

ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TERMOELEKTRIK GENERATOR DIRADIASI OLEH PANAS MATAHARI

SKRIPSI

OLEH:

FELIX A, SIGALINGGING

NPM. 178130063



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/6/22

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

Access From (repository.uma.ac.id)9/6/22

ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TERMOELEKTRIK GENERATOR DIRADIASI OLEH PANAS MATAHARI

SKRIPSI

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

Oleh:

FELIX A. SIGALINGGING

NPM. 178130063

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

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 9/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)9/6/22

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRPISI

Judul Skripsi : Analisis Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator
Diradiasi Oleh Panas Matahari

Nama Mahasiswa : Felix A. Sigalingging
NIM : 178130063
Bidang Keahlian : Konversi Energi
Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Muhammad Idris, ST, MT.)
NIDN : 0106058104

(Indra Hermawan, ST, MT.)
NIDN : 0114048001



(Muhammad Idris, S.Kom, M.Kom)
NIDN : 0106058104



(Muhammad Idris, ST, MT.)
NIDN : 0106058104

Tanggal Lulus : 20 Januari 2022

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 penulis skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah di tuliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

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

Medan, 08 Februari 2022



(Felix A. Sigalingging)

(178130063)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Felix A. Sigalingging
NPM	: 178130063
Fakultas	: TEKNIK
Program Studi	: TEKNIK MESIN
Jenis Karya	: Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non- Exclusive Royalty Free Rights*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Pembangkit Energi Listrik Termoelektrik Generator Diradiasi Oleh Panas Matahari. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan , mengalih mediakan / formatkan, mengelola dan bentuk perangkat data (*database*),merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencatumkan nama saya sebagai penulis sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta

Medan, 08 Februari 2022

Yang Menyatakan



(Felix A. Sigalingging)
(178130063)

ABSTRAK

Pemanfaatan Energi terbarukan yaitu Energi Panas Matahari (*Solar Cell*) yang dipakai berbagai manfaat mulai dari solar cell, pencahayaan tenaga surya, pemanas ruangan cahaya, dan juga pemanfaatan pada termoelektrik. Di penelitian ini pemanfaatan energi panas matahari yaitu sumber panas. Pengertian termoelektrik adalah suatu perangkat yang mengubah energi kalor (akibat dari perbedaan temperatur panas dan temperatur dingin) menjadi energi listrik. Penelitian ini menggunakan satu buah heatsing 10 sirip dan 6 buah termoelektrik dan juga ada tambahan perbandingan elemen panas yaitu plat baja. Berdasarkan hal itu, maka pengerjaan tugas akhir ini merancang dan menganalisis pembangkit energi listrik sederhana dengan memanfaatkan energi panas matahari dengan metode termoelektrik. Berdasarkan hasil percobaan selama 3600s menghasilkan yang tanpa menggunakan plat baja tegangan 0.17 V, arus 0.008 A dan daya 0.00141 W, dan menggunakan plat baja tegangan 0.31 V, arus 0.009 dan daya 0.00305 W.

Kata Kunci : Termoelektrik, Energi Listrik

ABSTRACT

Utilization of renewable energy, namely Solar Thermal Energy (Solar Cell) which is used for various benefits ranging from solar cells, solar lighting, light space heating, and also the use of thermoelectrics. In this study, the use of solar thermal energy is a heat source. Understanding thermoelectric is a device that converts heat energy (due to the difference in hot and cold temperatures) into electrical energy. This research uses a heating of 10 fins and 6 pieces of thermoelectric and there is also an additional ratio of heat elements, namely steel plates. Based on this, the work of this final project is to design and analyze a simple electrical energy generator by utilizing solar thermal energy with the thermoelectric method. Based on the results of the experiment for 3600s, it resulted that without using a steel plate with a voltage of 0.17 V, a current of 0.008 A and a power of 0.00141 W, and using a steel plate with a voltage of 0.31 V, a current of 0.009 and a power of 0.00305 W.

Keywords: *Thermoelectric, thermal energy, electrical energy.*

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Felix Alfrydo Sigalingging dilahirkan di Bandar Klippa pada tanggal 30 Oktober 1999. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara, pasangan dari Marihot Sigalingging dan Senti Siagian. Penulis menyelesaikan di SD Swasta Santa Lusia Sei Rotan, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang dan Tamatb pada tahun 2011. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 17 Medan dan Tamat pada Tahun 2014. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 4 Medan, Jurusan Teknik Kendaraan Ringan dan Tamat pada tahun 2017. Pada tahun yang sama melanjutkan pendidikan menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada Tahun 2022.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan berupa kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

Proposal ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi bagi setiap mahasiswa Universitas Medan Area untuk menyelesaikan pendidikan dengan mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Secara khusus penulis ucapkan terimakasih kepada orang tua yaitu Ayahanda Marihot Sigalingging dan Ibunda Senti br Siagian, dan seluruh keluarga yang memberikan dukungan moral maupun material selama perkuliahan penulis.

Dalam Penulisan dan penelitian skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moral dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua Prodi Teknik Mesin dan Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Indra Hermawan, ST., MT., selaku Dosen pembimbing II.
5. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST., M.Eng., selaku Dosen Penasehat

6. Akademik penulis pada Universitas Medan Area.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Teknik Mesin dan pegawai Fakultas Teknik di Universitas Medan Area
8. Teman-teman dan saudara-saudara yang dikasihi selalu senantiasa mendukung penulis.

Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, Januari 2022

Penulis

FELIX A. SIGALINGGING

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan	4
E. Manfaat	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Sejarah Perkembangan Termoelektrik.....	5
B. Definisi Efek Pada Termoelektrik	6
C. Prinsip Kerja Termoelektrik	9
D. Daya Listrik	11
E. Perpindahan Kalor	12
F. Modul Termoelektrik.....	16
G. Plat Baja.....	16
H. Energi Matahari	18
I. Perkiraan Cuaca Bulan Oktober 2021 Sumatera Utara	19
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	21
A. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	21
B. Metode Peneletian.....	22
C. Alat dan Bahan.....	24
D. Prosedur Penelitian	34
E. Gambar <i>Setup</i> Rancangan Peneleitian	36
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Hasil perhitungan.....	40

B. Pembahasan Pada Daya Output	44
C. Perhitungan pada Perbedaan Temperatur	61
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
A. Kesimpulan.....	66
B. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prinsip Kerja Termoelektrik	9
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 Kamis 13 oktober 2021	19
Gambar 2.6. Perkiraan suhu Kamis 14 oktober 2021	19
Gambar 2.7. Perkiraan suhu Kamis 15 oktober 2021	20
Gambar 2.8. Perkiraan suhu Kamis 16 oktober 2021	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 3.2. Thermogun	24
Gambar 3.3. Multitester	25
Gambar 3.4. Thermometer Aquarium	26
Gambar 3.5. Solder	26
Gambar 3.6. Kawat timah	27
Gambar 3.7. Tempat duduk	28
Gambar 3.8. Kaca Pembesar	29
Gambar 3.9. Peltier TEG.....	30
Gambar 3.10. Heatsing.....	31
Gambar 3.11. Heatsing Tampak Depan	32
Gambar 3.12. Heatsing Tampak Bawah.....	32
Gambar 3.13. Isometri Heatsing	32
Gambar 3.14. Galon air.....	33
Gambar 3.15. Plat baja	34
Gambar 3.16. Tampak Samping Kiri	36
Gambar 3.17. Hasil <i>Setup</i> Rancangan Penelitian Menggunakan Plat baja	36
Gambar 3.18. Hasil <i>Setup</i> Rancangan Penelitian Tanpa Menggunakan Plat baja	37
Gambar 3.19. Rancangan Alat Uji Penelitian Tanpa Menggunakan Plat Baja	38
Gambar 3.20. Rancangan Alat Uji Penelitian Menggunakan Plat Baja	38
Gambar 4.2. Diagram Hasil Pengujian Tanpa Menggunakan Plat Baja 15 oktober 2021.....	47
Gambar 4.3. Diagram Hasil Pengujian Menggunakan Plat Baja 15 oktober 2021	48
Gambar 4.4. Diagram Hasil Pengujian Menggunakan Plat Baja 16 oktober 2021	50
Gambar 4.5. Diagram Hasil Pengujian Tanpa Menggunakan Plat Baja 13 oktober 2021	52
Gambar 4.6. Diagram Hasil Pengujian Tanpa Menggunakan Plat Baja 13 oktober 2021	53
Gambar 4.7. Diagram Hasil Pengujian Menggunakan Plat Baja 14 oktober 2021	55
Gambar 4.8. Diagram Hasil Pengujian Menggunakan Plat Baja 16 oktober 2021	56
Gambar 4.9. Hasil Pengujian Perbedaan Temperatur tanpa menggunakan Plat baja 13 oktober 2021	61

