

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM PENDINGIN
AKTIF *THERMOELECTRIC COOLER* DENGAN
SISTEM PENDINGIN PASIF PELAT ALUMINIUM
BERLUBANG (*PERFORATED ALUMINIUM PLATE*)
PADA *PHOTOVOLTAIC* JENIS *POLYCRYSTALLINE*
20 WP**



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

OLEH:

ANANDA PUTRI KAMILA

03041282126077

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM PENDINGIN AKTIF
THERMOELECTRIC COOLER DENGAN SISTEM PENDINGIN PASIF
PELAT ALUMINIUM BERLUBANG (*PERFORATED ALUMINIUM
PLATE*) PADA PHOTOVOLTAIC JENIS POLYCRYSTALLINE 20 WP**



SKRIPSI

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

Oleh

ANANDA PUTRI KAMILA

03041282126077

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 : Ananda Putri Kamila
NIM : 03041282126077
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin* : 6%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian Saya yang berjudul “Analisis Perbandingan Sistem Pendingin Aktif *Thermoelectric Cooler* dengan Sistem Pendingin Pasif Aluminium Pelat Berlubang (*Perforated Aluminium Plate*) pada *Photovoltaic* Jenis *Polycrystalline* 20 WP” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

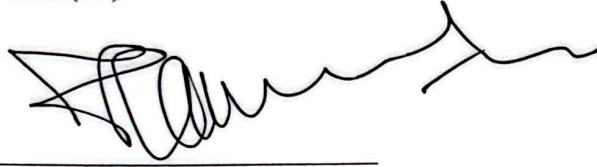
Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 20 Juni 2025


Putri Kamila
NIM. 03041282126077

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 : Ananda Putri Kamila
NIM : 03041282126077
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

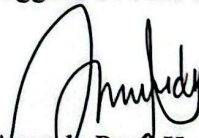
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah Saya yang berjudul:

**ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM PENDINGIN AKTIF
THERMOELECTRIC COOLER DENGAN SISTEM PENDINGIN PASIF
PELAT ALUMINIUM BERLUBANG (*PERFORATED ALUMINIUM
PLATE*) PADA PHOTOVOLTAIC JENIS POLYCRYSTALLINE 20 WP**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan Saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya

Pada tanggal : 20 Juni 2025



Ananda Putri Kamila

NIM. 03041282126077

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT Tuhan Semesta Alam yang telah melimpahkan rahmat, berkat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir yang berjudul “Analisis Perbandingan Sistem Pendingin Aktif *Thermoelectric Cooler* dengan Sistem Pendingin Pasif Aluminium Pelat Berlubang (*Perforated Aluminium Plate*) pada *Photovoltaic* Jenis *Polycrystalline* 20 WP.” Penyusunan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, 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:

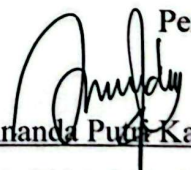
1. Allah SWT dan junjungannya Nabi Muhammad SAW, berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan studi S1 Teknik Elektro ini.
2. Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D, IPU., APEC Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan selaku dosen pembimbing akademik serta Ibu Dr. Eng, 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 Ibu 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. Kedua orang tua penulis yang tercinta, yaitu Papa Ir. Cokro Aminoto dan Mama Sri Wahyuni yang tiada henti-hentinya mendoakan setiap langkah putri terakhirnya agar semua dapat berjalan dengan lancar, selalu memberikan masukan dan motivasi, kasih sayang, perhatian, dukungan material sehingga

dapat menyelesaikan studi S1 Teknik Elektro ini sampai selesai.

6. Kepada kakak penulis Rizky Sholehah, S.KM. dan Aisyah Khairunnisa S.T. serta Makwo Nurul Ziati, Pakwo Silir Aminukir dan sepupu - sepupu yaitu Uni Melda, Kak Uli, Kak Ayeb, Kak Nopal, Mbak Thita, dan Mbak Pit serta keponakan-keponakan saya yang senantiasa selalu menghibur, memberi semangat, mendoakan setiap langkahku, serta terkadang memberi dukungan material.
7. Kepada sahabat kuliahku yang sudah menemani selama menjalani pendidikan selama 4 tahun ini, yaitu Syabitah Putri Edriani, Ananda Zhafirah, Indi Rahmawati, Alvierina Azzahra Ningrum, Shalsabila Puteri, Bernika Putri Ramadhani, dan Daniela Salsabrina.
8. Kepada sahabat – sahabat terkasihku dari masa kecil sampai sekarang yaitu Anggi, Dabong, Caca, Fathia, Seli, Ria, Wanda, dan Ica serta seluruh sahabat – sahabat penulis yang lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang sudah menemani dan mendengarkan keluh kesah penulis selama perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir selesai.
9. 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.
10. Kepada teman *online* ku tercinta, Evi Kusumadanny yang selalu menjadi tempat keluh kesah penulis dan mengajarkan penulis pelajaran hidup.
11. Kepada diri saya sendiri, terima kasih sudah bertahan dengan segala badai yang datang dari semua arah. #AtosPerson

