

SKRIPSI

***ANALISIS PROTOTYPE HYBRID SOLAR PANEL DAN
THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG) DENGAN
PENAMBAHAN COPPER PLATE PADA HOTSIDE TEG***



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

OLEH

VIRGIE CLAUDIA RONTING

03041282025066

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS *PROTOTYPE HYBRID SOLAR PANEL* DAN
THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG) DENGAN
PENAMBAHAN *COPPER PLATE* PADA *HOTSIDE TEG***



SKRIPSI

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

**OLEH
VIRGIE CLAUDIA RONTING
03041282025066**

Indralaya, 14 Mei 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

**Ike Bayusari, S.T., M.T.
NIP. 197010181997022001**

Mengetahui,

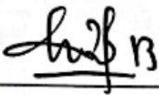
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Ike Bayusari, S.T., M.T.

Tanggal : 14 Mei 2024

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang betanda tangan dibawah ini:

Nama : Virgie Claudia Ronting
NIM : 03041282025066
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 1%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Analisis *Prototype Hybrid Solar Panel* dan *Thermoelectric Generator (TEG)* dengan Penambahan *Copper Plate* pada *Hotside TEG*” 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.

Palembang, 15 Mei 2024



Virgie Claudia Ronting
NIM. 03041282025066

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Virgie Claudia Ronting
NIM : 03041282025066
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 PROTOTYPE HYBRID SOLAR PANEL DAN THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG) DENGAN PENAMBAHAN COPPER PLATE PADA HOTSIDE TEG

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif 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: 14 Mei 2024


audia Ronting
NIM. 03041282025066

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul “Analisis *Prototype Hybrid Solar Panel* dan *Thermoelectric Generator (TEG)* dengan Penambahan *Copper Plate* pada *Hotside TEG*”. Tak lupa pula, sholawat dan salam semoga tetap tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad SAW.

Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah Tugas Akhir pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Penulisan hasil penelitian ini berdasarkan observasi langsung ke lapangan, diskusi dengan pembimbing, kajian literatur, dan studi pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini.

Dalam kesempatan ini juga, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak lainnya yang mendukung penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini, diantaranya :

1. Allah SWT., yang senantiasa memberikan ridho yang berlimpah dalam seluruh aktivitas penulis.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Siddik, S.T., M.Eng., Ph.D, IPU sebagai pimpinan jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., selaku sekretaris jurusan yang senantiasa membantu segala keperluan akademik Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Pembimbing Akademik dan Pembimbing Tugas Akhir, yang senantiasa memberikan dukungan dan bimbingan dari tahun pertama hingga saat ini.
5. Ibu Caroline, S.T., M.T., Ibu Hermawati, S.T., M.T., dan Ibu Rahmawati, S.T., M.T. selaku dosen Penguji Tugas Akhir, yang senantiasa memberikan saran dan masukan.

6. Seluruh dosen pengampu mata kuliah di Jurusan Teknik Elektro UNSRI.
7. Papa dan Mama, yang senantiasa memberikan kasih sayang dan dukungan dalam pembuatan tugas akhir ini.
8. Seluruh keluarga penulis, yang senantiasa memberikan dukungan ke penulis.
9. Thomas Alfa Edison, yang senantiasa memberikan dukungan dan membantu penulis dari awal rancangan penelitian hingga selesai.
10. Rosananda dan Febby Adinda Jhoti selaku rekan penulis dalam melaksanakan penelitian.
11. Seluruh teman-teman penulis, yang senantiasa memberikan dukungan bagi penulis.
12. Teman-teman Teknik Elektro Angkatan 2020 dan Kakak-kakak Teknik Elektro Angkatan 2019 dan 2018.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pembaca dan berharap bahwa laporan ini dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk keperluan riset dan dikembangkan lagi agar menjadi lebih sempurna.