Gambar 4.10. Hasil Pengujian Perbedaan Temperatur tanpa menggunakan Plat baja 15 oktober 2021.....	62
Gambar 4.11. Hasil Pengujian Perbedaan Temperatur menggunakan Plat baja 14 oktober 2021.....	64
Gambar 4.12. Hasil Pengujian Perbedaan Temperatur menggunakan Plat baja 16 oktober 2021.....	65



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Waktu Kegiatan Penelitian.....	21
Tabel 3.2. Spesifikasi Sketsa Gambar Rancangan	37
Tabel 3.3. Spesifikasi Sketsa Gambar Rancangan	38
Tabel 3.4. Spesifikasi Gambar Rancangan Tanpa Menggunakan Plat Baja.....	39
Tabel 3.5. Spesifikasi Gambar Rancangan Menggunakan Plat Baja	38
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Tegangan tanpa menggunakan Plat baja.....	39
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Tegangan menggunakan Plat baja.....	41
Tabel 4.3. Hasil pengujian pada pengukuran tegangan tanpa menggunakan plat baja.....	45
Tabel 4.4. Hasil pengujian pada pengukuran tegangan tanpa menggunakan plat baja.....	45
Tabel 4.5. Hasil pengujian pada pengukuran arus tanpa menggunakan plat baja.	51
Tabel 4.6. Hasil pengujian pada pengukuran arus menggunakan plat baja.....	54
Tabel 4.7. Hasil pengujian pada pengukuran daya tanpa menggunakan plat baja	57
Tabel 4.8. Hasil pengujian pada pengukuran daya menggunakan plat baja.....	59
Tabel 4.9. Hasil pengujian perbedaan temperatur tanpa menggunakan plat baja	61
Tabel 4.10. Hasil pengujian perbedaan temperatur menggunakan plat baja	63

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Polusi udara dan pemanasan global menjadi permasalahan yang sangat penting saat ini. Untuk mengurangi dampak global tersebut, para ilmuwan fokus pada perancangan dan mengoptimalkan sistem pemulihan energi baru. Salah satu solusi yang dirancang adalah termoelektrik yang digunakan untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik dan sebaliknya. Hal ini mengarah pada perkembangan teknologi termoelektrik dan lebih khusus lagi modul TEG yang digunakan untuk mengubah suhu perbedaan di kedua sisi modul menjadi listrik. Beberapa keuntungan dari generator termoelektrik adalah sistem ini tidak memiliki bagian yang bergerak dan sepenuhnya kokoh. Mereka yang membutuhkan ruang minimal dan memiliki berat dan volume yang sangat rendah.

Pembangkit listrik dengan menggunakan teknologi energi panas matahari atau solar cell telah mengalami pertumbuhan yang sangat tinggi dan saat ini menjadi kontributor penting bagi pembangkit listrik arus utama di dunia. Dalam studinya. Keuntungan teknologi TEG sebagai teknologi pasif untuk pendinginan modul TEG adalah menggunakan fluks panas yang untuk menghasilkan listrik, sehingga meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Namun, teknologi inovatif untuk mendinginkan sel fotovoltaik ini menghadirkan tantangan dalam distribusi suhu modul TEG tunggal yang memengaruhi kinerjanya. Ketidaksesuaian suhu mempengaruhi titik operasi modul TEG yang membuatnya beroperasi pada titik daya maksimum yang berbeda sehingga menghasilkan tegangan yang berbeda[1].

Salah satu teknologi yang ramah lingkungan dan bisa mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung adalah *Thermoelktric*. TEG adalah sebuah perangkat yang mampu mengkonversi panas menjadi energi listrik secara langsung melalui fenomena yang disebut efek *Seebeck*. Perubahan energi panas menjadi energi listrik ini bisa dilakukan dengan cara menghubungkan sumber panas pada salah satu sisinya, namun pada sisi yang lain dijaga agar suhunya tetap rendah. Selanjutnya bila dua terminal keluaran diberikan beban listrik, maka arus listrik akan mengalir pada beban tersebut. [1]

Energi panas adalah bentuk energi dan teknologi yang memanfaatkan panas dari energi surya untuk keperluan pemanasan atau produksi listrik di sektor industri, perumahan, dan komersial. Teknologi STE adalah berbeda dengan teknologi panel surya fotovoltaik yang mengubah energy dalam foton dari radiasi matahari langsung menjadi tegangan dan arus listrik. Pengumpul panas surya diklasifikasikan oleh Administrasi Informasi Energi Amerika Serikat sebagai pengumpul bersuhu rendah, menengah, atau tinggi. Pengumpul suhu rendah umumnya adalah piringan datar yang digunakan untuk memanaskan kolam renang. Pengumpul suhu sedang juga umumnya merupakan piringan datar, tetapi digunakan untuk memanaskan air atau udara untuk penggunaan perumahan dan komersial. Sementara itu, pengumpul suhu tinggi mengkonsentrasikan cahaya matahari dengan menggunakan cermin atau lensa dan umumnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan panas hingga 300 °C pada industri dan penghasil tenaga listrik.

Studi eksperimental dilakukan untuk mengetahui karakteristik termoelektrik TEG pada keterbalikan fungsi, dengan Pengujian memanaskan dan mendinginkan

pada setiap sisi elemen termoelektrik tipe TEG, dilakukan untuk memperoleh nilai tegangan dan arus listrik dengan pembebanan menggunakan resistor sehingga diketahui karakteristik elemen tersebut. Dan telah dilakukan karakterisasi termoelektrik tipe TEG untuk mengetahui daya yang dapat diberikan pada beban. Pemanasan elemen termoelektrik antara temperatur $34,5^{\circ}\text{C}$ disatu sisi serta 135°C disisi lainnya. Diperoleh daya sebesar $850 \times 10^{-3}\text{W}$, tegangan sebesar 1.12V , serta arus sebesar $759 \times 10^{-3}\text{A}$. Disimpulkan elemen termoelektrik tipe TEC yang memiliki fungsi sebagai pendingin secara umum, dapat digunakan untuk pembangkit listrik tenaga panas secara langsung. Dari berbagai penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dan mendapatkan hasilnya, maka peneliti akan melakukan pergantian media pendingin TEG, sebagai upaya dalam menganalisis daya output TEG melalui energi panas matahari[2].

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan berbagai uraian dan definisi yang terdapat di latar belakang sehingga dapat dirumuskan masalah utama dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Seberapa besar tegangan dan arus yang dihasilkan oleh modul TEG menggunakan plat baja dan tanpa plat baja?
2. Bagaimana pengaruh antara daya output dengan beda temperatur (ΔT) menggunakan plat baja dan tanpa plat baja?
3. Bagaimana pengaruh menggunakan plat baja dan tanpa plat baja perubahan temperatur suhu (ΔT) ?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian termoelektrik pada wadah galon air ini untuk menyederhanakan parameter yang di hasilkan sebagai berikut :

1. Menggunakan tambahan media elemen panas yaitu plat baja tebal 1×10^{-3} m.
2. Material yang digunakan dalam penelitian ini seperti kaca pembesar, modul TEG, heatsink dan galon air.
3. Pengujian dilakukan selama ± 3600 s.
4. Menganalisis kinerja hasil tegangan dan arus yang di hasilkan modul TEG.

