

**PENGARUH VARIASI KONDUKTIVITAS PANAS BAHAN  
TERHADAP SUHU DAN TEGANGAN TERMOELEKTRIK  
GENERATOR**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**FERNANDEZ L. M. HABEAHAN  
178130091**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 3/9/24

Access From (repository.uma.ac.id)3/9/24

## HALAMAN JUDUL

# PENGARUH VARIASI KONDUKTIVITAS PANAS BAHAN TERHADAP SUHU DAN TEGANGAN TERMOELEKTRIK GENERATOR

## SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

OLEH :

**FERNANDEZ L. M. HABEAHAN**  
**178130091**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**MEDAN**  
**2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 3/9/24

Access From (repository.uma.ac.id)3/9/24

### HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Pengaruh Variasi Konduktivitas Panas Bahan Terhadap Suhu Dan Tegangan Termoelektrik Generator  
Nama Mahasiswa : Fernandez L. M. Habeahan  
Npm : 178130091  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

  
Muhannaqul Idris, S.T., M.T.  
Pembimbing I



Tanggal lulus: 25 Maret 2024

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam menulis skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumber secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lain dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 25 Maret 2024



Fernandez L. M. Habeahan

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### KARYA ILMIAH

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fernandez L.M. habeahan  
NPM : 178130091  
Program Studi : Teknik mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive royalty-free right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul **pengaruh variasi konduktivitas panas bahan terhadap suhu dan tegangan termoelektrik generator.**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelolah dalam bentuk pangkalan dan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenatnya.

Dibuat di,  
Pada tanggal 15 Maret 2024  
Yang menyatakan

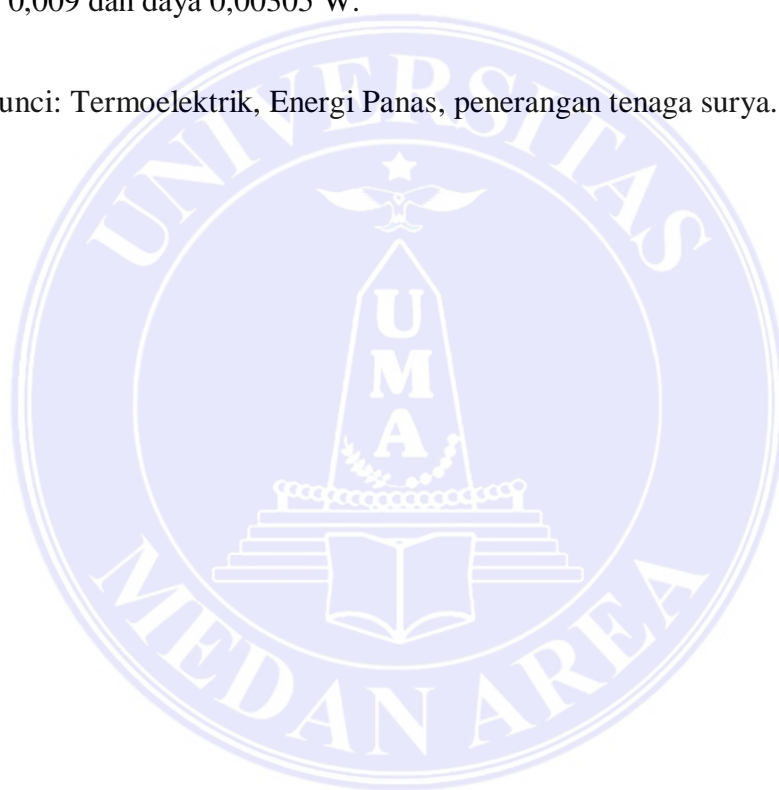


(Fernandez L. M. Habeahan)

### ABSTRAK

Pemanfaatan energi terbarukan adalah energi panas matahari (solar cell) yang digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari sel surya, penerangan tenaga surya, lampu pemanas ruangan dan juga penggunaan energi termal. Dalam penelitian ini, energi panas matahari digunakan sebagai sumber panas. Pengertian termoelektrik adalah suatu alat yang mengubah energi panas (hasil perbedaan suhu panas dan dingin) menjadi energi listrik. Penelitian ini menggunakan pemanas 10 bilah dan 6 pemanas listrik serta mencakup perbandingan tambahan elemen penghantar panas yaitu pelat baja. Berdasarkan hal tersebut maka tugas akhir ini adalah merancang dan menganalisis generator sederhana yang memanfaatkan energi panas matahari dengan menggunakan metode potensial. Berdasarkan hasil percobaan selama 3600 s diperoleh hasil tanpa menggunakan pelat baja tegangan 0,17 V, arus 0,008 A, daya 0,00141 W, dan menggunakan pelat baja tegangan 0,31 V, arus 0,009 dan daya 0,00305 W.

Kata Kunci: Termoelektrik, Energi Panas, penerangan tenaga surya.

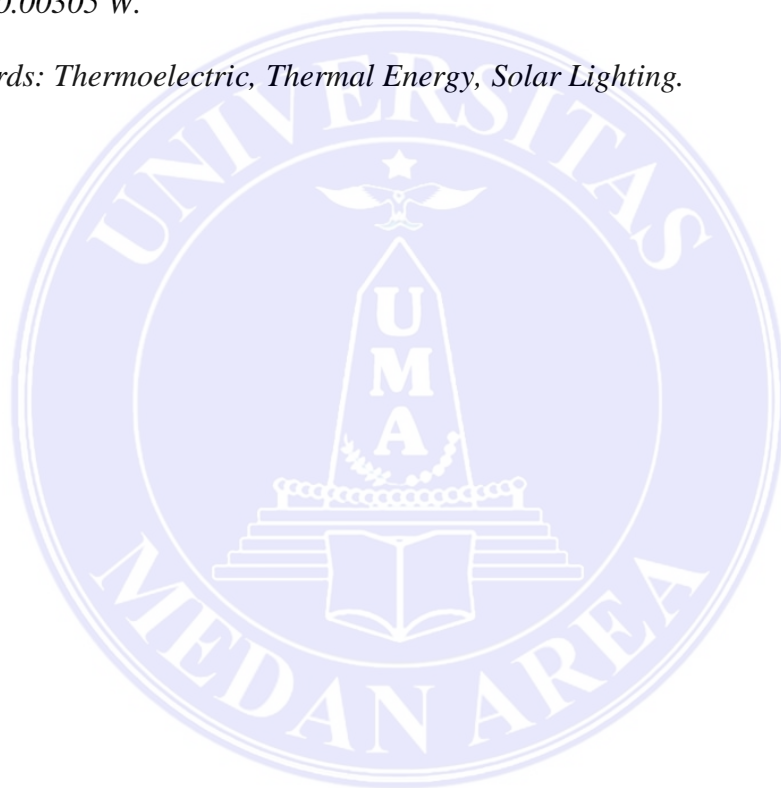




## ABSTRACT

*Utilization of renewable energy is solar thermal energy (solar cell) which is used for various purposes, ranging from solar cells, solar lighting, space heating lamps and also the use of thermal energy. In this study, solar thermal energy was used as a heat source. Understanding thermoelectric is a device that converts heat energy (the result of the difference in hot and cold temperatures) into electrical energy. This study used a 10-blade heater and 6 electric heaters and included an additional comparison of heat-conducting elements, namely steel plates. Based on this, this final project is to design and analyze a simple generator that utilizes solar thermal energy using the potential method. Based on the results of the experiment during 3600 s obtained results without the use of steel plate voltage 0.17 V, current 0.008 a, power 0.00141 W, and using steel plate voltage 0.31 V, current 0.009 and power 0.00305 W.*

*Keywords: Thermoelectric, Thermal Energy, Solar Lighting.*



## RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Fernandez L.M Habeahan dilahirkan di Kec. Namorambe, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara pada tanggal 18 Juni 1996 dari bapak Polmer Habeahan (+) dan ibu Normawaty Br Saragih. Penulis merupakan putra pertama dari tiga bersaudara.

Tahun 2007 penulis menyelesaikan Pendidikan Dasar di SD Swasta Agia Sophia, Sumatra Utara, tahun 2010 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Swasta Agia Sophia, Sumatra Utara, tahun 2013 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Raksana Medan, pada tahun 2017 penulis melanjutkan Pendidikan sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin di Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di Echo Plaza Bengkel, di Jl. Iskandar Muda, Kec.Medan Baru, Kota Medan.



## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Termoelektrik Generator dengan judul Pengaruh Variasi Konduktivitas Panas Bahan Terhadap Suhu Dan Tegangan Termoelektrik Generator.

Terimakasih Penulis sampaikan kepada Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T. selaku pembimbing yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan Penulis sampaikan kepada teman-teman yang telah membantu Penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu, serta seluruh Keluarga atas segala doa dan perhatian.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat Penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis ini. Penulis berharap Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan Pendidikan maupun Masyarakat. Akhir kata Penulis ucapkan Terimakasih.