Palembang, 14 Mei 2024



Virgie Claudia Ronting
NIM. 03041282025066

ABSTRAK
ANALISIS *PROTOTYPE HYBRID SOLAR PANEL* DAN
***THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG)* DENGAN PENAMBAHAN**
COPPER PLATE* PADA *HOTSIDE TEG

(Virgie Claudia Ronting, 03041282025066, 2024, 54 halaman)

Pemanfaatan energi matahari umumnya menggunakan media panel surya, tetapi panel surya akan melepas panas sehingga pemanfaatan energi matahari menjadi kurang optimal. Alat *hybrid* panel surya dan *thermoelectric generator (TEG)* dapat mengatasi problematika tersebut. Untuk meningkatkan nilai selisih perbedaan temperatur (ΔT) *TEG* dapat dilakukan dengan menambahkan *plate* pada *hotside TEG* dan *heatsink* pada *coolside TEG*. Penelitian ini melakukan pengujian terhadap 3 jenis *prototype*, yaitu *hybrid solar panel* jenis *monocrystalline 2.4 Wp* dan modul *TEG* dengan penambahan *copper plate*, *aluminium plate* dan tanpa adanya penambahan *plate*. Nilai rata-rata tertinggi ΔT , tegangan, arus, dan daya keluaran yang dihasilkan dari pengujian *prototype* dengan *copper plate* secara berturut-turut adalah 8.63 °C, 11.57 V, 0.17 A, dan 2.02 W. Sementara itu, untuk *prototype* dengan *aluminium plate* secara berturut-turut adalah 6.11 °C, 11.57 V, 0.16 A, dan 1.71 W. Untuk *prototype* tanpa *plate* secara berturut-turut adalah 5.80 °C, 10.79 V, 0.15 A, dan 1.63 W. Pada setiap parameter pengujian, *prototype* dengan *copper plate* memiliki nilai yang lebih unggul dibandingkan dengan yang lain. Hal ini disebabkan oleh tingginya nilai konduktivitas *copper* yang mempengaruhi nilai ΔT *TEG*, sehingga menghasilkan tegangan dan arus yang lebih besar.

Kata Kunci : Panel Surya, Modul TEG, *Copper Plate*, Alat Hibrid.

ABSTRACT
ANALYSIS OF SOLAR PANEL AND THERMOELECTRIC
GENERATOR (TEG) HYBRID PROTOTYPE WITH THE ADDITION OF
COPPER PLATE ON TEG HOTSIDE

(Virgie Claudia Ronting, 03041282025066, 2024, 54 pages)

Solar energy utilization generally uses solar panel equipment, but solar panels will release heat so the utilization of solar energy is suboptimal. A solar panel and thermoelectric generator (TEG) hybrid can overcome this problem. To increase the *TEG* temperature difference (ΔT) value, it could be realized by adding a plate on the hotside of the TEG and a heatsink on the coolside of the TEG. In this research, three kinds of prototypes were tested, which were hybrid solar panel type monocrystalline 2.4 Wp and TEG module with the addition of copper plate, aluminum plate, and without the addition of plate. The highest average values of ΔT , voltage, current, and output power generated from testing the prototype with copper plate respectively are 8.63 °C, 11.57 V, 0.17 A, and 2.02 W. Furthermore, the prototype with aluminum plate respectively are 6.11 °C, 11.57 V, 0.16 A, and 1.71 W. The highest average values of ΔT , voltage, current, and output power generated from testing the prototype without plate respectively are 5.80 °C, 10.79 V, 0.15 A, and 1.63 W. In each parameter testing, the prototype with copper plate has a superior value compared to the others. This is caused by the high conductivity value of copper which affects the ΔT TEG value, thus generating greater voltage and current.

