Alat dan Bahan.....	26
Tabel 3.2 Spesifikasi Modul Surya.....	28
Tabel 3.3 Spesifikasi Pelat Alumunium Berlubang.....	29
Tabel 3.4 Spesifikasi Kipas	29
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Heatsink</i>	29
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Thermoelectric Cooler</i>	29
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Panel dengan Pendingin <i>Thermoelectric Cooler</i> dengan Penambahan Pelat Alumunium BerlubangTanggal 8 April 2025	38
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Panel Surya dengan Pendingin Pelat Aluminium Berlubang (<i>Perforated Aluminium Plate</i>) dan Panel Surya Tanpa Pendingin Tanggal 8 April 2025	48
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Daya Masukan dan Efisiensi Semua Panel Surya Tanggal 8 April 2025	59
Tabel 4.4 Perbandingan Pengukuran Dari Panel surya dengan Pendingin <i>Thermoelectric Cooler</i> dan Pelat Alumunium Berlubang, Panel Surya dengan Pendingin Pelat Aluminium Berlubang, dan Panel Surya Tanpa Pendingin	69

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1	12
Persamaan 2.2	12
Persamaan 2.3	12
Persamaan 2.4	12
Persamaan 2.5	14
Persamaan 2.6	15
Persamaan 2.7	15
Persamaan 3.1	35
Persamaan 3.2	35
Persamaan 3.3	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap energi dalam menjalankan aktivitas sehari-hari terus mengalami peningkatan, seiring dengan pertumbuhan populasi dan bertambahnya jumlah industri yang memerlukan pasokan energi. Saat ini, energi fosil seperti gas alam, minyak bumi, dan batu bara masih menjadi sumber utama. Namun, jenis energi ini tidak ramah lingkungan, dan penggunaannya yang terus-menerus dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan serta penurunan ketersediaannya. Oleh sebab itu, dibutuhkan sumber energi alternatif yang mampu menggantikan energi fosil yang mulai menipis. Salah satu alternatif yang menjanjikan adalah energi surya, yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan [1]. Pemanfaatan energi matahari dalam berbagai sektor kehidupan kini menjadi fokus utama dalam era baru penelitian energi. Meski demikian, tantangan utama masih terletak pada efisiensi konversi energi dalam sistem tenaga surya, yang sebagian besar dipengaruhi oleh perubahan kondisi termal yang berdampak pada kinerja panel. Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan adalah laju perpindahan panas. Dengan pendinginan yang optimal, diharapkan panas berlebih dapat diminimalkan, sehingga efisiensi konversi energi tetap terjaga pada tingkat maksimum [2]. Selain itu, suhu lingkungan di sekitar panel surya turut memengaruhi suhu sel surya. Perubahan suhu ini berdampak langsung pada stabilitas tegangan yang dihasilkan oleh panel. Setiap kenaikan suhu sebesar 1°C dari suhu standar 25°C dapat menyebabkan penurunan daya keluaran sekitar 0,5 persen [3].

Ada dua jenis sistem pendingin yang berbeda yaitu sistem pendingin aktif dan pendingin pasif. Pendingin aktif adalah jenis sistem pendingin yang menggunakan perangkat mekanis lain untuk memompa air atau udara untuk mendinginkan suatu panel surya. Sebaliknya, pendingin pasif adalah sistem pendingin yang memanfaatkan lingkungan sekitar, seperti udara yang bisa mengalirkan panas yang

terserap oleh pelat udara bebas. Metode pendinginan pasif ini juga memiliki biaya yang murah, namun memiliki presentase yang relatif kecil dalam hal meningkatkan efisiensi panel surya [4].

Dari penjelasan diatas mendorong peneliti untuk memaksimalkan kinerja dari panel surya jenis *polycrystalline* dengan menggabungkan sistem pendingin aktif *thermoelectric cooler* dengan penambahan sistem pendingin pasif pelat alumunium berlubang untuk meningkatkan efisiensi daya keluaran dari panel surya. Maka pada tugas akhir ini akan membahas penelitian yang berjudul **“Optimasi Efisiensi pada Photovoltaic Polycrystalline 20 WP melalui Sistem Pendingin Aktif Thermoelectric Cooler dengan penambahan variasi pelat alumunium berlubang”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian terdapat beberapa hal yang perlu dirumuskan menjadi permasalahan utama yang harus dikaji lebih lanjut. Yaitu masalah daya keluaran dari panel *photovoltaic* dengan melakukan perbandingan dari ketiga panel. Yaitu panel tanpa pendingin, panel menggunakan pelat alumunium berlubang dan panel menggunakan sistem pendingin aktif *thermoelectric cooler* dengan penambahan pelat alumunium berlubang. Oleh karena itu berikut merupakan rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan pelat aluminium berlubang dalam sistem pendingin *thermoelectric cooler* terhadap daya keluaran *photovoltaic polycrystalline* 20 WP?
2. Apakah penambahan pelat alumunium berlubang pada sistem pendingin *thermoelectric cooler* dapat meningkatkan efisiensi pendinginan panel *photovoltaic* secara signifikan?
3. Seberapa besar perbandingan daya keluaran pada ketiga panel *Photovoltaic polycrystalline* 20 WP?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan yang dari penelitian ini meliputi:

1. Menghitung daya keluaran dari modul surya tanpa pendingin, modul surya menggunakan pelat alumunium berlubang dan modul surya dengan

thermoelectric cooler dengan penambahan variasi pelat alumunium berlubang.