Penulis

Fernandez  
178130091

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERNYATAAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR NOTARI .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Hipotesis Penelitian .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Sejarah Perkembangan Termoelektrik.....	6
2.2. Defenisi Efek Pada Termoelektrik.....	7
2.3. Prinsip Kerja Termoelektrik .....	10
2.4. Daya Listrik .....	12
2.5. Perpindahan Kalor .....	13
2.6. Modul Termoelektrik .....	16
2.7. Plat Baja .....	17
2.8. Energi Matahari .....	18
2.9. Perkiraan Cuaca Bulan Oktober 2021 Sumatera Utara.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2. Bahan dan Alat .....	24
3.3. Metode Peneletian ANOVA.....	32
3.4. Populasi dan Sampel .....	33
3.5. Prosedur Penelitian .....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1. Hasil Perhitungan.....	36
4.2. Metode Penelitian ANOVA .....	40
4.3. Pembahasan Pada Daya <i>Output</i> .....	42
4.4. Perhitungan Pada Perbedaan Temperatur .....	58
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1. Simpulan .....	64
5.2. Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Waktu Penelitian	22
Tabel 3.2. Sampel Penelitian	32
Tabel 4.1. Hasil Pengujian tanpa menggunakan Plat Baja	34
Tabel 4.2. Hasil Pengujian menggunakan Plat baja	35
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Anova Dua Variabel	39
Tabel 4.4. pengukuran tegangan tanpa menggunakan plat 13 oktober 2021	41
Tabel 4.5. pengukuran tegangan tanpa menggunakan plat 15 oktober 2021	43
Tabel 4.6. pengukuran tegangan menggunakan plat baja 14 oktober 2021	44
Tabel 4.7. pengukuran tegangan menggunakan plat baja 16 oktober 2021	46
Tabel 4.8. pengukuran arus tanpa menggunakan plat baja 13 oktober 2021	48
Tabel 4.9. pengukuran arus menggunakan plat baja 15 oktober 2021	49
Tabel 4.10. pengukuran arus menggunakan plat baja 14 oktober 2021.	51
Tabel 4.11. pengukuran arus menggunakan plat baja 16 oktober 2021	52
Tabel 4.12. perhitungan daya tanpa menggunakan plat baja 13 Oktober 2021	54
Tabel 4.13. perhitungan daya tanpa menggunakan plat baja 15 Oktober 2021	54
Tabel 4.14. perhitungan daya menggunakan plat baja 14 oktober2021	55
Tabel 4.15. perhitungan daya menggunakan plat baja 16 Oktober 2021	56
Tabel 4.16. Pengujian perbedaan temperatur tanpa menggunakan plat baja 13 oktober 2021	56
Tabel 4.17. Pengujian perbedaan temperatur tanpa menggunakan plat baja 15 oktober 2021	58
Tabel 4.18. Pengujian perbedaan temperatur menggunakan plat baja 14 oktober 2021	59
Tabel 4.19. Pengujian perbedaan temperatur menggunakan plat baja 16 oktober 2021	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Prinsip Kerja Termoelektrik	10
Gambar 2.2.	Perpindahan Kalor Konduksi	13
Gambar 2.3.	Perpindahan Kalor Konveksi	14
Gambar 2.4.	Perpindahan Kalor Radiasi	15
Gambar 2.5.	Perkiraan Suhu Rabu 13 Oktober 2021	19
Gambar 2.6.	Perkiraan Suhu Kamis 14 Oktober 2021	20
Gambar 2.7.	Perkiraan Suhu Jumat 15 Oktober 2021	20
Gambar 2.8.	Perkiraan Suhu Sabtu 16 Oktober 2021	21
Gambar 3.1.	Tempat Dudukan	23
Gambar 3.2.	Kaca Pembesar	24
Gambar 3.3.	<i>Paltiel</i> TEG	24
Gambar 3.4.	<i>Heatsing</i>	25
Gambar 3.5.	Galon Air	26
Gambar 3.6.	Plat Baja	27
Gambar 3.7.	<i>Thermogun</i>	27
Gambar 3.8.	Multitester	28
Gambar 3.9.	<i>Thermometer Aquarium</i>	29
Gambar 3.10.	Solder	30
Gambar 3.11.	Kawat Timah	30
Gambar 3.12.	Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1.	Diagram Hasil Pengujian Tanpa Menggunakan Plat Baja 13 oktober 2021	42
Gambar 4.2.	Diagram Hasil Pengujian Tanpa Menggunakan Plat Baja 15 oktober 2021	43
Gambar 4.3.	Diagram Hasil Pengujian Menggunakan Plat Baja 15 oktober 2021	45
Gambar 4.4.	Diagram Hasil Pengujian Menggunakan Plat Baja 16 oktober 2021	46
Gambar 4.5.	Diagram Hasil Pengujian Tanpa Menggunakan Plat Baja 13 oktober 2021	48
Gambar 4.6.	Diagram Hasil Pengujian Tanpa Menggunakan Plat Baja 13 oktober 2021	49
Gambar 4.7.	Diagram Hasil Pengujian Menggunakan Plat Baja 14 oktober 2021	51
Gambar 4.8.	Diagram Hasil Pengujian Menggunakan Plat Baja 16 oktober 2021	52
Gambar 4.9.	Hasil Pengujian Perbedaan Temperatur tanpa menggunakan Plat baja 13 oktober 2021	56
Gambar 4.10.	Hasil Pengujian Perbedaan Temperatur tanpa menggunakan Plat baja 15 oktober 2021	58
Gambar 4.11.	Hasil Pengujian Perbedaan Temperatur menggunakan Plat baja 14 oktober 2021	59
Gambar 4.12.	Hasil Pengujian Perbedaan Temperatur menggunakan Plat baja 16 oktober 2021	60

## DAFTAR NOTARI

$\alpha_{pn}$	= Koefisien Seeback (V/C)
ES	= Efek Seeback (V)
$T_2$	= Temperatur Panas ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_1$	= Temperatur Dingin ( $^{\circ}\text{C}$ )
V	= Tegangan (V)
$Q_c$	= Panas pada terminal dingin (W)
$Q_h$	= panas pada terminal panas (W)
T	= Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
I	= Arus listrik (A)
$\Delta T$	= Perbedaan Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
Q	= Panas Joule (W)
R	= Hambatan (Ohm)
$\tau$	= Koefisien Thomson (V/C)
$\frac{dt}{dx}$	= Gradient Temperatur pada Semi Konduktor
P	= Daya Listrik (W)
A	= Luas Penampang ( $\text{m}^2$ )
K	= Konduksi Thermal (W/mK)
L	= Tebal Bahan Material (m)
$q_{kond}$	= laju perpindahan panas konduksi (W)
$q_{konv}$	= laju perpindahan panas konveksi (W)
$q_{rad}$	= laju perpindahan panas rasiasi (W)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Bahan ajar memegang peranan penting dalam kegiatan pembelajaran. Bahan ajar dapat memberikan pengalaman visual langsung kepada siswa, terutama untuk meningkatkan motivasi belajar, memperjelas dan menyederhanakan konsep-konsep abstrak, serta meningkatkan daya serap belajar.

Alat bantu visual diperlukan untuk memvisualisasikan fenomena fisik yang tidak terlihat secara langsung oleh mata. Misalnya saja mengenai energi dan perubahannya, diperlukan bahan ajar khusus untuk menunjukkan fenomena perubahan energi yang sulit dipahami melalui penjelasan verbal. Pembelajaran langsung melalui demonstrasi dengan bahan kajian dan magang dapat bermanfaat bagi ketenagalistrikan dan sebaliknya. TEG 12706 terdiri dari kumpulan semikonduktor tipe p dan tipe n yang dihubungkan dalam rangkaian tertutup dan dibalut material keramik dengan dimensi 40x40x5 mm<sup>3</sup>. Jika disuplai dengan daya DC, TEG 12706 berfungsi sebagai pendingin di satu sisi dan pemanas di sisi lainnya. Namun, ketika suhu yang berbeda diterapkan ke setiap sisi perangkat ini, arus DC akan dihasilkan. Ketika perbedaan suhu meningkat, tegangan dan arus yang dihasilkan juga meningkat. (Kidegho G, Njoka F, Muriithi C, 2021)

Penggunaan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomi tinggi mulai dikembangkan secara besar-besaran. Salah satunya adalah generator termoelektrik. Generator termoelektrik memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan tidak menimbulkan polusi sehingga menjadikannya generator yang



sangat ramah lingkungan. Prinsip dasar generator termoelektrik adalah mengubah perbedaan suhu yang terjadi di lingkungan menjadi energi listrik. Misalnya saja terdapat berbagai perbedaan suhu dalam kehidupan sehari-hari, seperti antara ruangan ber-AC dengan suhu luar, atau antara mesin mobil dengan lingkungan, dan jika dimanfaatkan dengan benar berpotensi menjadi sumber energi baru. (Kidegho G, Njoka F, Muriithi C, 2021)

Generator termoelektrik menggunakan elemen yang disebut Peltier. Elemen Peltier awalnya sering digunakan pada pendingin CPU komputer dan pendingin mini. Namun perkembangannya didasarkan pada penelitian Thomas Johann Seebeck (ada rangkaian tertutup di mana dua logam dihubungkan pada dua titik, dan jika ada perbedaan suhu antara sambungan tersebut maka jarum kompas akan berayun dan timbul listrik). Elemen Peltier kini sering digunakan sebagai generator.