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

Ananda Putri Kamila
NIM. 03041282126077

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM PENDINGIN AKTIF *THERMOELECTRIC COOLER* DENGAN SISTEM PENDINGIN PASIF PELAT ALUMINIUM BERLUBANG (*PERFORATED ALUMINIUM PLATE*) PADA *PHOTOVOLTAIC* JENIS *POLYCRYSTALLINE* 20 WP

(Ananda Putri Kamila, 03041282126077, 2025, 91 halaman)

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja sistem pendingin aktif *Thermoelectric Cooler* (TEC) dengan sistem pendingin pasif pelat aluminium berlubang (*Perforated Aluminium Plate*) pada panel surya jenis polycrystalline 20 WP. Pengujian dilakukan selama 14 hari dengan pengambilan data setiap menit mulai pukul 09.00 hingga 15.00 WIB, meliputi parameter suhu, tegangan, arus, daya keluaran, dan intensitas cahaya yang diterima oleh panel. Tiga panel surya digunakan, yaitu panel tanpa pendingin, panel dengan sistem pendingin pasif pelat aluminium berlubang, dan panel dengan sistem pendingin aktif TEC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya dengan sistem pendingin TEC memiliki suhu panel yang paling rendah dan menghasilkan daya keluaran tertinggi, dengan daya puncak mencapai 30,42 W pada intensitas radiasi maksimum. Panel dengan pelat aluminium berlubang mencapai daya maksimum sekitar 21,00 W, sementara panel tanpa pendingin hanya mencapai 11,66 W. Efisiensi yang dihasilkan oleh panel dengan TEC mencapai 20,18%, panel dengan pelat aluminium berlubang 15,58%, dan panel tanpa pendingin hanya 12,17%. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem pendingin, baik aktif maupun pasif, mampu meningkatkan performa panel surya dibandingkan panel tanpa pendingin. Sistem pendingin TEC memberikan hasil yang paling optimal dalam menjaga suhu panel dan meningkatkan efisiensi konversi daya, terutama pada kondisi radiasi matahari yang tinggi. Penelitian ini menunjukkan pentingnya pengendalian suhu untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi panel surya dalam aplikasi energi terbarukan.

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

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF THERMOELECTRIC COOLER ACTIVE COOLING SYSTEM WITH PERFORATED ALUMINUM PLATE PASSIVE COOLING SYSTEM ON 20 WP POLYCRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC TYPE

(Ananda Putri Kamila, 03041282126077, 2025, 91 pages)

This research aims to analyze and compare the performance of the Thermoelectric Cooler (TEC) active cooling system with the Perforated Aluminum Plate passive cooling system on 20 WP polycrystalline solar panels. Testing was carried out for 14 days with data collection every minute from 09.00 to 15.00 WIB, including parameters of temperature, voltage, current, output power, and light intensity received by the panel. Three solar panels were used, namely panels without cooling, panels with perforated aluminum plate passive cooling system, and panels with TEC active cooling system. The test results showed that the solar panel with the TEC cooling system had the lowest panel temperature and produced the highest output power, with peak power reaching 30.42 W at maximum radiation intensity. The panel with perforated aluminum plates reached a maximum power of about 21.00 W, while the panel without cooling only reached 11.66 W. The efficiency produced by the panel with TEC reached 20.18%, the panel with perforated aluminum plates 15.58%, and the panel without cooling only 12.17%. From these results, it can be concluded that the use of cooling systems, both active and passive, can improve the performance of solar panels compared to panels without cooling. The TEC cooling system provides the most optimal results in maintaining panel temperature and improving power conversion efficiency, especially under high solar radiation conditions. This research demonstrates the importance of temperature control to improve the performance and efficiency of solar panels in renewable energy applications.