2. Menghitung perbedaan efisiensi dari ketiga panel yaitu modul tanpa pendingin, modul menggunakan pelat alumunium berlubang dan modul menggunakan *thermoelectric cooler* dengan penambahan pelat alumunium.
3. Menganalisis perbedaan efisiensi dari ketiga modul *photovoltaic* tanpa pendingin, modul menggunakan pelat alumunium berlubang dan modul menggunakan *thermoelectric cooler* dengan penambahan pelat alumunium.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup untuk menjalankan penelitian ini lebih terarah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan 3 buah panel surya berjenis *polycrystalline* dengan kapasitas sebesar 20 Wp.
2. Sistem pendinginan aktif yang digunakan adalah *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan penambahan variasi pelat aluminium berlubang.
3. Pengukuran dalam penelitian ini adalah mengukur tegangan (Volt), arus (Ampere), intensitas cahaya matahari (W/m^2), dan temperature pada modul surya ($^{\circ}\text{C}$).
4. Penelitian ini membandingkan efisiensi daya keluaran *photovoltaic* dengan variasi sistem pendingin, untuk mengetahui konfigurasi optimal yang mampu meningkatkan daya keluaran.
5. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan modul surya tanpa pendingin, modul surya menggunakan pendingin pelat alumunium berlubang dan modul surya menggunakan *thermoelectric cooler* dan penambahan variasi pelat alumunium berlubang.
6. Dalam pengambilan data dilakukan selama 14 hari mulai pukul 09.00 WIB sampai 15.00 WIB.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang akan membuat tugas akhir penelitian ini lebih mudah dipahami untuk setiap bab berikutnya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori tentang sel surya, jenis modul *photovoltaic*, karakteristik modul PV, daya, jenis sistem pendingin, sistem pendingin aktif *thermoelectric cooler*, sistem pendingin pelat alumunium berlubang (*alumunium composite panel*), *heatsink*, dan Data *Logger* komponen yang digunakan sistem pendingin.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian, lokasi dan waktu pelaksanaan, tahapan penelitian, desain serta spesifikasi alat dan bahan, diagram alur penelitian, serta skema sistem kerja.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menguraikan hasil penelitian, pengolahan data hasil penelitian dan analisis perbandingan daya keluaran *photovoltaic* pada variasi pendingin TEC dan pelat aluminium berlubang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dari hasil penelitian serta rekomendasi untuk pengembangan penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdussamad, S., Dako, A. Y., Harun, E. H., Dan Amali, L. M. K. “Sistem Informasi Geografis Potensi Dan Pemanfaatan Energi Di Propinsi Gorontalo“ Fakultas Teknik Uniiversitas Negeri Gorontalo, 6. 2024.
- [2] Putra, E. J. E. “Analisa Sistem Penambahan Kolektor Surya Sebagai Penyuplai Panas Pada Sistem Pengering Ikan“ 2017.
- [3] Warsito, Adhi. 2023. Dipo PV Cooler, Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Heatsink Fan Pada Panel Surya (Photovoltaic) Sebagai Peningkatan Kerja Energi Listrik Baru Terbarukan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [4] M. Sharaf, M. S. Yousef, and A. S. Huzayyin, “Review of Cooling Techniques Used To Enhance The Efficiency of Photovoltaic Power Systems,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, no. 18, pp. 26131–26159, 2022, doi: 10.1007/s11356-022-18719-9.
- [5] Abdul Rahim, Yandri, Kho Hee Khwee, “Penggunaan Pendingin *Thermo-Electric* (Peltier) Untuk Menurunkan Temperatur Permukaan Dalam Meningkatkan Daya Keluaran Panel Surya”, 30887-75676595086-1-PB.
- [6] Akram M.N, Nirman H.R, Jayasundere N.D, “A Study on Thermal and Electrical Characteristics of Thermoelectric Cooler TEC1-127 Series”, 10.1109/ISMS.2016.42.
- [7] A. Sofijan, M. Suparlan, H. Alwani, and M. A. Fajri, “DESAIN PASSIVE COOLING MENGGUNAKAN PERFORATED ALUMINUM PLATE PADA FOTOVOLTAIK MONOKRISTALLIN,” *J. SURYA ENERGY*, vol. 5, no. 1, pp. 23–30, 2020.
- [8] Septina, W. (2023). Sel surya : Struktur & Cara kerja. Retrieved from <https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>