Keywords : Solar Panel, TEG Module, Copper Plate, Hybrid Appliance.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Solar Panel</i>	6
2.1.1. Cara Kerja <i>Solar Panel</i>	7
2.1.2. Jenis <i>Solar Panel</i>	8
2.1.3. Daya Output <i>Solar Panel</i>	10
2.1.4. Faktor Pengaruh Daya Keluaran <i>Solar Panel</i>	11
2.2. <i>Thermoelectric Generator (TEG)</i>	13
2.2.1. Sejarah <i>Thermoelectric</i>	13
2.2.2. Modul <i>Thermoelectric</i>	16
2.3. <i>Hybrid Solar Panel</i> dan <i>TEG</i>	18
2.4. Bahan Konduktor Termal.....	20
2.4.1. Bahan Copper (Cu).....	21

2.4.2. Bahan Aluminium (Al).....	21
2.5. Perpindahan Panas.....	22
2.5.1. Secara Konduksi.....	22
2.5.2. Secara Konveksi.....	22
2.5.3. Secara Radiasi.....	22
2.6. Jenis Rangkaian Listrik.....	23
2.6.1. Rangkaian Seri.....	23
2.6.2. Rangkaian Paralel.....	24
2.7. Daya Listrik.....	25
2.7.1. Daya Aktif.....	25
2.7.2. Daya Reaktif.....	25
2.7.3. Daya Semu.....	26
2.8. Penelitian-Penelitian Sebelumnya.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
3.2. Metode Penelitian.....	28
3.3. Diagram Alir Penelitian.....	29
3.4. Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.5. Desain Alat.....	32
3.6. Skema Pengambilan Data.....	35
3.7. Tahapan Penelitian.....	36
3.8. Rangkaian Pengukuran.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1. Umum.....	38
4.2. Data Hasil Pengukuran.....	39
4.2.1. Data Hasil Pengukuran <i>Hybrid Solar Panel</i> dan <i>TEG</i> Tanpa Penambahan <i>Plate</i>	39
4.2.2. Data Hasil Pengukuran <i>Hybrid Solar Panel</i> dan <i>TEG</i> dengan Penambahan <i>Copper Plate</i>	40
4.2.3. Data Hasil Pengukuran <i>Hybrid Solar Panel</i> dan <i>TEG</i> dengan Penambahan <i>Aluminium Plate</i>	41
4.3. Perhitungan Daya Keluaran <i>Hybrid Solar Panel</i> dan <i>TEG</i>	42
4.4. Hasil dan Analisis.....	43

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perbedaan Sel, Modul, dan Array	6
Gambar 2.2. Proses <i>Photovoltaic Effect</i>	7
Gambar 2.3. Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	8
Gambar 2.4. Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	9
Gambar 2.5. Panel Surya <i>Thin Film</i>	10
Gambar 2.6. Gambaran Efek <i>Seebeck</i>	14
Gambar 2.7. Gambaran Efek <i>Peltier</i>	16
Gambar 2.8. Konstruksi Modul <i>Thermoelectric</i>	16
Gambar 2.9. Penerapan Pelat Tembaga sebagai <i>Absorber</i>	17
Gambar 2.10. <i>Heatsink</i>	18
Gambar 2.11. <i>Hybrid Solar Panel</i> dan <i>TEG</i>	19
Gambar 2.12. Rangkaian Seri	23
Gambar 2.13. Rangkaian Paralel.....	24
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2. Desain <i>Prototype</i> Pertama.....	33
Gambar 3.3. Desain <i>Prototype</i> Kedua	33
Gambar 3.4. Desain <i>Prototype</i> Ketiga	34
Gambar 3.5. Desain <i>Prototype</i> Alat Gabungan.....	34
Gambar 3.6. Skema Pengambilan Data.....	35
Gambar 3.7. Rangkaian Pengukuran Tegangan.....	37
Gambar 3.8. Rangkaian Pengukuran Arus	37
Gambar 4.1. <i>Prototype</i> Alat Tampak Samping dan Tampak Depan	38
Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Temperatur <i>Hotside</i> dan <i>Coolside TEG</i> dari Ketiga <i>Prototype</i>	43
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Selisih Temperatur dari Ketiga <i>Prototype</i>	44
Gambar 4.4. Grafik Intensitas Cahaya Matahari.....	45
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Tegangan Keluaran dari Ketiga <i>Prototype</i>	46
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Arus Keluaran dari Ketiga <i>Prototype</i> Alat	47
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Daya Keluaran dari Ketiga <i>Prototype</i> Alat....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai <i>Koefisien</i> Seebeck pada Beberapa Material [20]	15
Tabel 2.2. Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Material Logam [28].....	20
Tabel 2.3. Daftar Penelitian Sebelumnya.....	27
Tabel 3.1. Rencana Waktu Penelitian	28
Tabel 3.2. Alat dan Bahan yang Digunakan	30
Tabel 3.3. Spesifikasi Komponen Utama.....	32
Tabel 4.1. Tabel Hasil Pengukuran <i>Prototype</i> Pertama	39
Tabel 4.2. Tabel Hasil Pengukuran <i>Prototype</i> Kedua.....	40
Tabel 4.3. Tabel Hasil Pengukuran <i>Prototype</i> Ketiga.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Gambar Pengambilan Data