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

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.....	viii
<i>ABSTRACT</i>.....	ix
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	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>State of The Art</i>	6
2.2 <i>Sel Photovoltaic</i>	7
2.2.1 Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Kerja Panel Surya.....	9
2.3 <i>Jenis Modul Photovoltaic</i>	11
2.3.1 <i>Modul Photovoltaic Silikon Monocrystalline</i>	12
2.3.2 <i>Modul Photovoltaic silikon Polycrystalline</i>	13
2.3.3 <i>Modul Thin Film Photovoltaic</i>	13
2.4 <i>Fenomena Efek Thermoelectric</i>	14
2.4.1 <i>Efek Seebeck</i>	14
2.4.2 <i>Efek Peltier</i>	15
2.5 <i>Modul Thermoelectric</i>	16

2.5.1	<i>Thermoelectric Generator (TEG)</i>	16
2.5.2	<i>Thermoelectric Cooler (TEC)</i>	17
2.6	Sistem Pendingin Pada Panel Surya (<i>Cooling System</i>)	18
2.6.1	Pelat Aluminium Berlubang	18
2.6.2	<i>Heatsink Fan</i>	19
2.7	Perpindahan Panas.....	20
2.7.1	Radiasi	20
2.7.2	Konveksi.....	21
2.7.3	Konduksi.....	22
2.8	Konduktivitas Termal.....	23
2.9	Isolasi Termal.....	24
2.10	<i>Datalogger</i>	24
2.10.1	Sensor Suhu DS18B20.....	25
2.10.2	Sensor Arus ACS712 30A	25
2.10.3	Sensor Tegangan DC 0-25V	26
2.10.4	Sensor BH1750 <i>Light intensity</i>	26
2.10.5	Real Time Clock (RTC).....	27
2.10.6	<i>SD Card</i>	28
2.10.7	Arduino	28
2.11	Adaptor AC	29
2.12	Solar Charge Controller.....	30
2.13	Daya Listrik.....	31
2.13.1	Daya Aktif.....	31
2.13.2	Daya Reaktif	32
2.13.3	Daya Semu.....	32
2.13.4	Efisiensi	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		34
3.1	Metode Penelitian.....	34
3.2	Diagram Alir Penelitian	35
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	36
3.4	Alat dan Bahan	36

3.5 Spesifikasi Alat	39
3.6 Skema Pengambilan Data.....	43
3.6.1 Diagram Blok Alat	43
3.6.2 Desain <i>Wiring Data logger</i>	44
3.6.3 Alur Kerja Alat	45
3.7 Prosedur Penelitian.....	46
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
4.1 Umum.....	48
4.2 Data Hasil Pengukuran.....	50
4.2.1 Data Hasil Pengukuran Panel Surya dengan Pendingin <i>Thermoelectric Cooler</i>	50
4.2.2 Data Hasil Pengukuran Panel Surya dengan Pendingin Pelat Aluminium Berlubang (<i>Perforated Aluminium Plate</i>) dan Panel Tanpa Pendingin.....	61
4.2.3 Data Hasil Pengukuran Daya Masukan dan Efisiensi Semua Panel Surya	70
4.2.4 Perbandingan Data Hasil Pengukuran Selama 14 Hari	79
4.3 Perhitungan Daya	80
4.4 Perhitungan Efisiensi.....	81
4.5 Analisa dan Grafik Hasil Penelitian	83
4.5.1 Grafik Radiasi Matahari Terhadap Waktu.....	83
4.5.2 Grafik Arus Keluaran Terhadap Waktu.....	84
4.5.3 Grafik Tegangan Keluaran Terhadap Waktu.....	85
4.5.4 Grafik Suhu Terhadap Waktu	86
4.5.5 Grafik Daya Keluaran Terhadap Waktu	87
4.5.6 Grafik Nilai Efisiensi Terhadap Waktu	88
4.5.7 Grafik Perbandingan Efisiensi Setiap Panel Selama 14 Hari	89
BAB V PENUTUP.....	90
5.1 Kesimpulan.....	90
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Sel Surya menggunakan material semikonduktor.....	8
Gambar 2. 2 Grafik pengaruh intensitas cahaya matahari dan temperatur panel terhadap daya keluaran panel surya	10
Gambar 2. 3 Grafik pengaruh dari <i>Shading</i> atau bayangan terhadap tegangan dalam panel surya	10
Gambar 2. 4 Grafik pengaruh kotoran terhadap daya keluaran panel surya	11
Gambar 2. 5 Sel Silikon <i>Monocrystalline</i> dan modul PV <i>Monocrystalline</i>	12
Gambar 2. 6 Sel Silikon <i>Polycrystalline</i> dan Modul PV <i>Polycrystalline</i>	13
Gambar 2. 7 Modul <i>Thin Film Photovoltaic</i>	14
Gambar 2. 8 Prinsip kerja Efek <i>Seebeck</i>	15
Gambar 2. 9 Prinsip Kerja Efek <i>Peltier</i>	16
Gambar 2. 10 Modul <i>Thermoelectric Generator</i> (TEG).....	17
Gambar 2. 11 Modul <i>Thermoelectric Cooler</i> (TEC)	18
Gambar 2. 12 Pelat Aluminium Berlubang.....	19
Gambar 2. 13 <i>Heatsink Fan</i>	20
Gambar 2. 14 Perpindahan Panas Suatu Permukaan Panas secara Konveksi	22
Gambar 2. 15 Isolator pada <i>Thermoelectric</i>	24
Gambar 2. 16 Sensor Suhu DS18B20	25
Gambar 2. 17 Sensor Arus ACS712 30A.....	26
Gambar 2. 18 Sensor Tegangan DC 0-25V	26
Gambar 2. 19 Sensor BH1750 <i>light intensity</i>	27
Gambar 2. 20 Sensor RTC	27
Gambar 2. 21 Modul SD <i>Card</i>	28
Gambar 2. 22 Arduino MEGA2560 R3	29
Gambar 2. 23 Adaptor AC	30
Gambar 2. 13 <i>Solar Charge Controller</i> 12V	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	35
Gambar 3. 2 Sketsa <i>Prototype</i> Panel Surya dengan Pendingin (<i>Thermoelectric Cooler</i> dan <i>Heatsink Fan</i>), Panel Surya dengan Pendingin Pelat Aluminium berlubang, dan Panel Surya Tanpa Pendingin.....	41
Gambar 3. 3 Sketsa <i>Prototype</i> Panel Surya dengan Pelat Aluminium Berlubang	42