Generator termoelektrik yang menggunakan elemen Peltier berbasis Bi/Sn yang mampu bertahan hingga  $138^{\circ}\text{C}$  dan perbedaan suhu maksimum  $67^{\circ}\text{C}$  memiliki potensi besar sebagai energi terbarukan. Penelitian telah menunjukkan bahwa pada perbedaan suhu antara 296K dan 433K, satu elemen Peltier dapat menghasilkan 10,7 Watt, dan hingga 41 elemen Peltier dalam generator termoelektrik dapat menghasilkan daya 450Watt, yang melebihi kebutuhan daya tempat tinggal manusia.

Termoelektrik merupakan teknologi ramah lingkungan yang dapat secara langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik. TEG adalah perangkat yang dapat secara langsung mengubah panas menjadi energi listrik melalui fenomena yang disebut efek Seebeck. Konversi energi panas menjadi energi listrik dapat dilakukan dengan menghubungkan sumber panas pada satu sisi dan menjaga

suhu tetap rendah di sisi lainnya. Selain itu, ketika beban listrik diterapkan ke dua terminal keluaran, arus mengalir melalui beban.

Energi panas adalah jenis energi dan teknologi yang menggunakan panas dari energi matahari untuk pemanasan dan pembangkit listrik di sektor industri, perumahan, dan komersial. Teknologi STE berbeda dengan teknologi panel fotovoltaik yang mengubah energi foto dari radiasi matahari langsung menjadi tegangan dan arus. Kolektor panas matahari diklasifikasikan oleh Administrasi Informasi Energi Amerika Serikat. sebagai kolektor suhu rendah, suhu menengah, dan suhu tinggi. Kolektor rendah biasanya berupa piringan datar yang berguna untuk memanaskan kolam renang. Kolektor suhu menengah, biasanya juga kolektor pelat datar, digunakan untuk memanaskan air atau udara untuk keperluan sipil dan komersial. Kolektor suhu tinggi saat ini menggunakan cermin atau lensa untuk memusatkan sinar matahari dan biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan termal hingga  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  di industri dan pembangkit listrik.

Penelitian eksperimental dilakukan untuk mengetahui sifat termoelektrik TEG ditinjau dari reversibilitas fungsionalnya, dengan cara mengkaji 3 proses pemanasan dan pendinginan pada masing-masing sisi elemen termoelektrik tipe TEG, dilakukan untuk memperoleh nilai tegangan dan arus dengan pembebanan. menggunakan resistor untuk mengetahui karakteristik elemen. Dan karakterisasi termoelektrik tipe TEG dilakukan untuk mengetahui daya yang dapat disalurkan ke beban. Panaskan elemen termoelektrik hingga  $34,5^{\circ}\text{C}$  di satu sisi dan  $135^{\circ}\text{C}$  di sisi lainnya. Memperoleh daya sebesar  $850 \times 10^{-3}\text{W}$ , tegangan  $1,12\text{V}$  dan arus  $759 \times 10^{-3}\text{A}$ . Disimpulkan bahwa elemen termoelektrik tipe TEG yang memiliki fungsi pendinginan umum dapat digunakan untuk pembangkitan termoelektrik

langsung. Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan hasil yang diperoleh maka peneliti akan mengganti media pendingin TEG yang bertujuan untuk menganalisis daya keluaran TEG melalui energi panas matahari.(Agus Salim AT, 2018)

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang di uraikan di atas, maka permasalahan yang akan dibahas ialah:

1. Berapa tegangan dan arus yang dihasilkan modul TEG dengan dan tanpa pelat baja?
2. Apa pengaruh daya keluaran dan perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) dengan dan tanpa pelat baja?
3. Apa pengaruh penggunaan pelat baja dan tidak penggunaan pelat baja terhadap perubahan suhu ( $\Delta T$ )?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini ialah:

1. Mengukur dan menghitung tegangan dan arus yang dihasilkan modul TEG dengan menggunakan pelat baja dan tanpa pelat baja.
2. Menganalisis pengaruh daya keluaran terhadap perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) dengan dan tanpa pelat baja.
3. Menganalisis pengaruh perubahan suhu ( $\Delta T$ ) dengan dan tanpa pelat baja.

#### **1.4. Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan latar belakang diatas maka batasan permasalahan yang akan diteliti dalam skripsi ini adalah:

1. Analisis alat uji yang dapat digunakan untuk menyerap panas matahari sebagai sumber energi listrik pada modul termoelektrik (TEG). Penggunaan kendaraan bermotor tipe 2.
2. Menganalisis panas matahari yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan modul thermoelectric generator (TEG).
3. Analisis sistematika pemasangan alat uji dengan variasi pelat baja penyangga elemen termal yang dapat digunakan sebagai penghantar panas modul termoelektrik (TEG) dan penentuan transmitansi perbedaan termal pada modul generator termoelektrik (TEG).

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini ialah:

1. memberikan Kontribusi ilmiah terhadap perkembangan ilmu pengetahuan.
2. Bagi penulis dapat menyelesaikan program sarjana di Universitas Daerah Medan
3. menyadarkan masyarakat akan pentingnya perawatan sepeda motor.
4. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Sejarah Perkembangan Termoelektrik

Termoelektrik (*thermoelectric*) adalah suatu fenomena konversi dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya. Fenomena ini telah dikembangkan menjadi menjadi suatu modul sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik atau perangkat pendingin/ pemanas. Modul termoelektrik adalah suatu sirkuit yang terintegrasi dalam bentuk *solid* yang menggunakan tiga prinsip termodinamika yang dikenal sebagai *Seebeck effect*, *Peltier* dan *Thompson*.

Pemanfaatan teori efek *seebeck*, kalor radiasi surya ini bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan arus listrik. Konsep termoelektrik pertama sekali diperkenalkan oleh *T.J. Seebeck* pada tahun 1821. *Seebeck* menunjukkan bahwa medan magnet dapat diproduksi dengan membuat perbedaan panas di antara dua konduktor elektrik yang berbeda.

Tiga belas tahun setelah pememuan dari *seebeck* ditemukan pada tahun 1834 oleh *Jean Peltier*, hasil temuan ini umumnya disebut "*Peltier Cooling*", modul untuk mendinginkan disebut "*Peltier*". Jika dua penghantar dialiri arus listrik, maka pada penghantar tersebut disertai juga aliran panas yang disebut *Joule heating*. *Jean Peltier* menemukan apabila ada dua penghantar dialiri arus listrik maka pertemuan kedua konduktor tersebut mengalami perubahan suhu tergantung dari arah arus, berubah menjadi panas atau sebaliknya menjadi dingin.

Banyak aplikasi lain penggunaan energi termoelektrik yang sedang dikembangkan saat ini, seperti pemanfaatan perbedaan panas di dasar laut dan darat,



atau pemanfaatan panas bumi. Kesulitan terbesar dalam pengembangan energi ini adalah mencari material termoelektrik yang memiliki efisiensi konversi energi yang tinggi. Parameter material termoelektrik dilihat dari besar *figure of merit* suatu material. Idealnya, material termoelektrik memiliki konduktivitas listrik tinggi dan konduktivitas panas yang rendah. Namun kenyataannya sangat sulit mendapatkan material seperti ini, karena umumnya jika konduktivitas listrik suatu material tinggi, konduktivitas panasnya pun tinggi.

**2.2. Defenisi Efek Pada Termoelektrik**

Berikut dasar-dasar prinsip kerja pada Termoelektrik adalah:

2.2.1. Efek *Seebeck*

*Thomas J. Seebeck* merupakan orang pertama yang menemukan fenomena termoelektrik. Apabila dua buah material yang berbeda jenis digabung lalu pada salah satu ujungnya diberi sumber panas maka akan mengalir arus, berikut persamaan rumus pada efek *seebeck*:

Efek *seebeck* merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Jika ada dua bahan yang berbeda yang kemudian kedua ujungnya disambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu *loop*.

$$E_s = \alpha_{pn} (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

- $E_s$  : GGL (Gerak Gaya Listrik) termal *Seebeck* (V)
- $\alpha_{pn}$  : Koefisien *Seebeck* (V/C)
- $T_2$  : Temperatur panas (C)



$T_1$  : Temperatur dingin (C)

Adapun persamaan dasar yang digunakan dalam sistem termoelektrik yaitu persamaan dasar Koefisien *seeback*.

$$\alpha_{pn} = V \times \Delta T \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$\alpha_{pn}$  : Koefisien *Seeback* (V/C)

$V$  : Tegangan yang dihasilkan (V)

$\Delta T$  : Perbedaan temperatur (C)

2.2.2. Efek *Peltier*

Efek *Peltier* adalah kebalikan dari efek *Seebeck* dimana arus listrik akan menghasilkan perbedaan temperatur (panas dan dingin) pada *junction* dari dua material logam yang berbeda. Ditemukan pada tahun 1834 oleh fisikawan Perancis, *Jean Charles Peltier Athanase* berdasarkan inspirasi dari penemuan efek *Seebeck*. Benda tersebut mengalirkan arus listrik melalui rangkaian dua logam yang tidak sejenis dan mendapati penurunan temperatur pada salah satu *junction* sementara pada ujung yang lain mengalami peningkatan temperatur. Persamaan dari efek *Peltier*.