D. Tujuan

Adapun tujuan yang di lakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengukur dan Menghitung besar hasil tegangan dan arus yang di hasilkan oleh modul TEG menggunakan plat baja dan tanpa plat baja.
2. Menganalisis pengaruh antara daya output dengan beda temperatur (ΔT) menggunakan plat baja dan tanpa plat baja.
3. Menganalisis pengaruh perubahan temperatur suhu (ΔT) menggunakan plat baja dan tanpa plat baja.

E. Manfaat

Perancangan ini dapat menghasilkan manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis alat pengujian yang dapat di manfaatkan untuk penyerapan panas matahari sebagai sumber energi listrik modul termoelektrik (TEG).
2. Menganalisis bahwa panas matahari dapat di manfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan modul termoelektrik generator (TEG).
3. Menganalisis sistematika pemasangan alat pengujian dengan variasi media elemen panas plat baja yang dapat digunakan sebagai penghantar panas ke modul termoelektrik (TEG) dan mengetahui perbedaan temperatur yang di pindahkan ke modul termoelektrik generator (TEG).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. 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 seeback 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.

B. Definisi Efek Pada Termoelektrik

Berikut dasar-dasar prinsip kerja pada Termoelektrik adalah :

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)

α_{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 seebeck.

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

Dimana :

α_{pn} : Koefisien Seeback (V/C)

V : Tegangan yang dihasilkan (V)

ΔT : Perbedaan temperatur (C)

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*

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

Dimana :

Q_c : Panas pada Terminal dingin (W)

Q_h : Panas pada terminal panas (W)

α_{pn} : Koefisien Seeback (V/C)

T : Temperatur (C)

I : Arus Listrik (A)

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:

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

Dimana :

Q : Panas Joule (Watt)

I : Electric current (A)

R : Hambatan (ohm)

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.

$$Q_t = \tau \cdot I \cdot \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

Q_t : Panas Thomson (W/m)

τ : Koefisien Thomson (V/C)

$\frac{dT}{dx}$: Gradien temperatur pada semikonduktor

I : Arus Listrik (A)

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 temperturnya lebih rendah. Efek konduksi

pada termoelektrik ini bersifat tidak dapat balik.

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

Dimana :

Q_c : Laju Aliran panas ($\frac{w}{m^2}$)

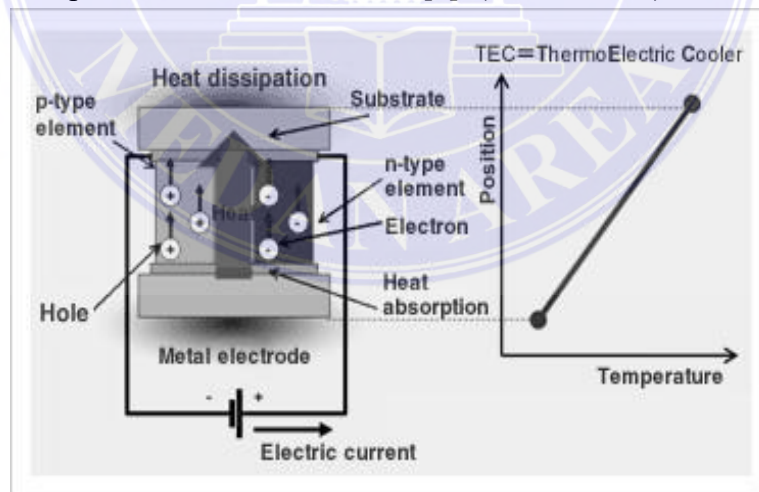
U : Koefisien Konduksi Thermal kedua Junction $\frac{w}{m^2 K}$

T_1 : Temperatur permukaan panas (C)

T_0 : Temperatur permukaan dingin (C)

C. Prinsip Kerja Termoelektrik

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan efek seeback yaitu “ Jika dua logam yang berbeda dengan disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikam 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[3]. (Gambar 2.1.)



Gambar 2.3. 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). Perpindahan elektron dari energi tinggi menuju energy 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[2] 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 energi pada 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[2]. 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.

D. 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 dikonsumsi. 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.[2]

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

Dimana :

P : Daya Listrik (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus Listrik (Ampere)

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

Dimana :

I : Arus Listrik (Ampere)

V : Tegangan (Volt)

R : Hambatan (Ohm)

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

Dimana :

V : Tegangan (Volt)

I : Arus Listrik (Ampere)

R : Hambatan (Ohm)

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

Dimana :

R : Hambatan (Ohm)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus Listrik (Ampere)

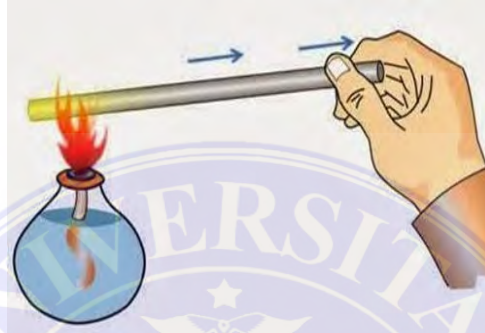
E. Perpindahan Kalor .

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.

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[4]. Semakin tinggi nilai konduktivitas thermal pada suatu benda, semakin cepat mengalirnya panas dari satu benda ke sisi yang lain. (Gambar 2.2.)



Gambar 2.4. 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 energetik (molekul yang lebih berenergi atau bertemperatur tinggi) menuju partikel yang kurang energetik (molekul yang kurang berenergi atau bertemperatur lebih rendah), akibat adanya interaksi antara partikel-partikel tersebut.[5]

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

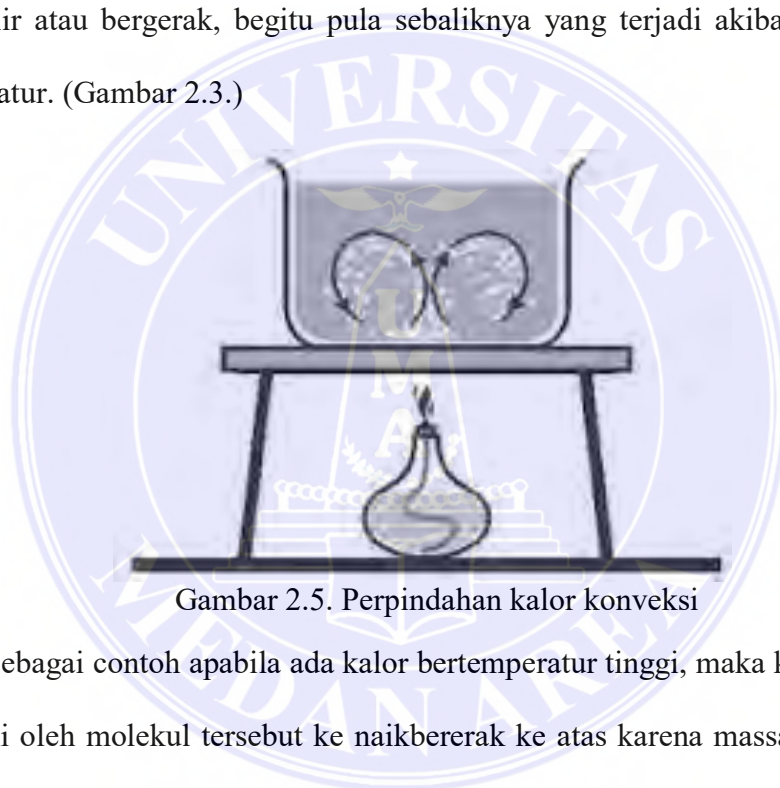
Dimana :

- q_{kond} : laju perpindahan panas konduksi
- k : konduktivitas thermal (W/m.C)
- A : luas penampang (m^2)
- ΔT : perbedaan temperatur (C)
- L : tebal bahan material

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

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. (Gambar 2.3.)