Gambar 3. 4 Sketsa <i>Prototype</i> Panel Surya dengan <i>Thermoelectric Cooler</i> dan Penambahan <i>Heatsink Fan</i>	42
Gambar 3. 5 Diagram Blok Alat	43
Gambar 3. 6 Desain <i>Wiring Data logger</i>	44
Gambar 3. 7 Sketsa <i>Prototype Data logger</i>	44
Gambar 3. 8 Alur Kerja Alat.....	45
Gambar 4. 1 Tampak Depan dan dan Belakang Alat Penelitian.....	48
Gambar 4. 2 Datalogger	49
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Nilai Radiasi Matahari Terhadap Waktu	83
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Nilai Radiasi Matahari pada Arus Panel Terhadap Waktu	84
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Perbandingan Nilai Radiasi Matahari pada Tegangan Panel terhadap Waktu.....	85
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Suhu pada Panel terhadap Waktu	87
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Daya Keluaran pada Panel terhadap Waktu ..	87
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Efisiensi pada Panel terhadap Waktu....	88
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Efisiensi Panel Selama 14 Hari.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Konduktivitas Termal Beberapa Bahan pada Suhu Kamar	23
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian Tugas Akhir.....	36
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Yang Digunakan.....	36
Tabel 3. 3 Spesifikasi Modul <i>Photovoltaic</i>	39
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>Thermoelectric Cooler</i>	40
Tabel 3. 5 Spesifikasi Kipas.....	40
Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>Heatsink</i>	40
Tabel 3. 7 Spesifikasi Pelat Aluminium Berlubang	40
Tabel 3. 8 Rencana Pengukuran Tegangan, Arus, Temperatur Panel Surya dengan Pendingin TEC	54
Tabel 3. 9 Rencana Pengukuran Tegangan, Arus, Temperatur Panel Surya dengan Pendingin Pelat Aluminium Berlubang, dan Panel Surya Tanpa Pendingin	54
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengukuran Panel dengan Pendingin <i>Thermoelectric Cooler</i> Tanggal 21 April 2025.....	50
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengukuran Panel Surya dengan Pendingin Pelat Aluminium Berlubang (<i>Perforated Aluminium Plate</i>) dan Panel Surya Tanpa Pendingin Tanggal 21 April 2025	61
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengukuran Daya Masukan dan Efisiensi Semua Panel Surya Tanggal 21 April 2025	70
Tabel 4. 4 Perbandingan Pengukuran Dari Panel surya dengan Pendingin <i>Thermoelectric Cooler</i> , Panel Surya dengan Pendingin Pleat Aluminium Berlubang, dan Panel Surya Tanpa Pendingin	80