$$Q_c \text{ atau } Q_h = \alpha_{pn} \times T \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$Q_c$  : Panas pada Terminal dingin (W)

$Q_h$  : Panas pada terminal panas (W)

$\alpha_{pn}$  : Koefisien *Seeback* (V/C)

$T$  : Temperatur (C)

$I$  : Arus Listrik (A)

2.2.3. Efek *joule*

Efek *Joule* adalah terjadinya panas akibat dari arus listrik yang mengalir karena GGL pada efek *Seebeck*. Semakin besarnya arus listrik yang mengalir, maka temperatur pada terminal panas termoelektrik akan semakin tinggi. Tinggi dan rendahnya temperatur panas yang terjadi sangat mempengaruhi proses pendinginan pada terminal dingin elemen termoelektrik:

$$Q = I \times 2R \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

Q = Panas *Joule* (W)

I = *Elecktrik Curret* (A)

R = Hambatan (Ohm)

2.2.4. Efek *Thomson*

Efek *Thomson* ditemukan oleh *William Thomson* (1854). Efek *Thomson* menjelaskan bahwa setiap konduktor pembawa arus dengan perbedaan temperatur didua titik baik menyerap maupun melepas panas tergantung pada bahan termoelektrik. Bahan yang memiliki konduktivitas rendah akan berdampak kepada konsumsi listrik yang besar pada proses pendinginan karena waktu yang dibutuhkan dalam proses pendinginan semakin lama.

$$Q_t = \tau \times I \times \frac{dt}{dx} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

Q<sub>t</sub> = Panas *Thomson* (W/m)

τ = *Khoefisien Thomson* (V/C)

$\frac{dt}{dx}$  = Gradient Temperatur Pada Semikonduktor

2.2.5. Efek Konduksi

Efek konduksi panas terjadi saat salah satu ujung jembatan termokopel dipertahankan pada temperatur yang lebih tinggi dari ujung lainnya, maka terjadi aliran panas keujung yang temperaturnya lebih rendah. Efek konduksi pada termoelektrik ini bersifat tidak dapat balik.

$$Q_c = U (T_1 - T_0) \dots \dots \dots (2.6)$$

$Q_c$  = Laju Aliran Panas ( $w/m^2$ )

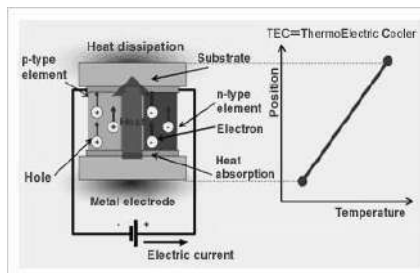
$U$  = Koefisien Konduksi *Thermal* Kedua *Junction* ( $w/m^2K$ )

$T_1$  = Temperatur Permukaan Panas (K)

$T_0$  = Temperatur Permukaan Dingin (K)

2.3. Prinsip Kerja Termoelektrik

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan efek *seebeck* yaitu “Jika dua logam yang berbeda dengan disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung satu dengan yang lain”. Termoelektrik adalah yang menyerap panas di dalam kotak pendingin melalui terminal dingin dan dibuang pada terminal panas elemen termoelektrik. Untuk lebih jelasnya kita dapat melihat gambar 2.1. di bawah ini dalam mengetahui prinsip kerja Termoelektrik.(Liu C, Chen P, 2014)



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Termoelektrik

Penyerapan dan pembuangan panas terjadi akibat arus listrik DC yang mengalir ke beberapa pasang sel semi konduktor tipe-p (energi rendah) dan tipe-n (energi tinggi)(Agus Salim AT, 2018). Perpindahan elektron dari energi tinggi menuju energi rendah dapat dilihat pada gambar perbedaan temperatur pada sisi terminal dingin dan terminal panas elemen termoelektrik terjadi akibat pergerakan elektron yang mengalir dari semikonduktor pada tipe-p yang kekurangan energi dengan menyerap kalor untuk menambah energi pada sisi dingin. Pergerakan elektron ditunjukkan dengan mengalirnya elektron ketipe-n. Ketika semikonduktor tipe-n kelebihan elektron, maka elektron akan dibuang ke udara lingkungan dalam bentuk panas dan selanjutnya bergerak ke semikonduktor tipe-p begitulah seterusnya.

Jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin dan dilepas pada sisi panas bergantung pada koefisien termoelektrik dan arus listrik yang digunakan. Pada saat dioperasikan jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin akan berkurang dikarenakan dua faktor, yaitu kalor yang terbentuk pada material semi konduktor dikarenakan perbedaan temperatur antara sisi dingin dan sisi panas elemen (*conducted heat*) dan *joule heat* yang nilainya akan sama dengan kuadrat dari arus listrik yang digunakan. jumlah kalor yang diserap pada sisi dingin dan dilepas pada sisi panas bergantung pada koefisien termoelektrik dan arus listrik yang digunakan.

Terminal panas elemen termoelektrik terjadi akibat pergerakan elektron yang mengalir dari semikonduktor pada tipe-p yang kekurangan energi dengan menyerap kalor untuk menambah energipada sisi dingin Sehingga pada kondisi apapun kesetimbangan termal yang terjadi karena efek *peltier* pada sisi dingin akan sama dengan jumlah kalor yang terbentuk pada semikonduktor (Agus Salim AT,

2018). Berikut ini tiga sifat pada termoelektrik yang sangat berpengaruh pada sistem pada termoelektrik:

1. Konduktivitas listrik yang tinggi agar dapat meminimalkan *joule heating* saat termoelektrik dioperasikan.
2. Koefisien *Seebeck* yang besar untuk perubahan maksimal dari panas ke daya listrik atau daya listrik ke kinerja dingin.
3. Konduktivitas panas yang rendah untuk mencegah konduksi panas melalui bahan.

**2.4. Daya Listrik**

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/ rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Contoh Lampu Pijar dan *Heater* (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan *Heater* mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsinya. Daya listrik merupakan faktor yang sangat berpengaruh besar terhadap nilai efisiensi sistem pendinginan. Besarnya daya listrik yang digunakan dapat diketahui dengan mengukur arus dan tegangan saat elemen termoelektrik bekerja berikut rumus rumus tentang listrik.(Agus Salim AT, 2018)

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.7)$$

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots(2.8)$$

R = Hambatan (ohm)

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.9)$$

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2.10)$$

## 2.5. Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor merupakan kalor yang dapat berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut.

### 2.5.1. Perpindahan kalor konduksi

Perpindahan kalor konduksi adalah perpindahan langsung panas yang di hasilkan dari sentuhan langsung antara permukaan dengan permukaan benda yang lain. Dalam perpindahan panas konduksi, nilai pada konduktivitas *thermal* setiap benda sangat mempengaruhi kemampuan mengalirkan panas yang di alirkan dari sisi yang panas ke sisi yang dingin (Saputra DI, n.d.). Semakin tinggi nilai konduktivitas *thermal* pada suatu benda, semakin cepat mengalirnya panas dari satu benda ke sisi yang lain. Dapat dilihat pada gambar 2.2.





Gambar 2.2. Perpindahan Kalor Konduksi

Konsep yang ada pada konduksi merupakan suatu aktivitas *atomik* dan *molekuler*. Sehingga peristiwa yang terjadi pada konduksi adalah perpindahan energi dari partikel yang lebih energitik (molekul yang lebih berenergi atau bertemperatur tinggi) menuju partikel yang kurang energitik (molekul yang kurang berenergi atau bertemperatur lebih rendah), Akibat adanya interaksi antara partikel-partikel tersebut. (Sri Poernomo Sari, Depi Kurniawan Saputra, 2019)

$$q_{kond} = - kA \times \frac{\Delta T}{L} \dots\dots\dots(2.11)$$

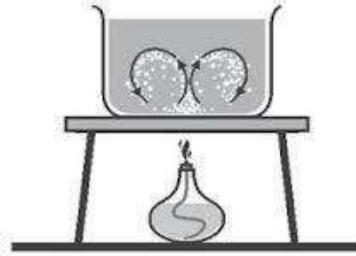
- $q_{kond}$  = Laju Perpindahan Panas Konduksi (W)
- $k$  = Konduksi *Thermal* (W/mK)
- $A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )
- $\Delta T$  = Perbedaan Temperatur (K)
- $L$  = Tebal Bahan Material

Tanda (-) diselipkan agar memenuhi hukum Thermodinamika II, yang menyebutkan bahwa, panas dari media bertemperatur lebih tinggi akan bergerak menuju media yang bertemperatur lebih rendah.