Gambar 2.5. Perpindahan kalor konveksi

Sebagai contoh apabila ada kalor bertemperatur tinggi, maka kalor yang dimiliki oleh molekul tersebut ke naikbererak 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.

$$q_{\text{konv}} = hA (T_s - T_\infty) \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

q_{konv} : kalor (W)

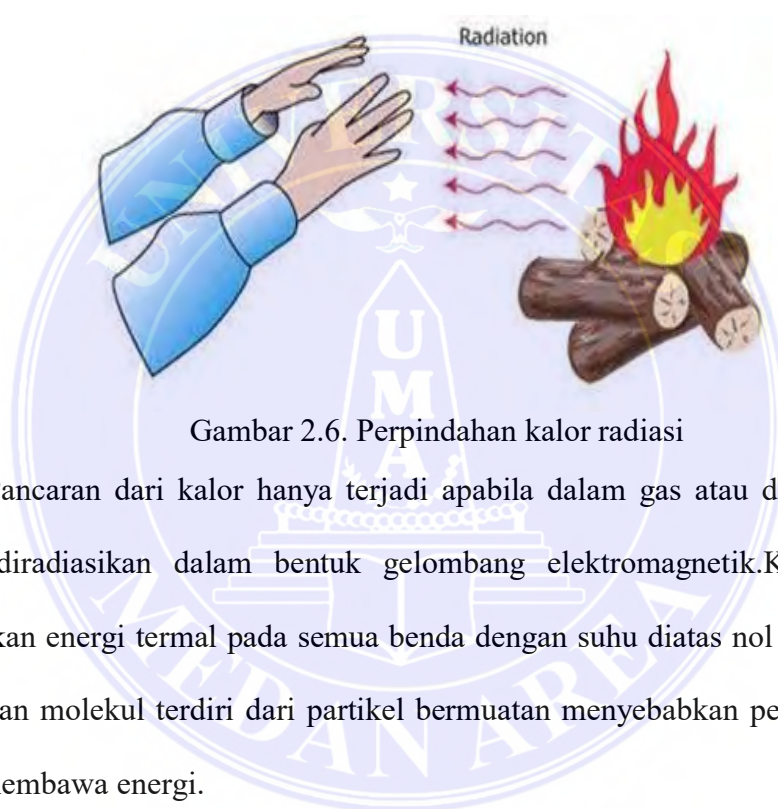
A : luas permukaan konveksi (m^2)

T_s : Temperatur permukaan material ($^\circ\text{C}$)

- T_{∞} : Temperatur fluida sekitar ($^{\circ}\text{C}$)
- H : koefisien perpindahan kalor konveksi($\text{W}/\text{m}^2.\text{C}$)

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. (Gambar 2.4.)



Gambar 2.6. 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.

$$q_{\text{rad}} = \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (2.13)$$

- Dimana :
- q_{rad} : Laju perpindahan panas radiasi (W)
- A : Luas permukaan benda (m^2)
- T_2^4 : Temperatur panas (K)
- T_1^4 : Temperatur dingin (K)
- σ : konstanta boltzman ($5,669.10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}^{-4}$)

F. 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

G. 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 karbon 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 pabrikan, material ini seringkali mengalami proses laku panas yang dapat mengakibatkan perubahan sifat mekanik.[6]

Baja Karbon Rendah diproduksi dalam jumlah terbanyak dan umumnya mengandung >0,25% unsur karbon dan tidak respons 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 keuletan 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 konstruksi bodi mobil, bentuk-bentuk sekrup (profil I, kanal, dan baja bersudut / siku), dan lembaran digunakan untuk pipa-pipa, bangunan, jembatan, dan kaleng timah putih.

Komposisi dan sifat baja karbon rendah ditunjukkan pada tabel 2.1 dan tabel 2.2. 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.[7]

Plat baja yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis baja st 37 dengan ketebalan 1×10^{-3} m mempunyai nilai konduktivitas termal $43 \text{ W/m} \cdot \text{C}$ yang diletakkan di atas peltier saat melakukan perbandingan.

H. Energi Matahari

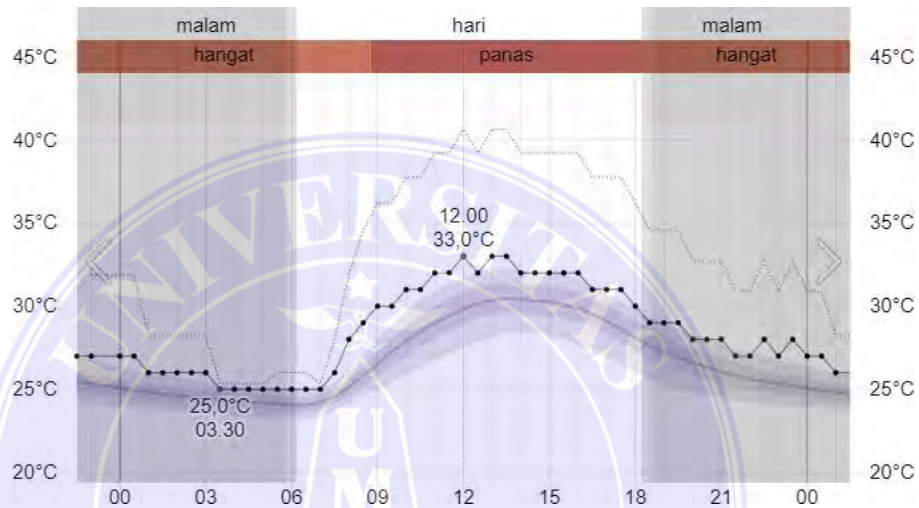
Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giatdikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Energi surya adalah sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dapat dipercaya dan 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 1000 watt 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.[8].

I. Perkiraan Cuaca Bulan Oktober 2021 Sumatera Utara

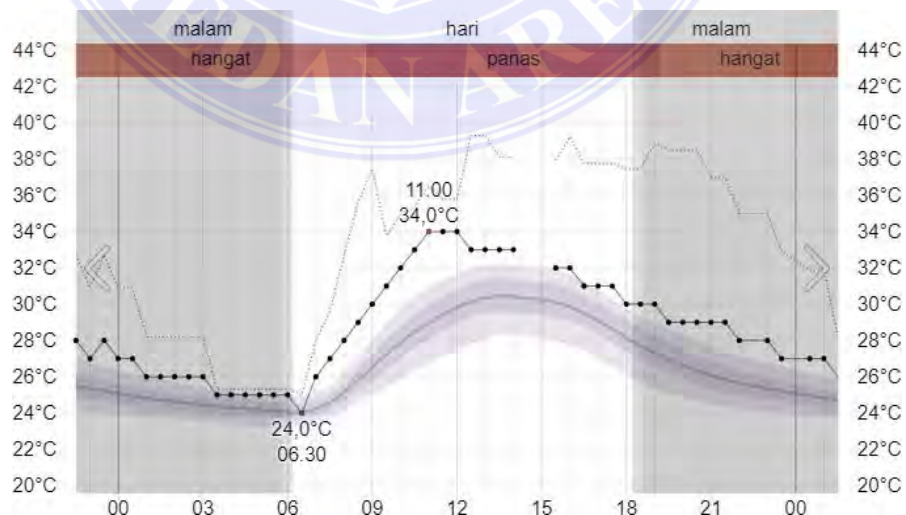
Adapun perkiraan suhu cuaca di kota medan di bulan oktober 2021 sebagaimana data tersebut di ambil dari web weatherspark.

Berikut gambar 2.5 perkiraan suhu kota medan pada hari rabu tanggal 13 oktober2021. [9].



