

**ANALISIS POTENSI LISTRIK GENERATOR TERMoeLEKTRIK  
DENGAN MEMANFAATKAN PANAS TUNGKU MASAK RUMAH  
MAKAN**

**Skripsi**

**Oleh**

**Septian Priambodo**

**1817041028**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS POTENSI LISTRIK GENERATOR TERMoeLEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PANAS TUNGKU MASAK RUMAH MAKAN**

**Oleh**

**SEPTIAN PRIAMBODO**

Potensi listrik generator termoelektrik telah dianalisis dengan memanfaatkan panas tungku masak rumah makan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai besaran tegangan dan arus listrik yang dipengaruhi perbedaan suhu dari generator termoelektrik pada jarak 5 cm, 10 cm dan 15 cm. Penelitian ini juga untuk mengetahui nilai besaran listrik yang dipengaruhi oleh perbedaan suhu generator dengan tungku masak. Disamping itu juga untuk mengetahui nilai besaran perbedaan suhu saat diberi besaran listrik pada generator termoelektrik yang terbuat dari logam timah dan bismut. Penelitian dilakukan di rumah makan Bareh Solok, Labuan Ratu, Kota Bandar Lampung dimulai pada pukul 07:00 WIB sampai dengan pukul 11:30 WIB. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa nilai generator termoelektrik tanpa pendingin memiliki nilai tegangan sebesar 5,2 V dan nilai arus sebesar 36 mA dan dengan pendingin memiliki nilai tegangan sebesar 6,9 V dan nilai arus sebesar 90 mA. Untuk hasil generator termoelektrik dengan logam timah dan bismut tidak menghasilkan perbedaan suhu yang disebabkan oleh hambatan dalam ( $R_{in}$ ) bernilai nol.

**Kata Kunci :** *Energi Alternatif, Tungku Masak.*

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF THE ELECTRICAL POTENTIAL OF THERMOELECTRIC GENERATORS BY UTILIZING THE HEAT OF HOUSE COOKING STOVES**

**By**

**SEPTIAN PRIAMBODO**

The electric potential of a thermoelectric generator has been by utilizing the heat from a restaurant cooking stove has been analyzed. The purpose of this research was to determine the value of the amount of voltage and electric current that is affected by the temperature difference from the thermoelectric generator at a distance of 5 cm, 10 cm and 15 cm. This research is also to determine the value of the amount of electricity that is affected by the temperature difference between the generator and the cooking stove. Besides that, it is also to find out the value of the magnitude of the temperature difference when given an electric quantity on a thermoelectric generator made of tin and bismuth metal. The research was conducted at the Barih Solok restaurant, Labuan Ratu, Bandar Lampung City starting at 07:00 WIB until 11:30 WIB. Based on the research results, it was found that the thermoelectric generator without cooling has a voltage value of 5.2 V and a current value of 36 mA and with cooling has a voltage value of 6.9 V and a current value of 90 mA. The results of a thermoelectric generator with tin and bismuth do not produce a temperature difference caused by an internal resistance ( $R_{in}$ ) of zero value.

**Keywords :** *Alternative Energy, Cooking Stoves.*

**ANALISIS POTENSI LISTRIK GENERATOR TERMOELEKTRIK  
DENGAN MEMANFAATKAN PANAS TUNGKU MASAK RUMAH  
MAKAN**

**Oleh**

**SEPTIAN PRIAMBODO**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi

**ANALISIS POTENSI LISTRIK GENERATOR  
TERMOELEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN  
PANAS TUNGKU MASAK RUMAH MAKAN**

Nama Mahasiswa

: **Septian Priambodo**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1817041028**

Program Studi

: **Fisika**

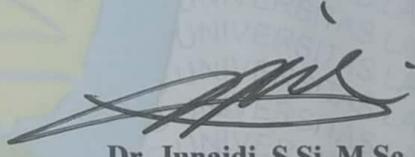
Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