2.5.2. Perpindahan panas konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi pada permukaan media fluida atau permukaan media padat yang diam menuju yang

mengalir atau bergerak, begitu pula sebaliknya yang terjadi akibat perbedaan temperatur. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Perpindahan Kalor Konveksi

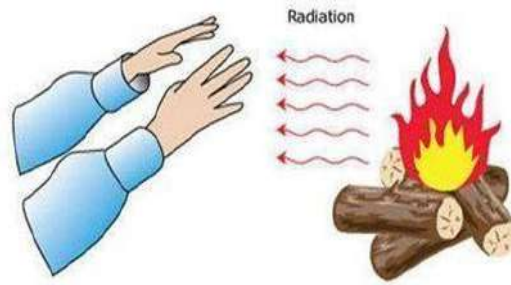
Sebagai contoh apabila ada kalor bertemperatur tinggi, maka kalor yang dimiliki oleh molekul tersebut naik ke atas karena massa jenisnya menjadi ringan. Sedangkan konveksi paksa adalah perpindahan kalor karena ada bantuan dari luar bias berupa angin, alat agar dapat kalor tadi dapat berpindah secara paksa.

$$q_{konv} = hA (T_s - T_{\infty}) \dots \dots \dots (2.11)$$

- $q_{konv}$  = kalor (W)
- $A$  = luas permukaan konveksi ( $m^2$ )
- $T_s$  = temperatur permukaan material (K)
- $T_{\infty}$  = temperatur udara sekitar (K)
- $H$  = koefisien perpindahan kalor konveksi ( $W/m^2K$ )

2.5.3. Perpindahan panas radiasi

Perpindahan panas radiasi dapat dikatakan sebagai proses perpindahan panas dari satu media ke media lain akibat perbedaan temperatur tanpa memerlukan media perantara. Dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Perpindahan kalor radiasi

Pancaran dari kalor hanya terjadi apabila dalam gas atau diruang hampa, kalor diradiasikan dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Karena adanya tumpukan energi termal pada semua benda dengan suhu diatas nol mutlak karena atom dan molekul terdiri dari partikel bermuatan menyebabkan pelepasan energi yang membawa energi.

$$q_{\text{rad}} = \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

- $q_{\text{rad}}$  = laju perpindahan panas radiasi (W)
- $A$  = luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ )
- $T_2$  = temperatur panas (K)
- $T_1$  = temperatur dingin (K)
- $\sigma$  = konstanta *boltzman* ( $5,669.10^{-8}\text{W}/\text{m}^2\text{K}^{-4}$ )

**2.6. Modul Termoelektrik**

Modul termoelektrik yang berbasis *bismut telluride* biasanya digunakan untuk pendinginan dengan arus searah sebagai *input*. Modul termoelektrik yang sama tetapi tujuannya berlawanan, yaitu *inputnya* bukan arus searah tetapi energi panas dan dapat menghasilkan energi listrik.

Setiap modul termoelektrik yang digunakan dalam aplikasi *refrigerasi* memiliki beberapa karakteristik parameter yang digunakan untuk menentukan beberapa pemilihan modul yang lebih akurat di antara banyak opsi-opsi modul yang tersedia. Berikut ini adalah beberapa parameter yang menjadi dasar pemilihan modul termoelektrik:

1. Perbedaan suhu antara sisi panas dan dingin saat modul beroperasi
2. Panas yang akan diserap oleh sisi pendingin modul
3. Arus listrik yang digunakan oleh modul
4. Daya listrik yang digunakan oleh modul
5. Suhu maksimum dan minimum dari lingkungan pengoperasian modul

## 2.7. Plat Baja

Baja merupakan elemen penting dalam dunia konstruksi. Berbagai jenis dan bentuk yang dapat digunakan sehingga sekarang. Baja yang sering digunakan dalam bidang konstruksi adalah baja *carbon steel*. Konstruksi baja sendiri sekarang sering dijumpai, salah satunya yaitu pada konstruksi mobil, persenjataan, pelabuhan bongkar muat kapal dan alat perkakas lainnya seperti konstruksi industri. Baja paduan rendah kekuatan tinggi (*High Strength Low Alloy Steel*) telah banyak dipergunakan untuk berbagai aplikasi antara lain: konstruksi, pipa saluran minyak dan gas, bejana bertekanan dan otomotif. Pada saat proses pabrikasi, material ini seringkali mengalami proses laku panas yang dapat mengakibatkan perubahan sifat mekanik. (Trenggono A, 2016)

Baja Karbon Rendah diproduksi dalam jumlah terbanyak dan umumnya mengandung  $>0,25\%$  unsur karbon dan tidak respon terhadap perlakuan panas

untuk membentuk *martensit*, pengerasannya dilakukan dengan pengerjaan dingin. Struktur mikronya terdiri dari *ferit* dan *perlit* yang konsekuensinya relatif lunak dan tidak kuat, tetapi ke uletan dan ketangguhannya yang baik. Selain mampu dikerjakan dengan mesin, mampu lasnya baik dibandingkan dengan jenis baja lainnya, dan biaya produksinya juga paling murah. Penggunaan khusus termasuk untuk kontruksi bodi mobil, bentuk-bentuk sekrup (*profil I*, *kanal*, dan baja bersudut/ siku), dan lembaran digunakan untuk pipa-pipa, bangunan, jembatan, dan kaleng timah putih.

Baja Karbon rendah dengan kekuatan tinggi (*high strength low carbon steel*) ditunjukkan dengan tambahan paduan selain C dan Mn, yaitu Si, Cu, V, N, Nb, dan Al. Kekuatan luluh (*yield strength*) untuk baja karbon rendah dengan rentang antara 180 dan 260 MPa, dan untuk baja karbon rendah dengan kekuatan tinggi dengan rentang antara 290 dan 552 Mpa, menunjukkan peningkatan nilai kekuatan luluhnya sekitar satu setengah sampai dua kali lipat. (Gide A., 1967)

Plat baja yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis baja st 37 dengan ketebalan  $1 \times 10^{-3}$  m mempunyai nilai konduktifitas termal  $43 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$  yang diletakan diatas *peltier* saat melakukan perbandingan.

## 2.8. Energi Matahari

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Energi surya adalah sangat luar biasa karena tidak bersifat *polutif*, tidak dapat habis, dapat dipercaya dan tidak membeli. Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Istilah



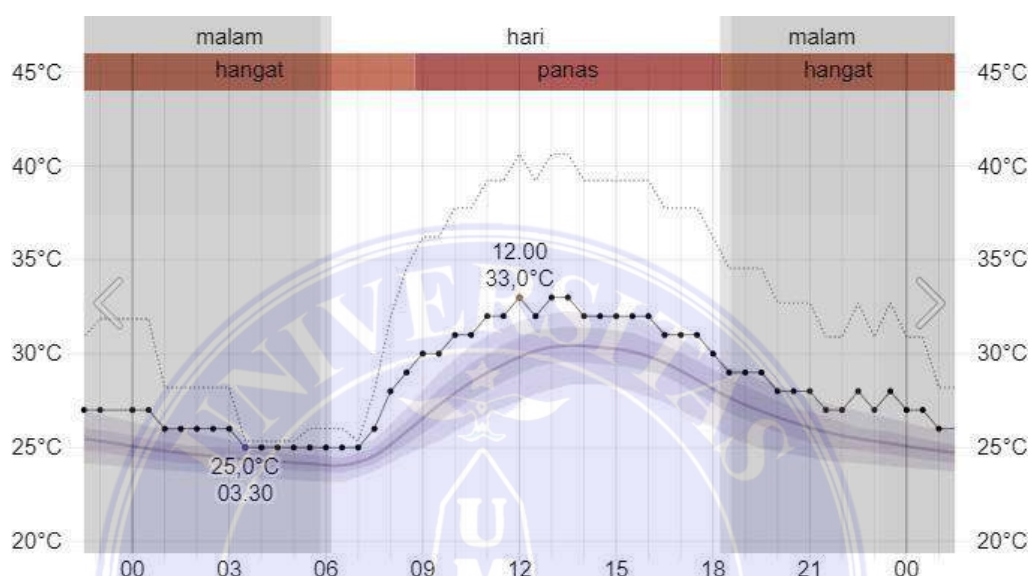
“tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan kita.