Lampiran 1.1. Gambar Ketiga *Prototype* pada Tiang Penyangga dan Wadah Akrilik

Lampiran 1.1.1. Gambar *Prototype* dengan Penambahan *Copper Plate*

Lampiran 1.1.2. Gambar *Prototype* dengan Penambahan *Aluminium Plate*

Lampiran 1.2. Gambar Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari menggunakan Luxmeter

Lampiran 1.3. Gambar Pengukuran Temperatur Panel menggunakan *Thermal Gun*

Lampiran 1.4. Gambar Pengukuran Temperatur *TEG* menggunakan Termometer TM902C Tipe K

Lampiran 1.5. Gambar Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran menggunakan Multimeter

Lampiran II. Lampiran Data *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* Tanpa Penambahan *Plate*, *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Copper Plate*, dan *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Aluminium Plate*

Lampiran 2.1. Data Hasil Pengukuran *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* Tanpa Penambahan *Plate*, *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Copper Plate*, dan *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Aluminium Plate* Hari Pertama

Lampiran 2.2. Data Hasil Pengukuran *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* Tanpa Penambahan *Plate*, *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Copper Plate*, dan *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Aluminium Plate* Hari Kedua

Lampiran 2.3. Data Hasil Pengukuran *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* Tanpa Penambahan *Plate*, *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Copper Plate*, dan *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Aluminium Plate* Hari Ketiga

Lampiran 2.4. Data Hasil Pengukuran *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* Tanpa Penambahan *Plate*, *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Copper Plate*, dan *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Aluminium Plate* Hari Keempat

Lampiran 2.5. Data Hasil Pengukuran *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* Tanpa Penambahan *Plate*, *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Copper Plate*, dan *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Aluminium Plate* Hari Kelima

Lampiran 2.6. Data Hasil Pengukuran *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* Tanpa Penambahan *Plate*, *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Copper Plate*, dan *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Aluminium Plate* Hari Keenam

Lampiran 2.7. Data Hasil Pengukuran *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* Tanpa Penambahan *Plate*, *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Copper Plate*, dan *Hybrid Solar Panel* dan *TEG* dengan Penambahan *Aluminium Plate* Hari Ketujuh

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sudah bukan rahasia umum lagi, bahwa energi listrik telah menjadi kebutuhan fundamental. Seperti halnya bahan pangan, energi listrik juga selalu dibutuhkan untuk menunjang berbagai aktivitas manusia. Konsumsi energi listrik yang besar dipengaruhi oleh perkembangan teknologi karena hampir seluruh teknologi memerlukan energi listrik agar dapat beroperasi [1]. Akibat besarnya pengaruh energi listrik terhadap hajat hidup orang banyak, pencarian sumber energi listrik terus gencar dilakukan. Terdapat banyak potensi sumber energi listrik di Indonesia. Namun, dominasi penggunaan sumber energi saat ini masih terfokus pada energi fosil dan batu bara yang lambat laun akan menghancurkan alam. Oleh karena itu, diperlukan energi alternatif yang bersih dan ramah lingkungan untuk menghentikan penggunaan energi fosil [2].