DAFTAR RUMUS

Rumus 2. 1 Daya Masukkan Panel Surya.....	8
Rumus 2. 2 Laju perpindahan panas dengan cara radiasi.....	21
Rumus 2. 3 Laju perpindahan panas dengan cara konveksi.....	22
Rumus 2. 4 Laju perpindahan panas dengan cara konduksi.....	23
Rumus 2. 5 Daya Aktif... ..	31
Rumus 2. 6 Daya Reaktif.....	32
Rumus 2. 7 Daya Semu.....	32
Rumus 2. 8 Efisiensi.....	33
Rumus 3. 1 Daya Output	46
Rumus 3. 2 Daya Input.....	47
Rumus 3. 3 Efisiensi.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu sumber energi yang paling penting dan paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik digunakan untuk menjalankan berbagai perangkat dan sistem yang mendukung kehidupan modern, termasuk penerangan, pemanasan, pendinginan, transportasi, dan komunikasi. Umumnya sekarang, listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Sumber daya bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam menyebabkan krisis energi global, hal ini telah memicu peningkatan perhatian pada pengembangan energi terbarukan. Bahan bakar fosil, yang selama ini menjadi tulang punggung penyediaan energi dunia, diperkirakan akan habis dalam beberapa dekade mendatang. Tantangan ini menuntut pengembangan teknologi energi yang lebih bersih, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Di bawah Kebijakan Energi Nasional (KEN), pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk menghasilkan energi berbasis energi baru dan terbarukan (EBT), dengan target proporsi 25% pada tahun 2025. Keterbatasan bahan bakar fosil, yang merupakan bahan bakar utama yang digunakan untuk menghasilkan listrik, seperti batu bara dan minyak bumi, menjadi faktor pendorong di balik hal ini [1]. Maka dibutuhkan inovasi pembangkit listrik *renewable* yang lebih ramah lingkungan agar energi listrik tetap tersedia serta tidak menghambat perkembangan teknologi. Energi surya merupakan salah satu solusi yang paling potensial untuk mengatasi masalah kebutuhan energi dunia yang terus meningkat dan keterbatasan bahan bakar fosil. Salah satu teknologi utama dalam pemanfaatan energi surya adalah panel fotovoltaik (PV) yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik [2].

Panel *photovoltaic* efisiensinya tetap dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal, terutama suhu operasional. Ketika panel *photovoltaic* beroperasi dalam kondisi paparan sinar matahari yang intens, suhu panel dapat meningkat secara signifikan. Peningkatan suhu ini berdampak negatif pada efisiensi konversi energi, karena setiap kenaikan suhu di atas titik optimal akan menurunkan daya output

panel. Berdasarkan berbagai studi, suhu operasional yang lebih tinggi dapat menurunkan efisiensi panel *photovoltaic*. Oleh karena itu, menjaga suhu panel agar tetap dalam kondisi optimal sangat penting untuk memastikan kinerja yang maksimal [3]. Pengembangan sistem pendingin pada panel surya menjadi sangat penting sebab sistem ini berfungsi untuk menjaga suhu panel tetap stabil, sehingga efisiensi dapat dipertahankan dan masa pakai panel lebih lama. Sistem pendingin yang digunakan pada panel surya terbagi menjadi dua kategori utama yaitu sistem pendingin aktif dan sistem pendingin pasif. Sistem pendingin aktif melibatkan penggunaan alat eksternal, seperti kipas atau pompa ataupun material termal, untuk sirkulasi udara atau cairan pendingin. Sistem ini lebih efektif dalam mengontrol suhu, tetapi membutuhkan energi tambahan untuk pengoperasiannya. Sistem pendingin pasif, di sisi lain, menggunakan desain dan material khusus untuk membuang panas tanpa memerlukan energi tambahan, seperti pelat aluminium [1].

Hal tersebut mendorong peneliti untuk memaksimalkan kinerja dari panel surya jenis *polycrystalline* dengan membuat sebuah prototipe pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan *thermoelectric cooler* sebagai sistem pendingin aktif panel surya serta membandingkannya dengan sistem pendingin pasif yang menggunakan pelat aluminium berlubang pada panel surya. Oleh karena itu proposal tugas akhir ini mengangkat judul **“Analisis Perbandingan Sistem Pendingin Aktif Thermoelectric Cooler dengan Sistem Pendingin Pasif Aluminium Pelat Berlubang (*Perforated Aluminium Plate*) pada *Photovoltaic* Jenis *Polycrystalline* 20 WP”** sebagai pengaplikasian bidang konversi energi listrik untuk memberikan manfaat bagi manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dijelaskan, terdapat beberapa masalah utama yang perlu dianalisis terkait efektivitas sistem pendingin pada panel *photovoltaic*. Peningkatan suhu operasional panel surya dikenal dapat menurunkan efisiensi konversi energi listrik. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana peningkatan suhu ini mempengaruhi performa panel secara keseluruhan. Permasalahan mengenai penurunan efisiensi daya dari panel surya bisa diatasi dengan melakukan sebuah penelitian dengan membuat prototipe alat pendingin pada panel surya dengan menggunakan *thermoelectric cooler* dan pelat

aluminium berlubang. Sebagai objek penelitian, peneliti menggunakan 3 panel surya yang diantaranya menggunakan 2 panel surya dengan masing - masing menggunakan 1 jenis sistem pendingin, serta 1 panel surya yang tidak menggunakan sistem pendingin sehingga hasil yang diperoleh lebih bervariasi. Selanjutnya, perlu dilakukan perbandingan antara 2 panel surya yang menggunakan dua jenis sistem pendingin dan panel surya tanpa sistem pendingin, yaitu sistem pendingin aktif berbasis *Thermoelectric Cooler* (TEC) dan sistem pendingin pasif pelat aluminium berlubang (*perforated aluminium plate*), untuk mengetahui seberapa efektif kedua metode ini dalam menurunkan suhu dan menjaga kinerja panel surya dengan mengabaikan parameter dari suhu lingkungan.