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30% energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23% digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25% ditampung angin, gelombang dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025% disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batu bara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun) yang saat ini digunakan secara *ekstensif* dan *eksploratif* bukan hanya untuk bahan bakar tetapi juga untuk bahan pembuat plastik, formika, bahan sintesis lainnya. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara yang berlainan bahan bakar minyak adalah hasil fotosintesis, tenaga hidro elektrik adalah hasil sirkulasi hujan tenaga angin adalah hasil perbedaan suhu antar daerah dan sel surya (sel *fotovoltaik*) yang menjanjikan masa depan yang cerah sebagai sumber energi listrik.(Manan S, 2009)



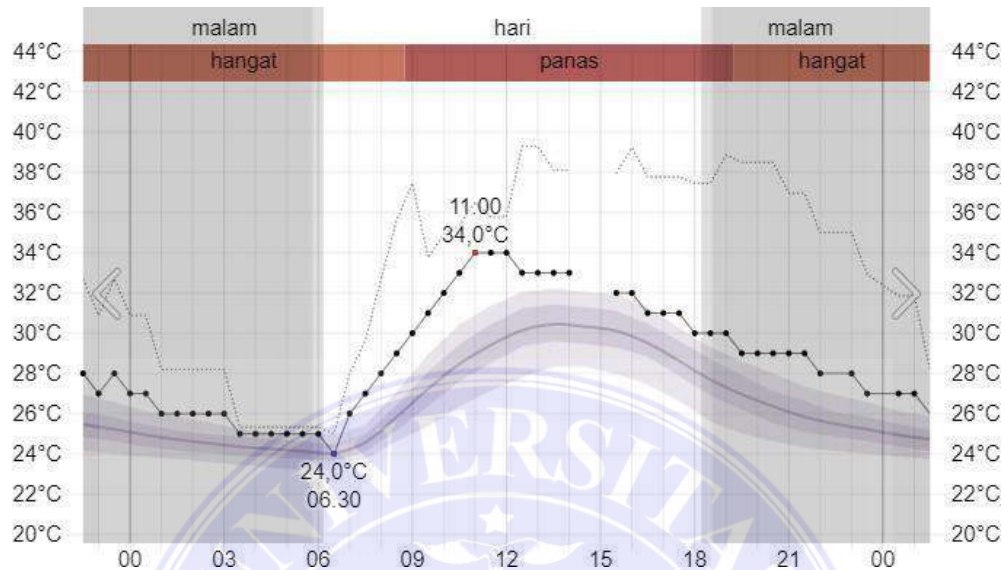
## 2.9. Perkiraan Cuaca Bulan Oktober 2021 Sumatera Utara

Adapun perkiraan suhu cuaca di kota medan di bulan oktober 2021 sebagaimana data tersebut di ambil dari web *weatherspark*. Berikut gambar 2.5 perkiraan suhu kota medan pada hari rabu tanggal 13 oktober2021.(Weather spark, 2021)



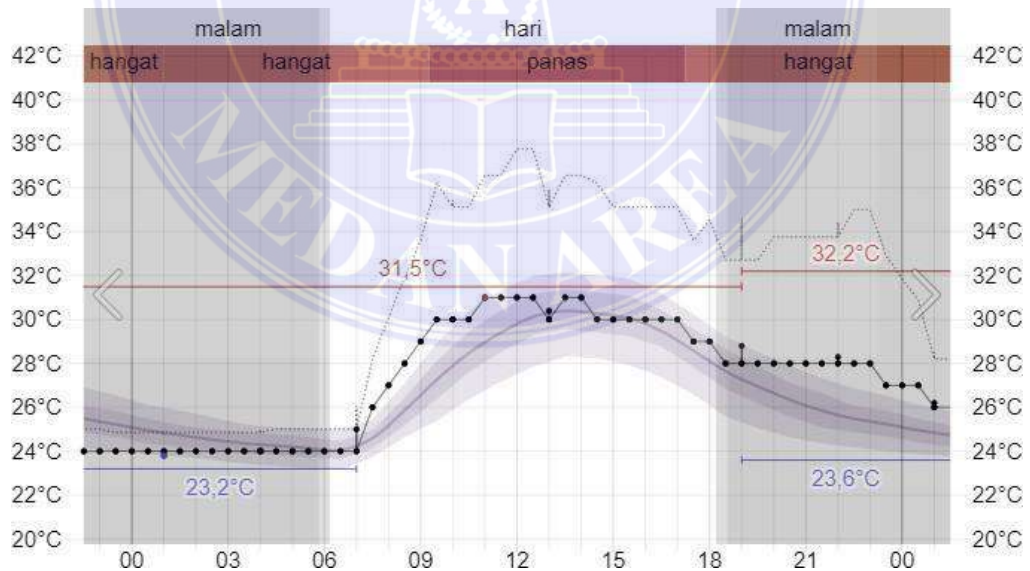
Gambar 2.5. Perkiraan suhu rabu 13 oktober 2021

Berikut gambar 2.6 perkiraan suhu kota medan pada hari Kamis tanggal 14 oktober 2021. (Weather spark, 2021)



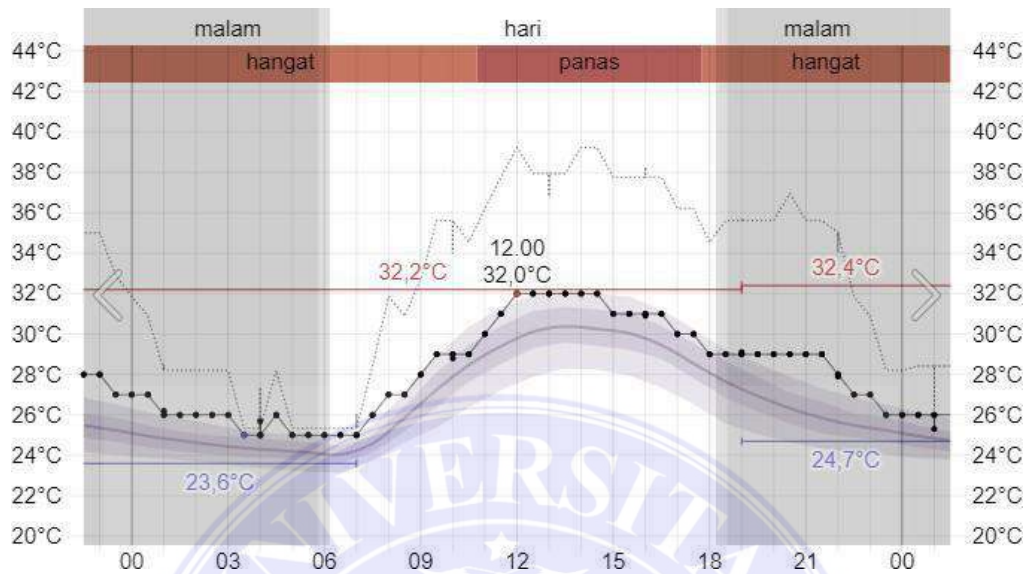
Gambar 2.6. Perkiraan suhu Kamis 14 oktober 2021

Berikut gambar 2.7. Perkiraan suhu kota medan pada hari Jumat tanggal 15 oktober 2021. (Weather spark, 2021)



Gambar 2.7. Perkiraan suhu Jumat 15 oktober 2021

Berikut gambar 2.8. Perkiraan suhu kota medan pada hari Sabtu tanggal 16 oktober 2021.(Weather spark, 2021)



Gambar 2.8. Perkiraan suhu Sabtu 16 oktober 2021

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1. Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pegesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama waktu yang akan ditentukan. Waktu kegiatan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Waktu Penelitian

No	Kegiatan	2023			
		Bulan I	Bulan II	Bulan III	Bulan IV
1	Studi Literatur	■			
2	Perancangan Alat		■		
3	Penyusunan Proposal		■		
4	Seminar Proposal			■	
5	Pengujian Alat			■	
6	Pengumpulan Data				■
7	Analisa				■
8	Laporan Penelitian				■
9	Seminar Hasil				■
10	Perbaikan				■
11	Ujian Sidang				■

##### 3.1.2. Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kampus Teknik Mesin Universitas Medan Area di Jl. Kolam No. 1 Medan.

### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.2.1. Bahan

##### 1. Tempat Dudukan Bawah

Tempat duduk bawah adalah benda yang menopang galon air pada saat waktu penelitian. Tempat duduk dapat dilihat pada gambar 3.1. sebagai berikut:

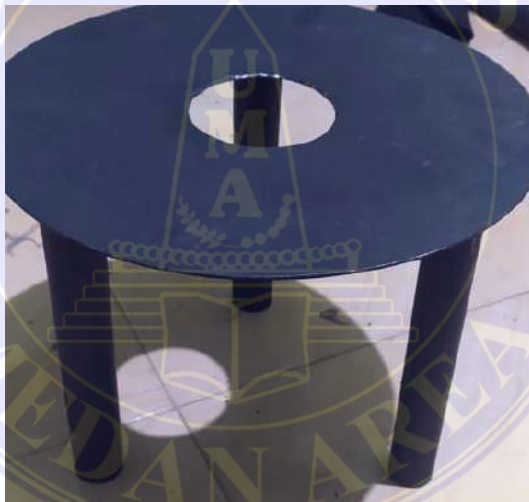
Bahan Material : Plat Baja dan Pipa Besi

Diameter luar :  $200 \times 10^{-3} \text{m}$

Diameter dalam :  $65 \times 10^{-3} \text{m}$

Ketinggian tiang :  $100 \times 10^{-3} \text{m}$

Diameter tiang :  $10 \times 10^{-3} \text{m}$



Gambar 3.1. Tempat Dudukan

##### 2. Kaca Pembesar

Kaca pembesar adalah benda digunakan untuk mengfokuskan panas matahari ke peltier TEG. Kaca Pembesar dapat di lihat pada gambar 3.2. sebagai berikut:

Diameter kaca :  $100 \times 10^{-3} \text{m}$

Diameter luar :  $1 \times 10^{-3} \text{m}$

Panjang tuas :  $95 \times 10^{-3} \text{m}$



Diameter tuas :  $20 \times 10^{-3}\text{m}$



Gambar 3.2. Kaca Pembesar

3. *Peltier* TEG SP-1848

*Peltier* TEG adalah komponenn listrik sebagai pembangkit listrik. Pada penelitian ini, peneliti merancang pembangkit listrik menggunakan *peltier* sebanyak 6 buah. *Peltier* TEG SP-1848 dapat dilihat pada gambar 3.3. sebagai berikut:

Panjang :  $40 \times 10^{-3}\text{m}$

Lebar :  $40 \times 10^{-3}\text{m}$

Tebal :  $4 \times 10^{-3}\text{m}$



Gambar 3.3. *Paltiel* TEG

Bahan Material : Keramik *Hot Side*

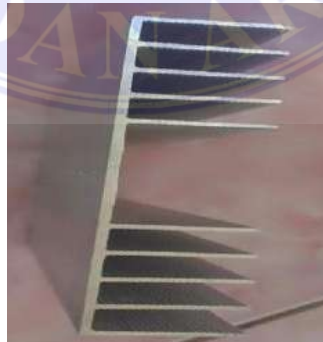


Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	: $27^{\circ}\text{C}$ - $50^{\circ}\text{C}$
$\Delta T_{\text{max}}$	: $62.0$ - $70.6^{\circ}\text{C}$ -dry $\text{N}_2$
$Q_{\text{max}}$	: $21.3$ - $23.6$ Watts
$I_{\text{max}}$	: $9.36$ - $9.24$ A
$V_{\text{max}}$	: $3.48$ - $3.88$ V
<i>AC Resistance</i>	: $323 \times 10^{-3}$ Ohm

#### 4. *Heatsing*

*Heatsing* adalah benda yang memperluas *transfer* panas dari komponen lain dan sebagai elemen pendingin. Pada penelitian ini, benda tersebut diletakkan berhubungan dengan air. *Heatsing* dapat dilihat pada gambar 3.4. sebagai berikut:

Bahan Material	: Aluminium
Jumlah sirip	: 10
Panjang	: $120 \times 10^{-3}\text{m}$
Lebar	: $97 \times 10^{-3}\text{m}$
Tinggi	: $2 \times 10^{-3}\text{m}$
Ketebalan Sirip	: $1 \times 10^{-3}\text{m}$

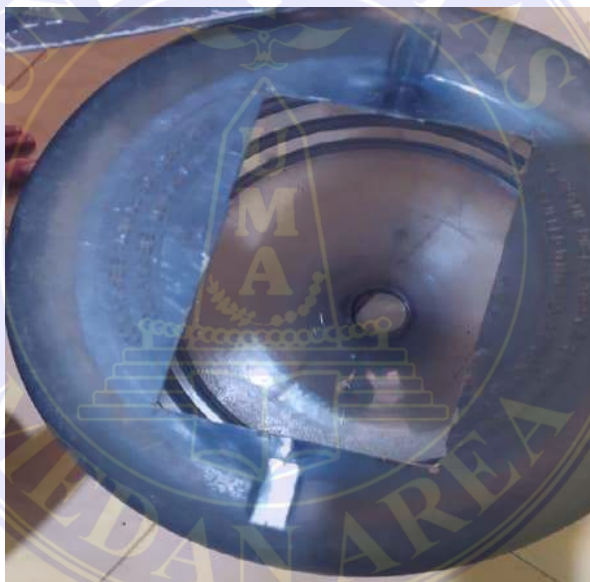


Gambar 3.4. *Heatsing*

5. Galon air

Galon air adalah wadah air yang biasa dipakai sehari-hari bagi manusia. Pada penelitian ini, digunakan untuk wadah air sebagai elemen pendinginan. Galon air dapat dilihat pada gambar 3.5. sebagai berikut:

Bahan material	: Plastik
Volume Galon	: 19 liter
Panjang	: $515 \times 10^{-3}\text{m}$
Diameter luar	: $276 \times 10^{-3}\text{m}$
Diameter dalam	: $56 \times 10^{-3}\text{m}$



Gambar 3.5. Galon Air

6. Plat Baja

Plat baja adalah bahan material logam dengan karbon rendah, plat ini digunakan untuk perbandingan penghantar panas konduksi pada penelitian ini. Plat baj dapat dilihat pada gambar 3.6. sebagai berikut:

Panjang	: $160 \times 10^{-3}\text{m}$
Lebar	: $120 \times 10^{-3}\text{m}$

Tebal :  $1 \times 10^{-3} \text{m}$

Nilai Konduktivitas *Thermal* :  $41 \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$



Gambar 3.6. Plat Baja

### 3.2.2. Alat

#### 1. *Thermogun*

*Thermogun* adalah salah satu jenis termometer inframerah untuk mengukur temperatur suhu. Alat ini dipakai pada penelitian ini mengukur suhu pada sekitaran benda *peltier* TEG. *Thermogun* dapat dilihat pada gambar 3.7. sebagai berikut:



Gambar 3.7. *Thermogun*

Jarak pengukuran :  $1-2 \times 10^{-3} \text{m}$

- Rentang pengukuran : 50- 550°C (-58 - 1022° F)
- Akurasi pengukuran : 0°C or > 25° C
- Resolusi : 0,1 ° C 0,1 ° F
- Shutdown otomatis : 20 detik
- Memori data : 32 grup
- Suhu pengoperasian : 0 ° C -50 ° C
- Catu daya : DC 1.5V 2 baterai AAA tidak termasuk
- Unit tampilan : ° F / ° C
- Ukuran produk : 1508343 x10<sup>-3</sup>m

## 2. Multitester

Multitester adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tegangan listrik, resistansi, dan arus listrik. Pada penelitian ini, multiseter mengukur tegangan dan arus pada peltier. Multitester dapat di lihat pada gambar 3.8. sebagai berikut:



Gambar 3.8. Multitester

- Rentang pengukuran : 400m/4/40/400/600V.

Akurasi terbaik :  $\pm(0.7\%+3)$

Resolusi : 0.1mV.

*Impedansi Masukan* : DCV: 10M~100M $\Omega$ , ACV: 10M~11M $\Omega$

### 3. *Thermometer Aquarium*

*Termometer aquarium* adalah alat untuk mengukur suhu air. Gambar 3.9.

ini dipakai penelitian pada saat mengukur suhu air mineral dan air es.



Gambar 3.9. *Thermometer Aquarium*

Kisaran suhu : -50~ +70C

Resolusi tampilan suhu : 0.1 0.2

Akurasi pengukuran suhu : 1C

Power : dua tombol LR44 bertenaga baterai

### 4. Solder

Solder adalah alat bantu dalam merakit atau membongkar rangkaian elektronika dan kabel. Solder dapat dilihat pada gambar 3.10. sebagai berikut:





Gambar 3.10. Solder

<i>Input</i>	: AC 220V
<i>Power</i>	: 40 Watt
Berat Bersih	: $102 \times 10^{-3}$ kg
Panjang	: $23 \times 10^{-2}$ m
Diameter	: $3 \times 10^{-2}$ m

#### 5. Kawat Timah

Kawat timah adalah alat untuk menyambungkan antara dua buah komponen perekat dan kabel. Kawat Timah dapat dilihat pada gambar 3.11. sebagai berikut:



Gambar 3.11. Kawat Timah

Bahan material : timah



Diameter :  $8 \times 10^{-3} \text{m}$

*Alloy* : 60/40

*Size* : 5m-10m

### 3.3. Metode Penelitian ANOVA

Analisis of Varians (ANOVA) adalah teknik analisis statistik yang dikembangkan dan diperkenalkan pertama kali oleh Sir R. A Fisher. ANOVA dapat juga dipahami sebagai perluasan dari uji-t sehingga penggunaannya tidak terbatas pada pengujian perbedaan dua buah rata-rata populasi, namun dapat juga untuk menguji perbedaan tiga buah rata-rata populasi atau lebih sekaligus.

Jenis ANOVA yang di gunakan yaitu ANOVA dua Variabel/jalur. ANOVA dua jalur yaitu pengujian ANOVA yang didasarkan pada pengamatan 2 kriteria. Setiap kriteria dalam pengujian ANOVA mempunyai level. Tujuan dan pengujian ANOVA dua jalur ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dan berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan. Dengan menggunakan teknik ANOVA dua jalur ini kita dapat membandingkan beberapa rata-rata yang berasal dari beberapa kategori atau kelompok untuk satu variable perlakuan. Bagaimanapun, keuntungan teknik analisis varian ini adalah memungkinkan untuk memperluas analisis pada situasi dimana hal-hal yang sedang diukur dipengaruhi oleh dua atau lebih variable.

### 3.4. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penulisan penelitian ini adalah menggunakan alat rancangan berupa pembangkit listrik termoelektrik skala model. Sampel dalam penelitian ini dapat kita lihat pada tabel 3.2. di bawah ini.

Tabel 3.2. Sampel Penelitian

No	Waktu (S)	Suhu Teg (T)°C	Suhu Air (T)°C	$\Delta T^{\circ}\text{C}$	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	300						
2	600						
3	900						
4	1200						
5	1500						
6	1800						
7	2100						
8	2400						
9	2700						
10	3000						
11	3300						
12	3600						

### 3.5. Prosedur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi 4 tahap untuk mendapatkan data yang akurat dan logis. Adapun tahapan prosedur sebagai berikut:

1. Persiapan

Alat dan bahan telah dipersiapkan untuk melaksanakan percobaan dan pengambilan data.