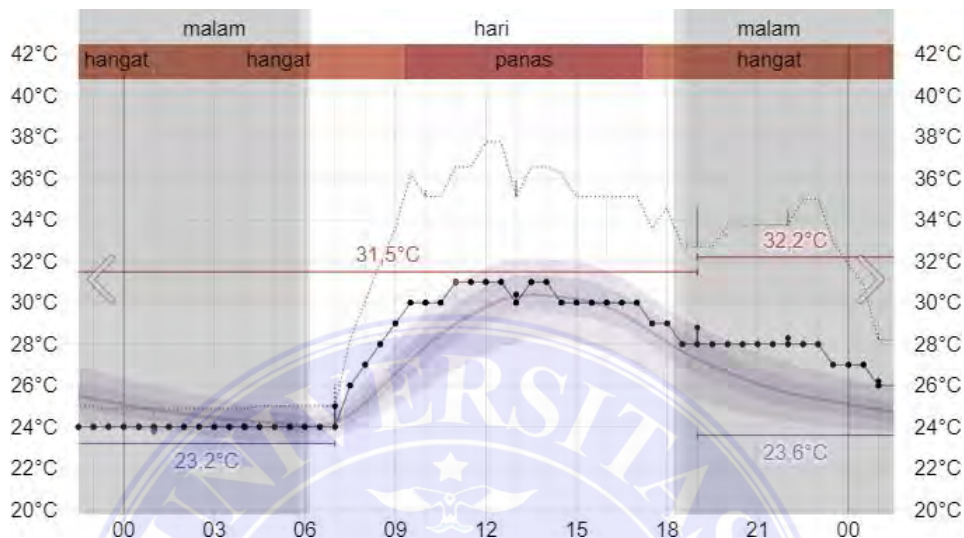
Gambar 2.7. Perkiraan suhu rabu 13 oktober 2021

Berikut gambar 2.6 perkiraan suhu kota medan pada hari kamis tanggal 14 oktober 2021.



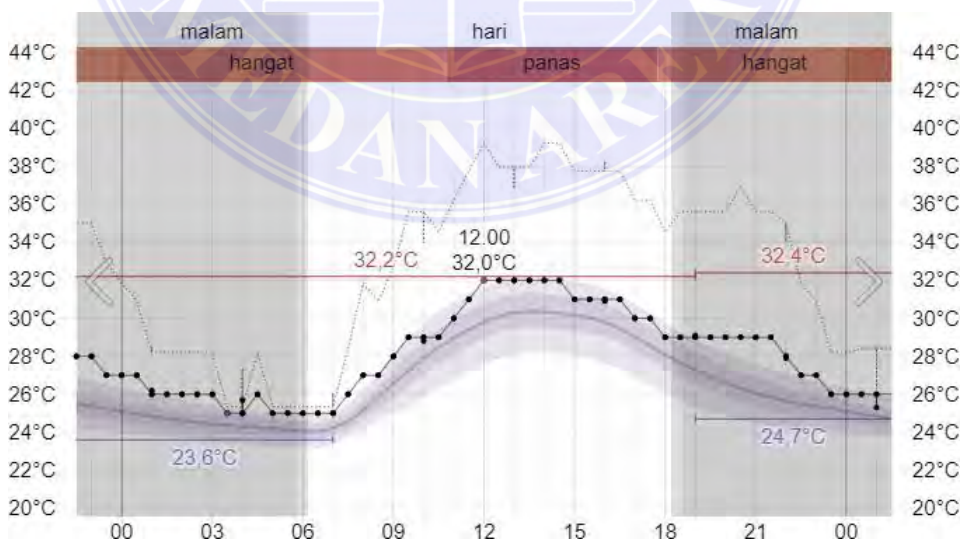
Gambar 2.8. Perkiraan suhu kamis 14 oktober 2021

Berikut gambar 2.7. Perkiraan suhu kota medan pada hari jumat tanggal 15 oktober 2021.



Gambar 2.9. Perkiraan suhu jumat 15 oktober 2021

Berikut gambar 2.8. Perkiraan suhu kota medan pada hari Sabtu tanggal 16 oktober 2021.



Gambar 2.10. Perkiraan suhu Sabtu 16 oktober 2021

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat Penelitian

1. Tempat Penelitian

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

2. Waktu Penelitian

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

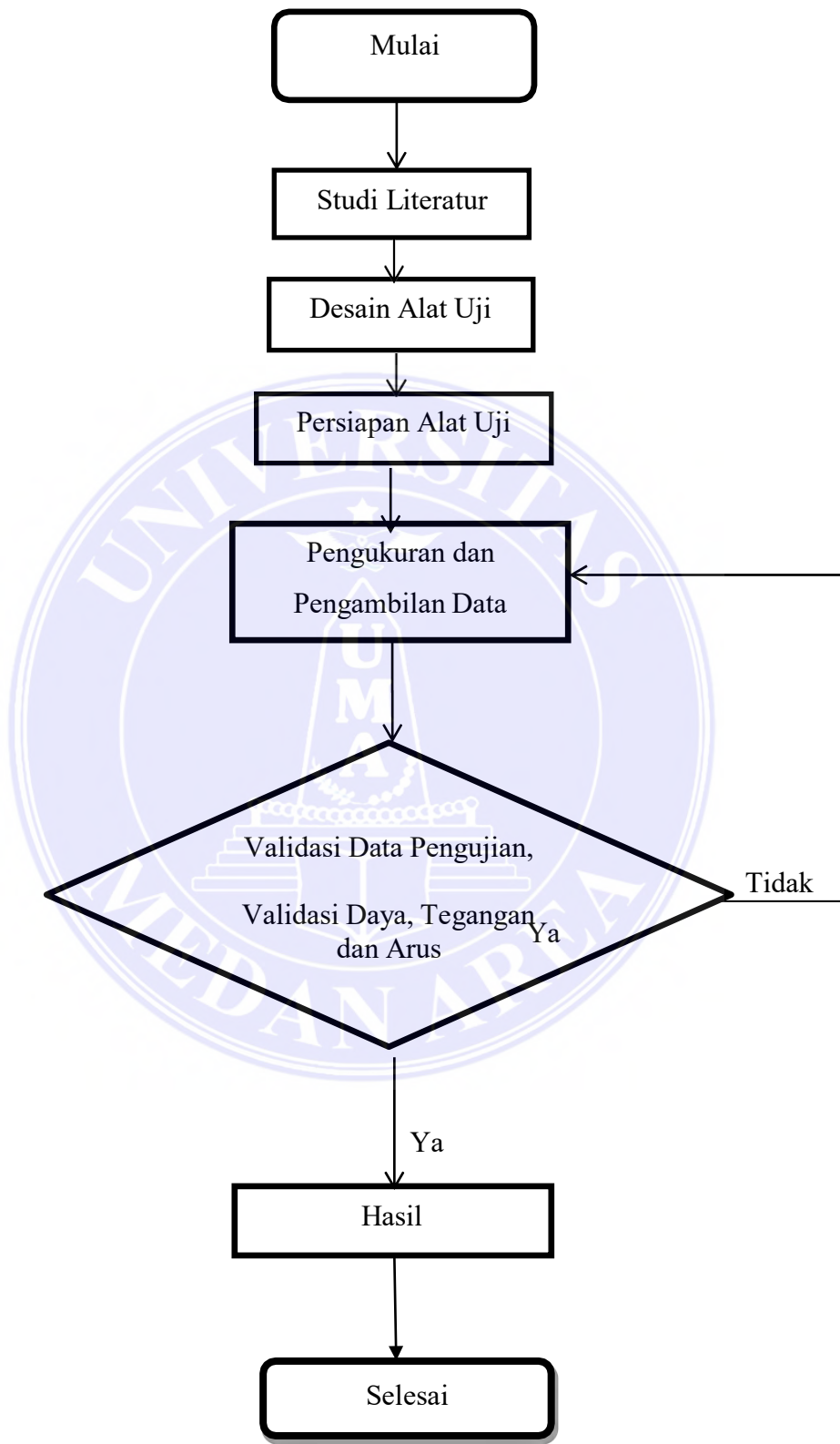
Tabel 3. 1 Waktu Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)						
		Juni	Juli	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1.	Studi Literatur	■						
2.	Perancangan Alat	■	■					
3.	Penyusunan Proposal		■					
4.	Seminar Proposal			■				
5.	Pengujian Alat			■				
6.	Pengumpulan Data				■			
7.	Analisa Data				■			
8.	Laporan Penelitian				■	■		
9.	Seminar hasil					■	■	
10.	Perbaikan					■	■	■
11.	Ujian Sidang						■	■

B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, yaitu melalui pengamatan langsung, melalui eksperimen untuk memperoleh data kausal, akurat, sehingga diperoleh data empiris. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menguji karakteristik termoelektrik terhadap perbandingan fluida dan perbandingan elemen panas adalah metode eksperimen langsung. Pengukuran dilakukan untuk menghasilkan data berupa tegangan dan arus yang berasal dari perbedaan suhu. Data dalam bentuk digital diolah dan dianalisis untuk mendapatkan nilai daya, efisiensi dan koefisien termoelektrik Seebeck.