Matahari atau surya menjadi salah satu sumber energi baru terbarukan yang umum digunakan karena jumlahnya yang tak terbatas dan dapat dimanfaatkan di daerah manapun yang terkena sinar matahari [3]. Penggunaan energi surya yang banyak dimanfaatkan adalah cahaya dan radiasinya melalui panel surya dengan menggunakan *photovoltaics*. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, penggunaan energi surya dalam bentuk panel meningkat drastis hingga bulan Mei 2021 [4]. Penggunaan panel surya merupakan salah satu langkah yang bijak untuk memanfaatkan potensi energi matahari, tetapi panel surya umumnya hanya mengonversi cahaya dengan efisiensi daya sebesar 12-19% [5]. Umumnya, energi panas dari matahari biasanya dimanfaatkan secara terpisah dengan panel surya, misalnya sebagai pemanas air bagi rumah tangga atau industri dengan bantuan *copper plate* [6]. Padahal, energi panas ini juga memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik dengan modul *thermoelectric generator (TEG)* dan dapat digunakan bersamaan dengan panel surya.

Dalam penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [7], dirancanglah suatu alat yang menggabungkan panel surya dan *TEG* secara *hybrid*. Dengan alat ini, ca

haya, radiasi, dan panas yang dihasilkan oleh matahari dapat dimanfaatkan secara optimal. Cahaya dan radiasi yang diterima oleh panel surya dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Selanjutnya, panas yang dihasilkan akan merambat melalui *aluminium plate* (pelat aluminium) menuju modul *TEG*. Modul *TEG* memiliki dua sisi, yaitu sisi panas (*hotside*) dan sisi dingin (*coolside*). Modul ini akan menghasilkan arus dan tegangan yang besar jika terdapat perbedaan temperatur antara *hotside* dan *coolside*. *Hotside TEG* akan diletakkan pada bagian bawah panel surya, sementara bagian *coolside* akan diletakkan pada *heatsink*.

Dalam penelitian kali ini, penulis melakukan inovasi dengan mengganti *aluminium plate* (pelat aluminium) menjadi *copper plate* (pelat tembaga) dengan ketebalan 2 mm pada sisi *hotside TEG*. *Plate* ini berfungsi untuk mengoptimalkan penyerapan termal dari bawah panel surya dan meneruskannya ke *hotside TEG*. Pemilihan bahan tembaga didasari oleh nilai konduktivitas termal yang dimiliki tembaga lebih besar dibandingkan dengan jenis logam lainnya [8]. Ketika terjadi penambahan temperatur pada *hotside*, maka perbedaan temperatur antara *hotside* dan *coolside* akan semakin besar sehingga daya keluaran akan semakin besar pula. Untuk membantu menurunkan temperatur bagian *coolside* digunakan *heatsink*. *Heatsink* dapat mengurangi temperatur hingga 2.43 °C [9].

1.2. Rumusan Masalah

Pemanfaatan energi matahari harus dilakukan secara optimal dengan memanfaatkan berbagai potensi energi yang dimilikinya, seperti cahaya, radiasi, dan panas. Pengaplikasian yang umum dijumpai adalah dalam bentuk panel surya, tetapi panel surya tidak dapat mengonversikan panas menjadi energi listrik. Panas matahari yang diserap oleh panel akan dibuang, karena temperatur yang panas akan menghambat panel surya dalam menghasilkan listrik. Suhu dapat mempengaruhi tegangan dan efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya. Semakin tinggi suhu yang ada pada panel surya maka akan semakin rendah tegangan dan efisiensi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan sebaliknya semakin rendah suhu yang ada pada panel surya, maka akan semakin tinggi tegangan dan efisiensi listrik yang dihasilkan oleh panel surya [10]. Oleh karena itu, terciptalah sebuah inovasi untuk memanfaatkannya secara *hybrid* dengan *TEG* [7]. Namun, untuk menghasilkan

arus dan tegangan yang lebih besar, diperlukan juga peningkatan perbedaan temperatur antara *hotside* dan *coolside*. Untuk meningkatkan temperatur, dapat dilakukan dengan mengoptimalkan penyerapan termal pada *hotside*, *coolside* ataupun secara kombinasi. Sementara itu, dalam penelitian sebelumnya (*prototype*), digunakan tambahan konduktor jenis aluminium sebagai media penyerap termal yang digunakan untuk meningkatkan daya keluaran dari *hybrid solar panel* dan *TEG*. Padahal, terdapat jenis bahan konduktor lainnya yang memiliki nilai konduktivitas lebih baik daripada aluminium, yaitu tembaga.