2. Melakukan Pengoperasian

a. Menyusun dan merangkai susunan seri pada komponen *Peltier* dan *heatsing*

b. Mengisi air pada wadah gallon

c. Meletakkan komponen yang sudah tersusun dengan tempat yang sudah disesuaikan

d. Menambahkan komponen tambahan kaca pembesar untuk meningkatkan kualitas dari suhu panas matahari

3. Pengambilan Data

a. Mencatat data data hasil pengukuran tegangan setiap perbedaan variabel per 300s.

b. Mencatat data data hasil pengukuran arus setiap perbedaan variabel per 300s.

c. Mencatat data data hasil pengukuran setiap variabel perbedaan suhunya.

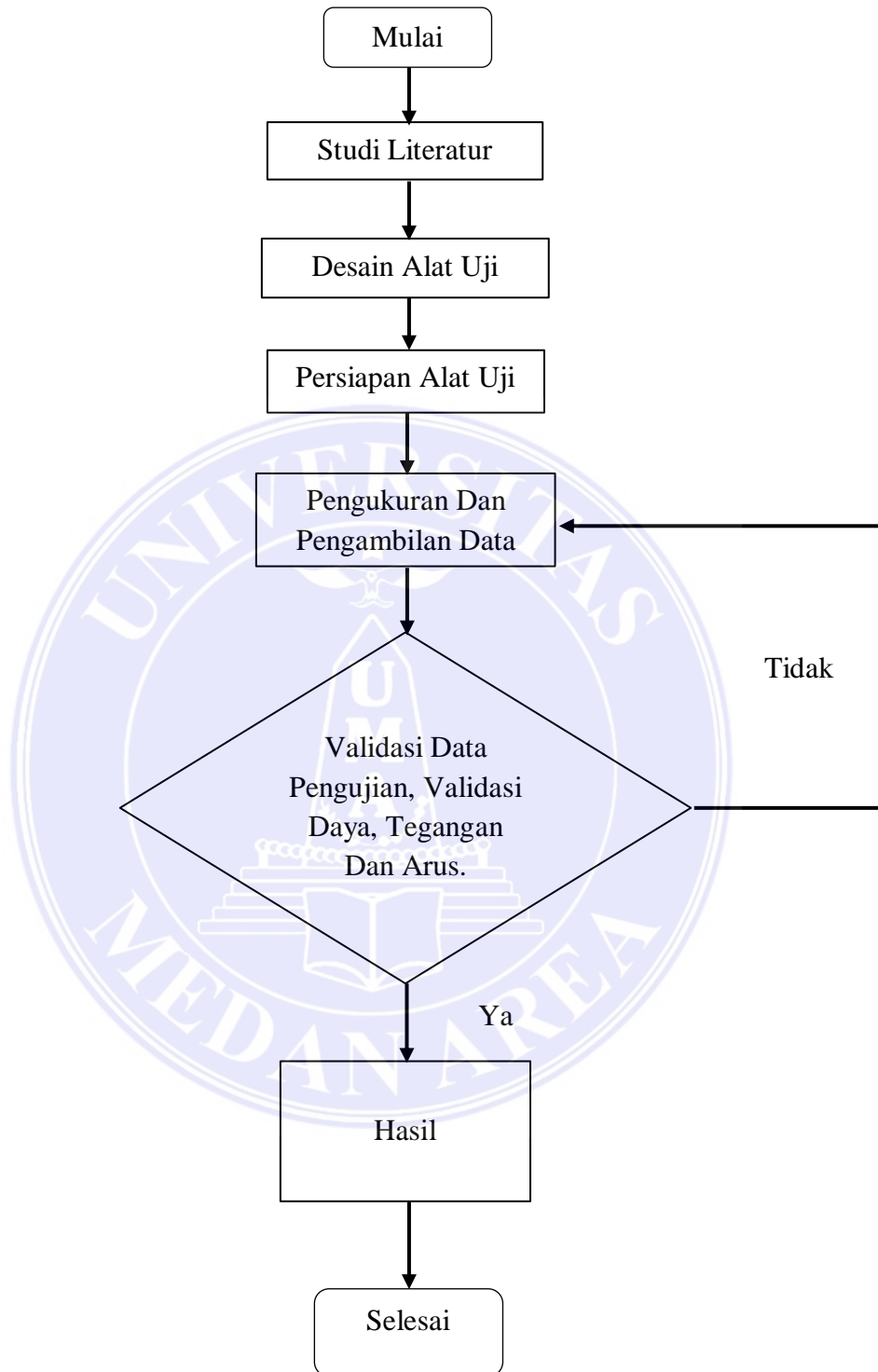
4. Pengumpulan Data dan Menvalidasi Data.

Langkah ini melakukan pengumpulan data yang pengoperasian di microsoft excel, membuat diagram garis dan setelah itu menvalidasikan data dengan persamaan dasar yang ada di tinjauan pustaka.

5. Menghentikan Pengoperasian

Langkah ini melakukan pemberhentian operasi penelitian, menyusun dan merapikan semua peralatan dan bahan yang di uji. Jika hasil penelitian tidak *valid* dan tidak mencapai batas kapasitas, maka penelitian akan di lanjutkan di jam yang tepat pada di terik hari maupun hari besoknya.

### 3.5.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.12. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan perancangan, hasil uji coba dan hasil perhitungan yang dilakukan didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari tegangan dan arus yang dilakukan percobaan penelitian sebagai berikut :
  - a. Hasil rata - rata Tegangan output tanpa menggunakan plat baja adalah 0,17 V
  - b. Hasil rata - Tegangan output menggunakan plat baja adalah 0,31 V
  - c. Hasil rata- rata Arus *output* tanpa menggunakan plat baja adalah 0,008042
  - d. Hasil rata-rata Arus *output* menggunakan plat baja adalah 0,00958 A.
2. Pengaruh perubahan temperatur terhadap daya *output* hasil dari perhitungan rumus koefisien seback adalah 0.04 V/C
3. Pengaruh perubahan temperatur tanpa menggunakan plat baja adalah 10.1% dan menggunakan plat baja adalah 15.12 %

#### 5.2. Saran

Berdasarkan perancangan, hasil uji coba dan hasil perhitungan yang dilakukan dikarenakan hasil *output* tidak tercapai sesuai dengan maka didapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Perancangan dan penelitian selanjutnya harus dilakukan penambahan pada peltier



2. Perancangan dan penelitian selanjutnya menggunakan suhu yang tinggi agar *output* yang di hasilkan besar.
3. Perancangan dan penelitian selanjutnya menggunakan dua heatsing di tempat yang sama.



## DAFTAR PUSTAKA

- Kidegho G, Njoka F, Muriithi C, Kinyua R. *Evaluation of thermal interface materials in mediating PV cell temperature mismatch in PV-TEG power generation.* *Energy Reports* 2021;7:1636–50. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.03.015>.
- Agus Salim AT, Indarto B. *Studi Eksperimental Karakterisasi Elemen Termoelektrik Peltier Tipe TEC.* *JEECAE (Journal Electr Electron Control Automot Eng* 2018;3:179–82. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v3i1.211>.
- Liu C, Chen P, Li K. *A 500 W low-temperature thermoelectric generator: Design and experimental study.* *Int J Hydrogen Energy* 2014;39:15497–505. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2014.07.163>.
- Saputra DI, Aziz A. *Analisa Perpindahan Panas Kotak Pemanas Dan Pendingin Yang Menggunakan Modul Termoelektrik Sebagai Sumber Kalor.* *J Sains Dan Teknol* 2019;18:32. <https://doi.org/10.31258/jst.v18.n1.p32-37>.
- Sri Poernomo Sari, Depi Kurniawan Saputra, Donawan. *Analisis Energi Listrik Dari Panas Kondensor Air Conditioner Dengan Insulasi Dan Generator Termoelektrik.* *J ASIIMETRIK J Ilm Rekayasa Inov* 2019;1:65–72. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v1i2.822>.
- Trenggono A, Alfirano A. *Efek Parameter Laku Panas Terhadap Sifat Mekanis Baja Paduan Rendah Kekuatan Tinggi.* *Tek J Sains Dan Teknol* 2016;12:43. <https://doi.org/10.36055/tjst.v12i1.6615>.
- Gide A. *Pengaruh proses heat treatment terhadap kekuatan dan struktur mikro baja karbon rendah.* *Angew Chemie Int Ed* 6(11), 951–952 1967;65:5–24.
- Manan S. *Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Effisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia.* *Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indones* 2009;87:31–5.
- Riwayat Cuaca Kota Medan 13 Oktober 2021 (Indonesia) - Weather Spark.*  
(2021). Weatherspark.com.  
<https://id.weatherspark.com/h/d/112741/2021/10/13/Cuaca-Historis-selama-Rabu-13-Oktober-2021-di-Kota-Medan-Indonesia#Figures-Temperature>
- Dr. Sandu Siyoto, SKM., *Dasar Metode Penelitian*; Editor; Ayup- Cetakan 1- Yogyakarta :Literasi Media Publishing, Juni 2015 VII+130; 14x 20cm.