Data tersebut kemudian diubah menjadi grafik dan persamaan garis untuk memudahkan pemahaman, perbandingan, dan analisis. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan pemanas yaitu energi panas matahari baja dan media elemen pendinginnya adalah fluida air mineral air es. Setelah itu melakukan analisa dan kajian ulang terhadap data yang telah didapat untuk meyakinkan bahwa data telah valid, akurat, dan yang terakhir adalah menyatakan kesimpulan dari keseluruhan kegiatan hingga hasil data karakteristik yang telah didapat. Berikut diagram alir proses dari penelitian yang akan di laksanakan. (Gambar 3.11.)



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

C. Alat dan Bahan

1. Alat penelitian

a. 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.(Gambar 3.2.)



Gambar 3.2. Thermogun

Spesifikasi	:
Jarak pengukuran	: $1-2 \times 10^{-3} \text{m}$
Rentang pengukuran	: $50-550^{\circ}\text{C}$ ($-58 - 1022^{\circ}\text{F}$)
Akurasi pengukuran	: 0°C or $> 25^{\circ}\text{C}$
Resolusi	: $0,1^{\circ}\text{C}$ $0,1^{\circ}\text{F}$
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	: $^{\circ}\text{F}$ / $^{\circ}\text{C}$
Ukuran produk	: $1508343 \times 10^{-3} \text{m}$

b. Multitester

Multitester adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tegangan listrik, resistansi, dan arus listrik. Pada penelitian ini, multitester mengukur tegangan dan arus pada peltier.(Gambar 3.3.)

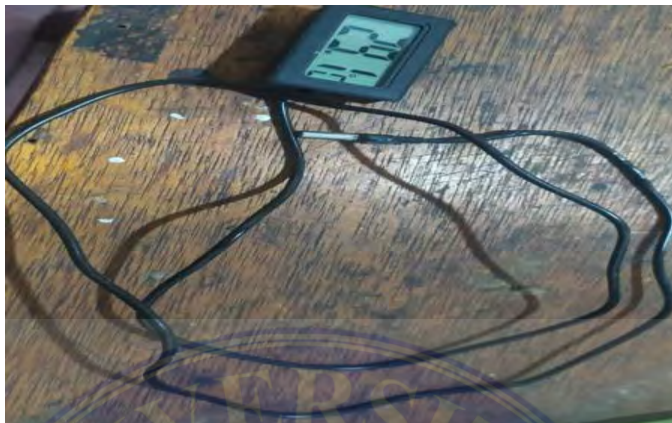


Gambar 3.3. Multitester

Spesikasi	:
Rentang pengukuran	: 400m/4/40/400/600V.
Akurasi terbaik	: $\pm(0.7\%+3)$
Resolusi	: 0.1mV.
Impedansi Masukan	: DCV : 10M~100M Ω , ACV : 10M~11M Ω

c. Thermometer aquarium

Termometer aquarium adalah alat untuk mengukur suhu air. Gambar 3.4 ini dipakai penelitian pada saat mengukur suhu air mineral dan air es.



Gambar 3.4. Thermometer Aquarium

Spesifikasi :

Kisaran suhu: -50~ +70C

Resolusi tampilan suhu: 0.1 0.2

Akurasi pengukuran suhu: 1C

Power: dua tombol LR44 bertenaga baterai

a. Solder

Solder adalah alat bantu dalam merakit atau membongkar rangkaian elektronika dan kabel.(Gambar 3.5.)

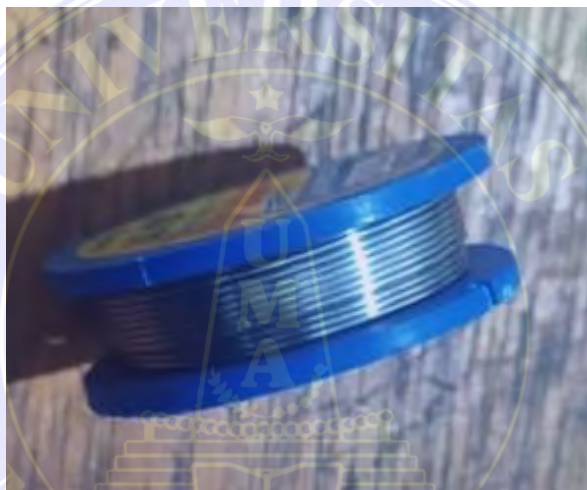


Gambar 3.5. Solder

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

d. Kawat timah

Kawat timah adalah alat untuk menyambungkan antara dua buah komponen perekat dan kabel.(Gambar 3.6.)



Gambar 3.6. Kawat timah

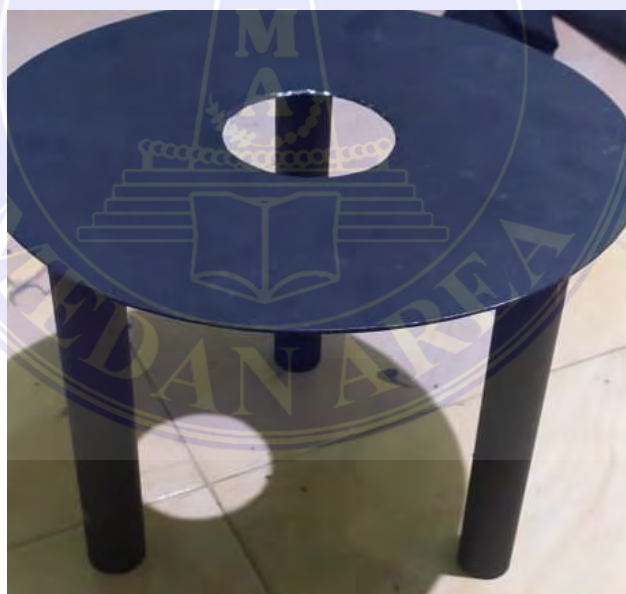
Spesifikasi	:
Bahan material	: timah
Diameter	: $8 \times 10^{-3} \text{m}$
Alloy	: 60/40
Size	: 5m-10m

2. Bahan penelitian

a. Tempat dudukan bawah

Tempat dudukan bawah adalah benda yang menopang galon air pada saat waktu penelitian. (Gambar 3.7.)

Dimensi	:
Baan 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 3.7. Tempat dudukan

b. Kaca pembesar

Kaca pembesar adalah benda digunakan untuk mengfokuskan panas matahari ke peltier TEG. (Gambar 3.8.)

Dimensi	:
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 3.8. Kaca Pembesar

c. Peltier TEG SP-1848

Peltier TEG adalah komponenn listrik sebagai pembangkit listrik. Pada penelitian ini, peneliti merancang pembangkit listrik menggunakan peltier sebanyak 6 buah . (Gambar 3.9.)