Dalam penelitian lain yang membahas tentang penyerapan panas melalui *copper plate* di bawah panel surya tanpa tambahan *thermoelectric generator (TEG)*, menyatakan bahwa *copper plate* dapat meningkatkan konduksi panas dengan menyerap panas secara sempurna [11]. Oleh karena itu, dari berbagai permasalahan dalam penelitian sebelumnya, penulis merancang sebuah alat *hybrid solar panel* dan *thermoelectric generator (TEG)* dengan penambahan *copper plate* pada *hotside TEG*. Selain itu, penulis juga akan melakukan perbandingan dengan alat *hybrid solar panel* dan *TEG* ini dengan penambahan *aluminium plate* dan tanpa penambahan *plate*. Inovasi dari penulis ini diharapkan dapat meningkatkan daya keluaran dan mengatasi permasalahan yang ada pada penelitian sebelumnya. *Copper plate* dapat membantu meningkatkan temperatur yang diserap oleh *hotside TEG* sehingga daya listrik yang dihasilkan dapat semakin besar.

1.3. Tujuan Penelitian

Terdapat beberapa tujuan yang akan dicapai, yaitu sebagai berikut :

1. Merancang *prototype hybrid solar panel* dan *TEG* dengan penambahan *copper plate*, *aluminium plate* dan tanpa adanya penambahan *plate*.
2. Mengukur dan menganalisis arus, tegangan, dan temperatur yang dihasilkan oleh *prototype hybrid solar panel* dan *TEG* dengan penambahan *copper plate*, *aluminium plate* dan tanpa adanya penambahan *plate*.
3. Menghitung dan menganalisis daya keluaran yang dihasilkan oleh *prototype hybrid solar panel* dan *TEG* dengan penambahan *copper plate*, *aluminium plate* dan tanpa adanya penambahan *plate*.

1.4. Batasan Masalah

Terdapat beberapa lingkup penelitian agar permasalahan yang dibahas tetap terarah, yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan panel surya jenis *monocrystalline* 2.4 Wp dengan ukuran 13.5 cm × 11 cm.
2. Kemiringan panel surya adalah 0°.
3. Penelitian ini menggunakan 4 buah modul TEG SP 1848-27 145 SA dengan ukuran 4 cm × 4 cm yang dirangkai secara seri.
4. Penelitian ini menggunakan *copper plate* dan *aluminium plate* dengan ukuran 13.5 cm × 11 cm × 2 cm.
5. Bahan isolator yang digunakan adalah lem bakar.
6. Heasink yang digunakan dari bahan *aluminium* berukuran 10 cm × 10 cm.
7. Beban lampu LED.
8. Pengujian alat dilakukan setiap jam dari pukul 09.00 WIB – 16.00 WIB selama tujuh hari.
9. Suhu lingkungan diabaikan.
10. Penelitian ini tidak membahas efisiensi *hybrid solar panel* dan *TEG*.
11. Penelitian ini tidak memperhitungkan jumlah kalor yang ditransmisikan.
12. Penelitian ini tidak membahas masalah ekonomis.