Selain itu, perbandingan juga dilakukan untuk menentukan sistem mana yang lebih efisien dalam meningkatkan efisiensi daya keluaran panel surya, terutama di daerah dengan intensitas radiasi matahari tinggi. Hasil dari analisis ini diharapkan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai metode pendinginan yang optimal untuk menjaga kinerja panel surya dalam kondisi operasional yang beragam [5].

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengukur daya keluaran serta menganalisis pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran pada panel surya dengan sistem pendingin *Thermoelectric Cooler*, panel surya dengan sistem pendingin pelat aluminium berlubang (*Perforated Aluminium Plate*), dan panel surya tanpa pendingin.
2. Menilai dan menganalisis efisiensi dari sistem pendingin aktif *Thermoelectric Cooler* dan sistem pendingin pasif aluminium pelat berlubang dalam menurunkan suhu panel photovoltaic jenis *polycrystalline* 20 Wp.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari pokok pembahasan dan lebih terarah, maka dibuat ruang lingkup penelitian sebagai pedoman dalam menyelesaikan penelitian, yakni sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan 3 buah panel surya jenis *polycrystalline* dengan 2 panel surya masing – masing menggunakan 1 jenis sistem pendingin sebagai objek penelitian yaitu sistem pendingin aktif *Thermoelectric Cooler* dan sistem pendingin pasif yaitu pelat aluminium berlubang, dan 1 panel surya tidak menggunakan sistem pendingin dengan kapasitas masing-masing panel surya sebesar 20 Wp.
2. Penelitian ini tidak mengukur derajat kemiringan dari modul surya.
3. Penelitian ini tidak menggunakan aspek biaya sebagai efisiensi dari sistem pendingin yang terpasang panel surya.
4. Penelitian ini mengabaikan parameter dari suhu lingkungan.
5. Proses penelitian dan pengambilan data dilakukan selama 6 jam mulai pukul 09.00 WIB sampai 15.00 WIB dalam 14 hari.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penulis dalam menyelesaikan penelitian maka penulisan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang dasar teori sel surya, jenis modul PV, karakteristik modul PV, jenis sistem pendingin, efek pada *thermoelectric*, aluminium pelat berlubang, jenis arduino, serta komponen yang digunakan dalam sistem pendingin yang ada pada panel surya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas penjelasan metode penelitian, lokasi dan waktu penelitian, diagram alir penelitian, skema sistem kerja, spesifikasi alat dan bahan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang laporan data hasil penelitian, pengolahan data, hasil perhitungan dan grafik hasil penelitian disertai dengan analisa hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Mengenai penarikan kesimpulan terkait penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya agar mendapat hasil penelitian yang lebih baik kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Yuwono. “Karakteristik Daya Panel Surya *Polycrystalline* 100 Wp Terhadap Perubahan Temperatur.” *J. Nas. Pengelolaan Energi MigasZoom*. vol. 4. no. 2. pp. 49–56. 2022. doi: 10.37525/mz/2022-2/305.
- [2] S. Armin. Emartita. A. Feby. A. Vina. N. Handrie. and P. Mariana. “A Preliminary Study of Decision Support Model of Photovoltaic for Village Area in South of Sumatera.” p. 124. 2022.
- [3] L. Putu *et al.*, “ANALISIS PERFORMANSI (COP) TERMOELECTRIC COOLER DENGAN PERANGKAIAN SERI DAN PARALEL,” 2019.
- [4] A. A. Rokhim, L. Endahwati, and S. Sutiyono, “Pemanfaatan Energi panas menggunakan Termoelektrik Generator dengan Variasi Peltier,” vol. 14, no. 1, pp. 19–23.
- [5] D. Cipta, P. Talawo, J. Ilham, L. M. Kamil Amali, J. T. Elektro, and P. Koresponden, “Pengaruh Polutan pada Permukaan Panel Surya Terhadap Kinerja Panel Surya Kapasitas 10 Wp,” *Jambura Industrial Review*, vol. 2, no. 1, p. 2022, doi: 10.37905/jirev.2.1.31-38.
- [6] S. Abadi, M. Saini, A. Triwijaya, and F. Pratiwi, “Pemanfaatan Thermoelectric Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS),” *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 17, no. 1, pp. 90–98, May 2019, doi: 10.31963/sinergi.v17i1.1602.
- [7] E. P. LAKSANA, O. SANJAYA, S. SUJONO, S. BROTO, and N. FATH, “Sistem Pendinginan Panel Surya dengan Metode Penyemprotan Air dan Pengontrolan Suhu Air menggunakan Peltier,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 3, p. 652, Jul. 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i3.652..
- [8] N. S. Politeknik and N. Lhokseumawe, *BUKU TEKNOLOGI PHOTOVOLTAIC*. 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/341909134>.
- [9] B. H. Prasetyo Jl Sudarto, “ANALISIS PENGARUH INTENSITAS MATAHARI, SUHU PERMUKAAN & SUDUT PENGARAH TERHADAP KINERJA PANEL SURYA,” 2018. [Online]. Available:

<http://www.polines.ac.id>.

- [10] A. Hadi Wijaya, "ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK MEMPREDIKSI BEBAN LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE BACKPROPAGATION (Studi Kasus PT. PLN Regional Sumatera Barat)," *Jurnal CoreIT*, vol. 5, no. 2, 2019.
- [11] A. Rahim, K. Hee Khwee, and P. Studi Teknik Elektro Jurusan Elektro, "PENGUNAAN PENDINGIN THERMO-ELECTRIC (PELTIER) UNTUK MENURUNKAN TEMPERATUR PERMUKAAN DALAM MENINGKATKAN DAYA KELUARAN PANEL SURYA."
- [12] K. Waimbo, "Pemodelan Modul Fotovoltaik Sederhana menggunakan Matlab/Simulink," *Jurnal Fisika Papua*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, Feb. 2024, doi: 10.31957/jfp.v3i1.154.
- [13] T. N. Hidayat and S. Sutrisno. "Analisis *Output* Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Kapasitas 10Wp. 20Wp. Dan 30Wp." *J. Crankshaft*. vol. 4. no. 2. pp. 9–18. 2021. doi: 10.24176/crankshaft.v4i2.6013.
- [14] A. I. Ramadhan. E. Diniardi. and S. H. Mukti. "analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP." *Tek. 37 (2)*. 2019. 59-63. vol. 11. no. 2. pp. 61–78. 2019. doi: 10.14710/teknik.v37n2.9011.
- [15] W. Adipradana. A. Sofijan. Rahmawati. I. Bizzy. R. Sipahutar. and M. A. Fajri. "Datalogger Experimental Analysis Based on Arduino Mega 2560 on a 100 Wp *Monocrystalline* Solar Panel Using Perforated Plate." *Proc. 4th Forum Res. Sci. Technol.*. vol. 7. no. July. 2021. doi: 10.2991/ahe.k.210205.033.
- [16] 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. December. 2019. doi: 10.1109/ISGT-LA.2019.8895369.
- [17] S. A. Khan and A. Rahman. "Efficiency of thin film photovoltaic paint: A brief review." *Int. J. Recent Technol. Eng.*. vol. 7. no. 6. pp. 163–169. 2019.
- [18] H. Abdillah and D. Amalia. "Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangkai Seri Dan Paralel Pada

Instalasi Plts Off - Grid.” no. May. 2022. doi: 10.35143/elementer.v8i1.5187.

- [19] J. S. Sumbodo, M. R. Kirom, and P. Pangaribuan, “EFEKTIVITAS PENDINGIN MENGGUNAKAN TERMoeLEKTRIKPADA PANEL SURYA EFFECTIVENESS OF THERMOELECTRIC COOLING ON SOLAR PANEL.”
- [20] J. Rekayasa Material, M. dan Energi, K. Umurani, and dan Firman Alwi Arif Nasution, “Analisis Termoelektrik Generator (TEG) Sebagai Pembangkit Listrik Bersekala Kecil Terhadap Perbedaan Temperatur,” vol. 5, no. 1, 2022, doi: 10.30596/rmme.v5i1.10260.
- [21] R. B. M. Huda and D. W. Kurniawan. “Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor Ds18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino.” *Rekayasa Mesin*. vol. 7. no. 02. pp. 18–23. 2022.
- [22] M. Taif. M. Y. Hi. Abbas. and M. Jamil. “Penggunaan Sensor Acs712 Dan Sensor Tegangan Untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler Dan Modul Gsm/Gprs Shield.” *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*. vol. 6. no. 1. 2019. doi: 10.33387/protek.v6i1.1009.
- [23] B. D. Prabowo. I. R. S. Siregar. A. Faidil. N. R. Alham. and M. J. N. Afandi. “Pengukuran Arus Dan Tegangan Pada Prototipe Pltmh Berbasis Arduino Dan Multimeter.” *J. Media Elektro*. vol. IX. no. 2. pp. 45–52. 2020. doi: 10.35508/jme.v0i0.2305.
- [24] T. Suryana. “Measuring *Light intensity* Using the BH1750 Sensor.” *Komputa Unikomm 2021*. pp. 1–16. 2021.
- [25] P. Handoko. “Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3.” no. November. pp. 1–2. 2019.
- [26] W. Firdaus. B. P. Kamiel. and B. Riyanta. “Perancangan Dan Implementasi Pemrograman Mikrokontroller Arduino Mega 2560 R3 Untuk Pengendalian Gerakan Body Stabiliser Control Pada Model Kendaraan Roda Empat.” *Semesta Tek.* vol. 30. no. 30. pp. 1–8. 2019.
- [27] M. Sadli and Rismawati, “Desain Data Logger Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler Atmega16 Dengan Empat Kanal Input,” *J. LITEK J. List. Telekomun. Elektron.* , vol. 17, no. 1, pp. 2549–8762, 2020.