Dimensi	:
Panjang	: $40 \times 10^{-3} \text{m}$
Lebar	: $40 \times 10^{-3} \text{m}$
Tebal	: $4 \times 10^{-3} \text{m}$



Gambar 3.9. Peltier TEG

Spesifikasi	:
Bahan Material	: Keramik
Hot Side Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	: 27°C - 50°C
ΔT_{max}	: 62.0 - 70.6°C -dry N2
Q_{max}	: 21.3 - 23.6 Watts
I_{max}	: 9.36 - 9.24 A
V_{max}	: 3.48 - 3.88 V
AC Resistance	: $323 \times 10^{-3} \text{Ohm}$

d. Heatsing

Heatsing adalah benda yang memperluas transfer panas dari komponen lain dan sebagai elemen pendingin. Pada penelitian ini, benda tersebut diletakkan berhubungan dengan air. (Gambar 3.10.)

Bahan Material : Aluminium

Jumlah sirip 10

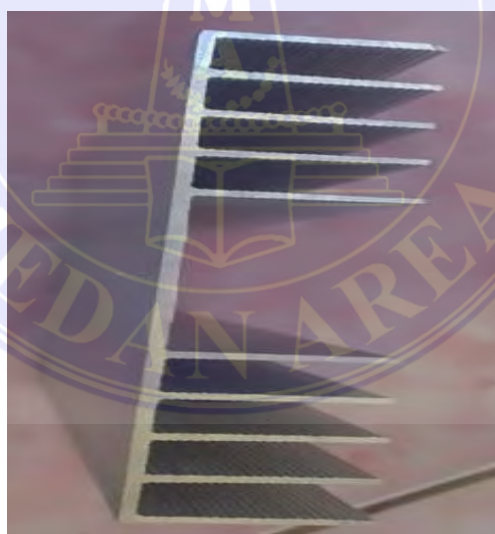
Dimensi :

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

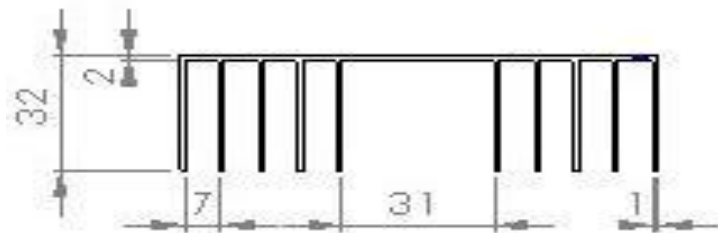
Lebar : $97 \times 10^{-3} \text{m}$

Tinggi : $2 \times 10^{-3} \text{m}$

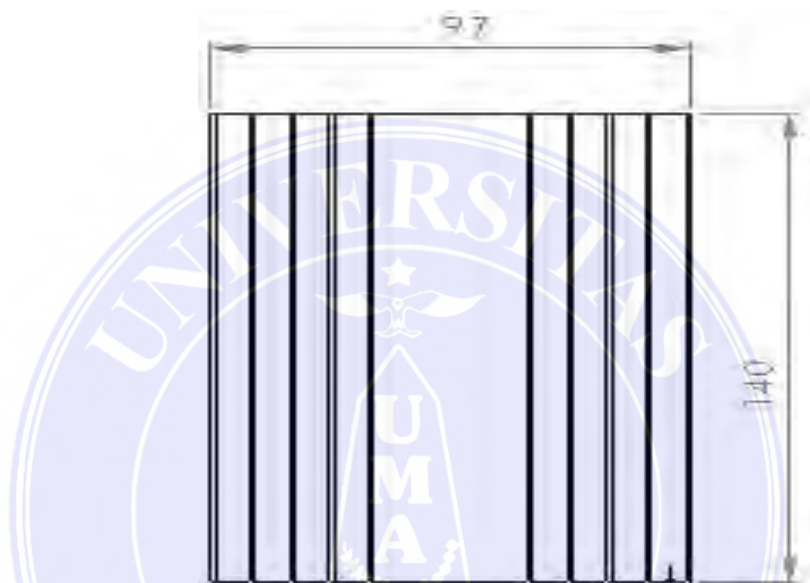
Ketebalan Sirip : $1 \times 10^{-3} \text{m}$



Gambar 3.10. Heatsing



Gambar 3.11. Heatsing Tampak Depan



Gambar 3.12. Heatsing Tampak Bawah



Gambar 3.13. Isometri Heatsing

e. Galon air

Galon air adalah wadah air yang biasa dipakai sehari-hari bagi manusia. Pada penelitian ini, digunakan untuk wadah air sebagai elemen pendinginan. (Gambar 3.14.).

Dimensi :

Bahan material : Plastik

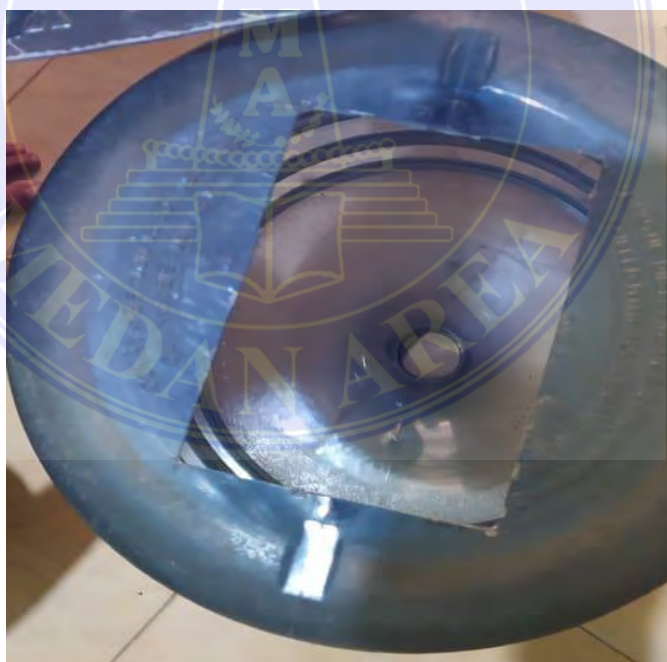
Volume Galon : 19 liter

Dimensi :

Panjang : $515 \times 10^{-3} \text{m}$

Diameter luar : $276 \times 10^{-3} \text{m}$

Diameter dalam : $56 \times 10^{-3} \text{m}$



Gambar 3.14. Galon air

f. Plat Baja

Plat baja adalah bahan material logam dengan karbon rendah, plat ini digunakan untuk perbandingan penghantar panas konduksi pada penelitian ini.(Gambar 3.14.).

Dimensi	:
Panjang	: $160 \times 10^{-3} \text{m}$
Lebar	: $120 \times 10^{-3} \text{m}$
Tebal	: $1 \times 10^{-3} \text{m}$
Nilai Konduktifitas Thermal	: $41 \text{W/m}^{\circ}\text{C}$



Gambar 3.15. Plat baja

D. 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 galon
 - 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 memvalidasi data.