1.5. Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Memberi pengetahuan kepada penulis dan pembaca mengenai pengaruh keberadaan sebuah komponen untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari.
2. Memberi wawasan kepada pembaca terkait besarnya potensi yang dimiliki alat *hybrid solar panel* dan *TEG* dalam pengembangan energi baru terbarukan di Indonesia.
3. Memberi referensi bagi instansi atau lembaga yang ingin mengembangkan teknologi *hybrid solar panel* dan *TEG* supaya lebih optimal.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan ini, terdapat sistematika penulisan yang akan menjelaskan alur penulisan secara runtut untuk memudahkan penulis dan pembaca. Secara garis besar, laporan ini dibagi menjadi 5 bab, diantaranya :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan membahas tentang sejumlah teori relevan yang menjadi acuan penulis untuk mengembangkan pembahasan dari masalah yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas tentang waktu dan tempat penelitian, serta prosedur pengujian data dan pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas tentang data yang dihasilkan dari pengujian alat dan melakukan analisis dari data tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan membahas tentang penarikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis dan saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Rahmawati and S. Syafi'i, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Muara Bungo dalam Rentang 10 Tahun yang Akan Datang dengan Metoda Regresi Linier," *J. Surya Tek.*, vol. 5, no. 01, pp. 32–37, 2017, doi: 10.37859/jst.v5i01.354.
- [2] M. Azhar and D. A. Satriawan, "Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional," *Adm. Law Gov. J.*, vol. 1, no. 4, pp. 398–412, 2018, doi: 10.14710/alj.v1i4.398-412.
- [3] T. Alamsyah, A. Hiendro, and Z. Abidin, "Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Mono-Crystalline dan Poly-Crystalline Di Kota Pontianak dan Sekitarnya," *J. Tek. Elektron.*, p. 10, 2019.
- [4] Kepala Biro Komunikasi, "Indonesia Kaya Energi Surya, Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya oleh Masyarakat Tidak Boleh Ditunda," *Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE)*, 2021. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/09/02/2952/indonesia.kaya.energi.surya.pemanfaatan.listrik.tenaga.surya.oleh.masyarakat.tidak.boleh.ditunda> (accessed Sep. 28, 2022).
- [5] R. Hasrul *et al.*, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif," *J. Sains, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 9, pp. 79–87, 2021.
- [6] R. Subarkah and B. Belyamin, "Pemanas Air Energi Surya Dengan Sel Surya Sebagai Absorber," *Politeknologi*, vol. 10, no. 3, pp. 225–231, 2017.
- [7] M. Rifal, N. S. Dera, and R. Pido, "Perancangan Prototype Hybrid Energi Antara Solar Cell Dan Thermoelectric Generator (Teg)," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 3, no. 2, p. 1, 2020, doi: 10.32662/gojise.v3i2.1179.
- [8] J. Prihartono and R. Irhamsyah, "Analisis Konduktivitas Termal pada Material Logam (Tembaga, Aluminium dan Besi)," *J. Tek. Mesin Presisi*, vol. 24, no. 2, pp. 49–54, 2022.
- [9] T. Mizan *et al.*, "Identifikasi Pengaruh Penggunaan Heatsink Terhadap Keluaran Modul Surya," *J. Optim.*, vol. 08, no. 02, pp. 200–208, 2022.
- [10] P. K. Tiyas, "Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya," *J. Tek.*

- Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 274–282, 2020.
- [11] L. J. Habeeb, D. G. Mutasher, and F. A. M. A. Ali, “Solar panel cooling and water heating with an economical model using thermosyphon,” *Jordan J. Mech. Ind. Eng.*, vol. 12, no. 3, pp. 189–196, 2019.
- [12] A. Bhatia, *Design and Sizing of Solar Photovoltaic Systems Credit*, no. 877. Delhi: Continuing Education and Development, Inc., 2022.
- [13] J. Desember and A. Mansur, “Analisa Dampak Bayangan Modul Terhadap Output PLTS,” *Energi dan Kelistrikan J. Ilm.*, vol. 11, no. 2, pp. 160–170, 2019.
- [14] A. F. Khalil, “A Study Of The Factors Influencing The Efficiency Of Amorphous Silicon Solar A Study Of The Factors Influencing The Efficiency Of Amorphous Silicon Solar A Thesis Submitted to the Faculty of Engineering,” 2004. doi: 10.13140/RG.2.1.2650.4163.
- [15] S. Sugianto, “Comparative Analysis of Solar Cell Efficiency between Monocrystalline and Polycrystalline,” *INTEK J. Penelit.*, vol. 7, no. 2, pp. 92–100, 2020, doi: 10.31963/intek.v7i2.2625.
- [16] D. Dahliya, S. Samsurizal, and N. Pasra, “Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin,” *Sutet*, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i2.1551.
- [17] M. Akbar, T. A. Rizal, and R. Syntia, “Pengujian Kinerja Pendinginan Thermo Electric Cooling (TEC) Menggunakan Heatsink Dengan Variasi Dimensi dan Jenis Material,” *JURUTERA - J. Umum Tek. Terap.*, vol. 8, no. 01, pp. 19–28, 2021, doi: 10.55377/jurutera.v8i01.3926.
- [18] M. Latif, N. Hayati, and U. G. S. Dinata, “Potensi Energi Listrik Pada Gas Buang Sepeda Motor,” *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 5, p. 163, 2015, doi: 10.17529/jre.v11i5.2957.
- [19] L. Liu, X. Meng, Z. Miao, and S. Zhou, “Analysis and verification of Seebeck effect and Peltier effect co-existence on a thermoelectric device,” *SSRN Electron*, pp. 1–34, 2022.
- [20] M. Li, S. Xu, Q. Chen, and L. R. Zheng, “Thermoelectric-generator-based DC-DC conversion networks for automotive applications,” *J. Electron. Mater.*, vol. 40, no. 5, pp. 1136–1143, 2011, doi: 10.1007/s11664-011-1557-

5.

- [21] N. Kudva and R. K. Veerasha, "A Review on Thermoelectric (Peltier) Module," *Int. J. Progress. Res. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 4, pp. 212–216, 2020, [Online]. Available: <https://journals.grdpublications.com/index.php/ijprse/article/view/134>
- [22] O. Farhat, M. Khaled, J. Faraj, F. Hachem, R. Taher, and C. Castelain, "A short recent review on hybrid energy systems: Critical analysis and recommendations," *Energy Reports*, vol. 8, no. May, pp. 792–802, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.07.091.
- [23] A. N. Azizah and S. Purbawanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Pv Dan Mikrohidro) Terhubung Grid," *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2021.
- [24] S. Abadi, M. Saini, A. Triwijaya, and F. Pratiwi, "Pemanfaatan Thermoelectric Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," *J. Sinergi Jur. Tek. Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 110, 2019, doi: 10.31963/sinergi.v17i1.1602.
- [25] 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, pp. 154–160, 2021, doi: 10.36277/jteuniba.v6i1.102.
- [26] J. Prihartono and R. Irhamsyah, "Analisis Konduktivitas Termal Material Logam Menggunakan Metode Searle," *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 44–48, 2023.
- [27] B. S. Ardana, A. Akbar, and Y. S. Pramesti, "Rancang Bangun Alat Konduktivitas Thermal Logam," *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 182–187, 2021.
- [28] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics An Engineering Approach*. New York: Mc Graw Hill, 2015.
- [29] R. Barbera, R. Farre, and M. J. Lagarda, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. London: Elsevier Science Ltd, 2003.
- [30] R. Djunaidi, S. Zahara, and H. Yakub, "Analisa Pengaruh Jarak Katoda Dan Anoda Dalam Proses Elektroplating Aluminium Terhadap Laju Korosi,"

- Tek. J. Tek.*, vol. 4, no. 2, pp. 145–159, 2018, doi: 10.35449/teknika.v4i2.70.
- [31] S. Al-Arif, A. Ahmed, and M. Riyadh, “Comparative Study of Radiated Heat by Aluminium & Copper Cable,” *IPCSIT*, vol. 27, no. 2, pp. 104–109, 2012, [Online]. Available: <http://www.ipcsit.com/vol27/21-ICICN2012-N050.pdf>
- [32] L. Lv, Y. Xiang, Z. Gu, and C. Huang, “Dynamic characteristics of convection heat and radiation heat on building surfaces under cyclic heat flow,” *Sci. Prog.*, vol. 105, no. 1, pp. 1–21, 2022, doi: 10.1177/00368504221075189.