- [28] A. A. dan O. Hidyatama, "RANCANG BANGUN PROTOTIPE ELEVATOR MENGGUNAKAN MICROCONTROLLER ARDUINO ATMEGA 328P," *Teknol. Elektro Univ. Mercu*, vol. 4, no. 3, pp. 2086–9479, 2013.
- [29] A. Iskandar. M. Muhajirin. and L. Lisah. "Sistem Keamanan Pintu Berbasis Arduino Mega." *J. Inform. Upgris*. vol. 3. no. 2. pp. 99–104. 2019. doi: 10.26877/jiu.v3i2.1803.
- [30] 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. 2019. doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.
- [31] H. Setiawan and R. A. Pratama. "Pemanfaatan Solar Cell Untuk Monitoring Kondisi Aki Dengan Kontrol Komunikasi Dua Arah." *Univ. 17 Agustus 1945 Surabaya*. pp. 1–8. 2019.
- [32] I. Maysha and B. Trisno, "PEMANFAATAN TENAGA SURYA MENGGUNAKAN RANCANGAN PANEL SURYA BERBASIS TRANSISTOR 2N3055 DAN THERMOELECTRIC COOLER," 2013. [Online]. Available: <http://jurnal.upi.edu>.
- [33] S. Utami and A. Daud, "Pengaruh Temperatur Panel Surya Terhadap Efisiensi Panel Surya Sistem Monitoring menggunakan Internet of Things (IoT)," vol. 10, 2020.
- [34] N. E. Helwig, S. Hong, and E. T. Hsiao-wecksler, "CURRENT AND VOLTAGE MONITORING SYSTEMBASED ON MEASUREMENTSON SOLAR PANEL BASED ON ARDUINO UNO," *J. Res. Constr. Commun. Commer.*, vol. 1, no. 1, pp. 16–26, 2022.
- [35] A. P. S. dan B. Parkhideh, "Current Sensor Integration Issues with Wide-Bandgap Power Converters," vol. 23, no. 6481, pp. 321–396, 2023, doi: 10.1201/9781420065619-c11.
- [36] Suryadi, "Sistem Kendali dan Monitoring Listrik Rumahan Menggunakan Ethernet Sheeld dan RTC (Real Time Clock) Arduino," *J. Teknol. Dan Rekayasa*, vol. 2, no. 1, p. 14, 2017.
- [37] Warsito, Adhi. 2013. Dipo PV Cooler, Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Heatsink Fan Pada Panel Surya (Photovoltaic) Sebagai

Peningkatan Kerja Energi Listrik Baru Terbarukan. Semarang: Universitas Diponegoro.

- [38] Ginanjar, A. Hiendro, dan D. Suryadi, “Perancangan dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik dengan Menggunakan Kompor Surya sebagai Media Pemusat Panas,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2019, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/okta/article/view/38>
- [39] Wardoyo, “Studi Karakteristik Pembangkit Listrik Thermoelektrik Melalui Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor Sport 150 cc.,” *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 3, no. 2, hal. 70–75, 2016, doi: 10.21009/jkem.3.2.3.
- [40] A. T. Agus Salim and B. Indarto, “Studi Eksperimental Karakterisasi Elemen Termoelektrik Peltier Tipe TEC,” *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, vol. 3, no. 1, pp. 179–182, Jul. 2018, doi: 10.32486/jeecae.v3i1.211.
- [41] A. T. Agus Salim and B. Indarto, “Studi Eksperimental Karakterisasi Elemen Termoelektrik Peltier Tipe TEC,” *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, vol. 3, no. 1, pp. 179–182, Jul. 2018, doi: 10.32486/jeecae.v3i1.211.