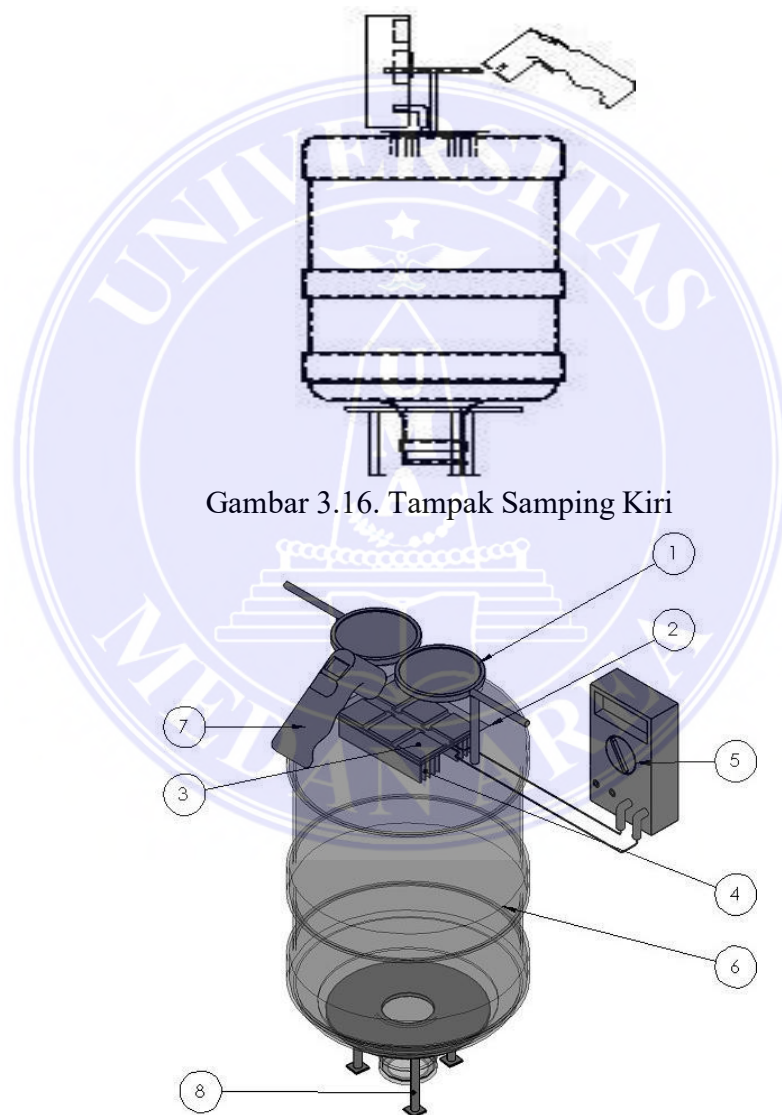
Langkah ini melakukan pengumpulan data yang pengoperasian di microsoft excel, membuat diagram garis dan setelah itu memvalidasikan data dengan persamaan dasar yang ada di tinjauan pustaka.

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.

E. Gambar *Setup* Rancangan Peneleitian

Sketsa gambar perancangan adanya rancangan penelitian ini terdapat sketsa untuk mempermudah mengetahui, menilai, dan peneliti mudah menjelaskan perancangan akan yang dirancang bangun dan dianalisis setiap perbandingan yang sudah di tentukan. Berikut gambar merupakan sketsa alat/ sistem dalam penelitian ini. (Gambar 3.16, Gambar 3.17, dan Gambar 3.18.)



Gambar 3.16. Tampak Samping Kiri

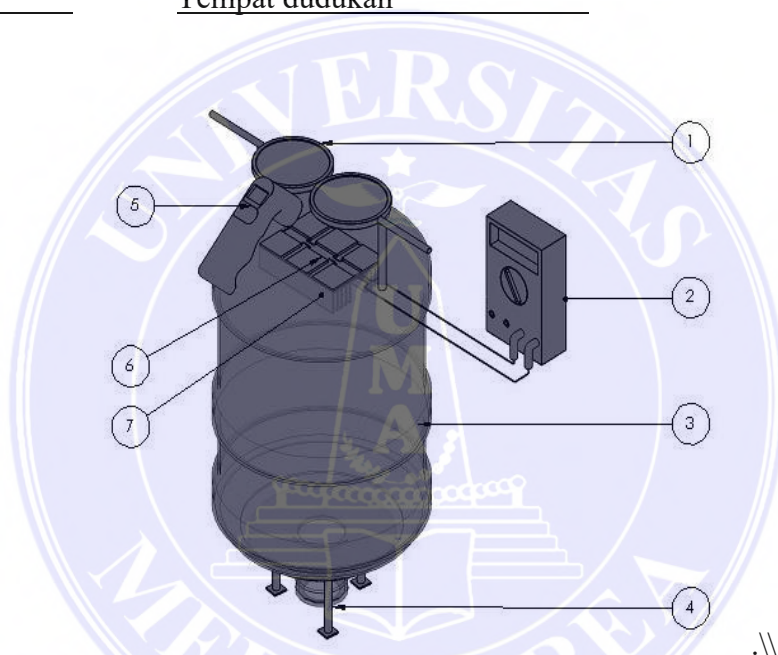
Gambar 3.17. Hasil *Setup* Rancangan Penelitian Menggunakan Plat baja

Berikut merupakan keterangan bahan yang digunakan pada saat penelitian.

Spesifikasi bahan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Spesifikasi Sketsa Gambar Rancangan

No.	Bagian
1.	Kaca Pembesar
2.	Plat Baja
3.	Peltier
4.	Heatsing
5.	Multitester
6.	Galon air
7.	Termogun
8.	Tempat duduk



Gambar 3.18. Hasil *Setup* Rancangan Penelitian Tanpa Menggunakan Plat baja

Spesifikasi bahan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Spesifikasi Sketsa Gambar Raancangan

No.	Bagian
1.	Kaca Pembesar
2.	Multitester
3.	Galon air
4.	Tempat duduk
5.	Termogun
6.	Peltier
7.	Heatsing

Berikut merupakan hasil rancangan alat penelitian tugas akhir tanpa menggunakan plat baja (Gambar 3.19).



Gambar 3.19. Rancangan Alat Uji Penelitian Tanpa Menggunakan Plat Baja.

Spesifikasi bahan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Spesifikasi Gambar Rancangan Tanpa Menggunakan Plat Baja

No.	Bagian	Dimensi	Ukuran ($\times 10^{-3}m^3$)
1.	Kaca pembesar	$\varnothing_{kaca} \times \varnothing_{luar} \times P_{tuas} \times \varnothing_{tuas}$	(100 x 1 x 95 x 2)
2.	Peltier Teg	$P \times l \times t$	(100 x 1 x 95 x 2)
3.	Heatsing	$P \times l \times t$	(140 x 97 x 2)
4.	Galon air	$t \times \varnothing_{luar} \times \varnothing_{dalam}$	(515 x 276 x 56)
5.	Tempat dudukan	$\varnothing_{luar} \times \varnothing_{dalam} \times t_{kaki} \times \varnothing_{kaki}$	(200 x 65 x 230 x 30)

Berikut merupakan hasil rancangan alat penelitian tugas akhir menggunakan plat baja dengan tebal 1×10^{-3} m. (Gambar 3.20).



Gambar 3.20. Rancangan Alat Uji Penelitian Menggunakan Plat Baja.

Spesifikasi bahan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Spesifikasi Gambar Rancangan Menggunakan Plat Baja

No.	Bagian	Dimensi	Ukuran ($\times 10^{-3}m^3$)
1.	Kaca pembesar	$\varnothing_{kaca} \times \varnothing_{luar} \times P_{tuas} \times \varnothing_{tuas}$	(100 x 1 x 95 x 2)
2.	Peltier Teg	$P \times l \times t$	(100 x 1 x 95 x 2)
3.	Heatsing	$P \times l \times t$	(140 x 97 x 2)
4.	Galon air	$t \times \varnothing_{luar} \times \varnothing_{dalam}$	(515 x 276 x 56)
5.	Tempat duduk	$\varnothing_{luar} \times \varnothing_{dalam} \times t_{kaki} \times \varnothing_{kaki}$	(200 x 65 x 230 x 30)
6.	Plat baja	$P \times l \times t$	(160 x 120 x 1)



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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 seeback adalah 0.04 V/C
3. Pengaruh perubahan temperatur tanpa menggunakan plat baja adalah 10.1% dan menggunakan plat baja adalah 15.12 %

B. 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

- [1] 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>.
- [2] 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>.
- [3] 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>.
- [4] 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>.
- [5] Sri Poernomo Sari, Depi Kurniawan Saputra, Donawan. Analisis Energi Listrik Dari Panas Kondensator 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>.
- [6] 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>.
- [7] 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.
- [8] Manan S. Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Effisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia. *Energi Matahari, Sumber Energi Altern Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkung Di Indones* 2009;87:31–5.
- [9] <https://id.weatherspark.com/h/d/112741/2021/10/13/Cuaca-Historis-selama-Rabu-13-Oktober-2021-di-Kota-Medan-Indonesia#Figures-Temperature>
- [10] Dr. Sandu Siyoto, SKM., Dasar Metode Penelitian; Editor; Ayup- Cetakan 1- Yogyakarta :Literasi Media Publishing, Juni 2015 VII+130; 14x 20cm.