- [9] M. Martawati, "Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya," 2018.
- [10] M. Munthaha, G. Rudi Cahyono, and P. Razi Ansyah, "PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA PENDINGINAN PANEL SURYA," *Jurnal POROS TEKNIK*, vol. 12, no. 1, pp. 29–34, 2020.
- [10] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, Jan. 2020.
- [11] F. Rahman, M. Rokhmat, and I. W. Fathonah, "ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR PERMUKAAN SEL SURYA TERHADAP KAPASITAS DAYA KELUARAN EFFECT OF SURFACE TEMPERATURE OF SOLAR CELL ON THE POWER OUTPUT."
- [12] H. Johan, N. Utomo, D. Rendy, and W. Wardana, "PENGARUH TEMPERATUR UDARA, KELEMBABAN UDARA, KECEPATAN UDARA DAN INTENSITAS CAHAYA TERHADAP DAYA LISTRIK PANEL SURYA," 2022.
- [13] T. A. Rizal, M. Amin, D. Puput, and H. Saputra, "Kaji Eksperimental Pendinginan Panel Surya Menggunakan Media Udara," 2014, [Online]. Available: www.teknik.unsam.ac.id
- [14] D. D. B. Mesquita, J. Lucas De Silva, H. S. Moreira, M. Kitayama, and M. G. Villalva, "A review and analysis of technologies applied in PV modules," 2019 IEEE PES Conf. Innov. Smart Grid Technol. ISGT Lat. Am. 2019, no. November, 2019, doi: 10.1109/ISGT-LA.2019.8895369.
- [15] F. Salsa hayani, A. Stefanie, and I. A. Bangsa, "HYBRID GENERATOR THERMOELEKTRIK PANEL SURYA THIN FILM SF 170-S CIS 170 WATT PADA PLTS 1 MW CIRATA," *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 6, no. 1, 2021, doi: 10.36277/jteuniba.v6i1.102.

- [16] G. N. and S. D. Tiwari, *Fundamentals of Photovoltaic Modules and their Applications*. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, Cambridge CB4 0WF, UK, 2010.
- [17] Rovida Camalia Hartantrie, Ryann Argadiraksa, and I Gede Eka Lesmana, “Pengaruh Penggunaan Lapisan Phase Change Material Parafin Grafit Sebagai Pendingin Terhadap Efisiensi Panel Surya Polycrystalline,” *Infotekmesin*, vol. 13, no. 2, pp. 329–334, Jul. 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i2.1549.
- [18] S. Istiawan, “PENGARUH INTENSITAS DAN TEMPERATUR PERMUKAAN PANEL SURYA PADA BERBAGAI JENIS SEL SURYA,” 2019.
- [19] D. Suryana and M. Marhaendra Ali, “The Effect Of Temperature On Voltage Produced By Monocrystalline Solar Panel (Case Study : Baristand Industri Surabaya),” 2016.
- [20] K. Bilen and İ. Erdoğan, “Effects of Cooling on Performance of Photovoltaic/Thermal (PV/T) Solar Panels: A Comprehensive Review,” *Sol. Energy*, vol. 262, no. January, 2023, doi: 10.1016/j.solener.2023.111829.
- [21] S. Idawati Supu, Baso Usman, Selviani Basri, “Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda,” *J. Din.*, vol. 07, no. June, pp. 62–73, 2016.
- [22] C, “Pengembangan Media Pembelajaran Perpindahan Panas Radiasi Dengan Variasi Beda Perlakuan Permukaan Spesimen Uji,” *J. Mech. Eng. Learn.*, vol. 3, no. 2, pp. 86–93, 2014.
- [23] H. J. Goldsmid, *Introduction to Thermoelectricity*, vol. 121. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- [24] G. S. Nolas, J. Sharp, and J. Goldsmid, *Thermoelectrics: basic principles and new materials developments*, vol. 45. 2013.
- [25] A. E. Putra, R. Rifky, and A. Fikri, “Pemanfaatan Panas Buang Atap Seng dengan Menggunakan Generator Termoelektrik sebagai Sumber Energi

Listrik Terbarukan,” Pros. Semin. Nas. Teknoka, vol. 3, 2019, doi: 10.22236/teknoka.v3i0.2911.

- [26] H. Hadiansyah, E. Roza, and R. Rosalina, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Panas pada Knalpot Motor,” Pros. Semin. Nas. Teknoka, vol. 3, 2018, doi: 10.22236/teknoka.v3i0.2827.
- [27] Y. Cengel, “Heat Transfer: A Practical Approach,” J. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, 2023.
- [28] S. E. Pratama Pagan, I. Devi Sara, and H. Hasan, “Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh,” pp. 19–23, 2020.
- [29] L. Tembaga and A. D. A. N. Besi, “() 1,2),” vol. 24, no. 2, pp. 49–54, 2022.
- [30] G. Hashmi, A. Dipon, and M. H. Rahman, “Design & Development of a Microcontroller Based High-Efficient Smart Solar Charge Controller for Standalone Solar Photovoltaic Systems,” *J. Bangladesh Electron*, vol. 11, no. 2, pp. 25–33, 2021.