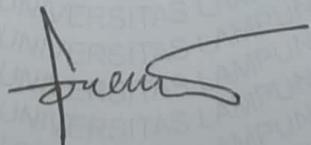
**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

  
**Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**  
NIP.196504071991111001

  
**Dr. Junaidi, S.Si, M.Sc.**  
NIP.198206182008121001

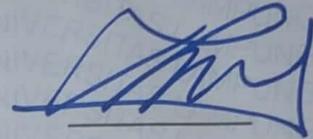
2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

  
**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 198010102005011002

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

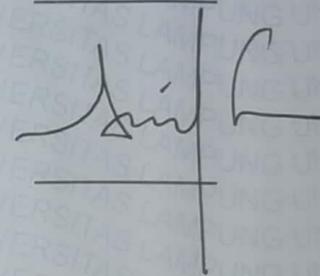
Ketua : **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**



Sekretaris : **Dr. Junaidi, S.Si, M.Sc.**



Penguji Bukan Pembimbing : **Arif Surtono, S.Si, M.Si, M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si, M.Si.**  
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 16 Agustus 2023

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

ampung, 6 September 2023



**Septian Priambodo**  
NPM. 1817041028

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Septian Priambodo dilahirkan pada tanggal 30 September 2000 di Bandar Lampung. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Agus Supriyanto dan Ibu Sri Muryani.

Penulis menyelesaikan Pendidikan di SDN 02 Betet pada tahun 2012, SMP PGRI 400 pada tahun 2015 dan SMA Islamic Centre Tangerang pada tahun 2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2018. Selama menempuh pendidikan, penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota sebagai kepala Biro Dana dan Usaha periode 2020-2021.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di BPPT Pusat Teknologi dan Elektronika (PTE) Kota Tangerang pada tahun 2021 dan menyelesaikan laporan PKL dengan judul “Pemasangan *Charging Station* dengan DPM 750/20C dan Pembuatan Kerangka untuk *Electric Vehicle*”. Penulis pernah melakukan pengabdian masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2021 di Kel. Cikoneng, Kec. Anyar, Kab. Serang. Penulis pernah menjadi Anggota Perlengkapan Panitia Karya Wisata Ilmiah (KWI) ke-30 pada tahun 2019, lalu penulis juga pernah menjadi Asisten Praktikum dari Mata Kuliah Elektronika Dasar II pada tahun 2021, dan Asisten Praktikum

dari Mata Kuliah Elektronika pada tahun 2022. Penulis juga menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan Judul **“ANALISIS POTENSI LISTRIK GENERATOR TERMOELEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PANAS TUNGKU MASAK RUMAH MAKAN”**.

## PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, skripsi ini ku persembahkan kepada

### **Bapak Agus Supriyanto dan Ibu Sri Muryani**

Kedua orang tuaku yang telah membesarkan, mendidik,  
mendukung, mendoakan, dan menjadi motivasiku selama ini

### **Adikku Rayhan Priayoga dan Hafi Priadipura serta Keluarga**

Selalu memberi semangat dan dorongan kepada penulis

### **Bapak/Ibu Guru dan Bapak/Ibu Dosen**

Terima kasih atas bekal ilmu pengetahuan dan budi pekerti  
yang telah membuka hati dan wawasanku

### **Para sahabat dan teman-teman seperjuangan Fisika FMIPA Unila 2018**

Terima kasih atas kebaikan dan kebersamaan yang kita lalui

Serta almamater tercinta

**“Universitas Lampung”**

## **MOTTO**

*“Learning is never done without errors and defeat”*  
(Septian Priambodo)

*“The way to get started is to quit talking and begin doing”*  
(Septian Priambodo)

*“If opportunity doesn't knock, build a door”*  
(Septian Priambodo)

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“ANALISIS POTENSI LISTRIK GENEATOR TERMOELEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PANAS TUNGKU MASAK RUMAH MAKAN”**.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penekanan dalam skripsi ini adalah pembuatan generator termoelektrik dan pemanfaatan panas buangan tungku masak rumah makan dengan menggunakan peltier 12706 dan pembuatan generator.

Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penulisan maupun referensi data. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya agar lebih sempurna.

Bandar Lampung, 6 September 2023

Penulis

## SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul **“ANALISIS POTENSI LISTRIK GENEATOR TERMOELEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PANAS TUNGKU MASAK RUMAH MAKAN”**.

Penulis menyadari bahwa dalam melakukan penelitian tidak lepas dan dukungan, bimbingan, motivasi serta do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, saran, motivasi serta ilmunya selama penulisan skripsi.
2. Bapak Dr. Junaidi, S.Si, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberi saran, masukan, dan motivasi dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Arif Surtono, S.Si, M.Si, M.Eng. selaku Dosen Penguji yang senantiasa memberi saran, masukan, dan motivasi dalam penulisan skripsi ini
4. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika.
5. Bapak Dr. rer.nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik atas bimbingannya serta saran kepada penulis selama masa kuliah.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, yang sudah memberikan banyak ilmu serta pengalaman kepada penulis selama masa kuliah.
8. Seluruh Tenaga Kependidikan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu administrasi penulis selama masa kuliah.

9. Kedua orang tuaku Bapak Agus Supriyanto dan Ibu Sri Muryani yang selalu memberikan kasih sayang, membesarkan, mendidik dan bersama adikku Rayhan Priayoga dan Hafi Priadipura yang selalu mendoakanku hingga sampai saat ini.
10. Hanin Zakiyah Shafa sebagai Wanita yang selalu memberi semangat, dukungan dan motivasi bagi penulis.
11. Teman-teman dekat, Rizky Esa Ramadhan, Herlambang Sihombing, I Made Agus Rianta, Raihan Irvana, Rizki Dwi Aptiant Putra, Ramadhani A, Dendi Rosandi, Hauzan Khoirullah, dan Adrian Reza yang selalu memberi motivasi dan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman seperjuangan Fisika 2018, kakak serta adik tingkat yang telah membantu dan memberikan semangat dalam proses menyelesaikan tugas akhir.
13. Serta semua pihak yang tidak penulis cantumkan, yang telah memberikan bantuan moril maupun materiil kepada penulis.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dan senantiasa memberi rahmat serta hidayah-Nya kepada kita Aamiin.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	
<b>ii</b>	<b>HALAMAN</b>
<b>JUDUL .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	6
2.2 Termoelektrik .....	9
2.3 Prinsip Kerja Termoelektrik.....	10

2.4	Karakteristik Termoelektrik TEC 12706.....	11
2.5	Prinsip kerja efek Seebeck .....	12
2.6	Prinsip kerja efek Peltier .....	13
2.7	Efek joule - Thomson.....	14
2.8	Konduksi .....	15
2.9	Konveksi .....	16
2.10	Sistem Konversi Energi pada Termoelektrik .....	17
2.11	Koefisien Seebeck pada Dua Logam Berbeda .....	21
2.12	Karakteristik Timah.....	21
2.13	Karakteristik Bismut .....	22
2.14	<i>Thermocouple</i> .....	23
2.15	Heatshink.....	24
2.16	Lampu LED.....	25

### **III. METODE PENELITIAN**

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	26
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	26
3.3	Prosedur Penelitian .....	27
3.3.1	Perancangan Perangkat Generator Termoelektrik dengan TEC 12706 .....	28
3.3.2	Pengujian Alat Generator Termoelektrik TEC 12706 .....	29
3.3.3	Perancangan Perangkat Generator Termoelektrik dengan logam berbeda .....	29
3.3.4	Pengujian Alat Generator Termoelektrik dengan dua logam berbeda .....	31
3.4	Rancangan Data Hasil Penelitian .....	31
3.5	Rancangan Analisis Data pengamatan .....	32

### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Realisasi Alat .....	35
4.1.1	Realisasi Alat Generator Termoelektrik dengan Peltier 12706.....	35

4.1.2 Realisasi Alat generator termoelektrik dengan dua Logam Timah dan Bismut .....	36
4.2 Hasil Pengamatan dan Pengukuran Generator Termoelektrik dengan Peltier 12706.....	38
4.2.1 Pengukuran Suhu .....	39
4.2.2 Pengukuran Tegangan Tanpa Beban Terhadap Perbedaan Suhu .....	41
4.2.3 Pengukuran Tegangan Beban Terhadap Perbedaan Suhu .....	44
4.2.4 Pengukuran Arus Terhadap Daya .....	45
4.3 Hasil Pengamatan dan Pengukuran Termoelektrik Logam Timah dan Bismuth .....	46

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Simpulan .....	48
5.2 Saran.....	49

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Modul peltier .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Prinsip kerja termoelektrik .....	10
<b>Gambar 2.3</b> Modul peltier .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Prinsip kerja efek Seebeck.....	13
<b>Gambar 2.5</b> prinsip kerja efek peltier .....	14
<b>Gambar 2.6</b> Proses konversi energi termoelektrik.....	18
<b>Gambar 2.7</b> Logam Bismut .....	22
<b>Gambar 2.8</b> Logam Timah.....	22
<b>Gambar 2.9</b> prinsip kerja <i>Thermocouple</i> .....	23
<b>Gambar 2.10</b> <i>Heatsink</i> .....	24
<b>Gambar 2.11</b> Lampu LED .....	25
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir .....	27
<b>Gambar 3.2</b> Diagram blok sistem termoelektrik dengan TEC 12706 .....	28
<b>Gambar 3.3.(a)</b> Desain alat termoelektrik dengan TEC 12706 dan <b>(b)</b> Desain realisasi generator termoelektrik.....	29
<b>Gambar 3.4</b> Diagram blok sistem termoelektrik dengan dua logam Timah dan bismut.....	30
<b>Gambar 3.5.(a)</b> Desain alat generator termoelektrik dengan dua logam dan <b>(b)</b> Desain realisasi generator termoelektrik dengan dua logam.....	30
<b>Gambar 3.6</b> Grafik hubungan perbedaan suhu terhadap waktu.....	32
<b>Gambar 3.7</b> Grafik hubungan tegangan terhadap waktu .....	32
<b>Gambar 3.8</b> Grafik hubungan Arus terhadap waktu .....	33
<b>Gambar 3.9</b> Grafik hubungan daya terhadap waktu .....	33

<b>Gambar 3.10</b> Grafik hubungan daya terhadap waktu .....	34
<b>Gambar 4.1 (a)</b> Realisasi bagian depan pada sistem generator termoelektrik <b>(b)</b> realisasi bagian belakang .....	35
<b>Gambar 4.2</b> Realisasi peltier dengan logam bismut dan timah .....	37
<b>Gambar 4.3 (a)</b> dan <b>(b)</b> Proses pengambilan data .....	38
<b>Gambar 4.4</b> Suhu tinggi dan rendah pada jarak 5 cm <b>(a)</b> tanpa pendingin dan <b>(b)</b> dengan pendingin.....	39
<b>Gambar 4.5</b> Suhu tinggi dan rendah pada jarak 10 cm <b>(a)</b> tanpa pendingin dan <b>(b)</b> dengan pendingin.....	40
<b>Gambar 4.6</b> Suhu tinggi dan rendah pada jarak 15 cm <b>(a)</b> tanpa pendingin dan <b>(b)</b> dengan pendingin.....	40
<b>Gambar 4.7</b> Pengukuran tegangan tanpa beban terhadap perbedaan Suhu Pada jarak 5 cm <b>(a)</b> tanpa pendingin dan <b>(b)</b> dengan pendingin .....	41
<b>Gambar 4.8</b> Pengukuran tegangan tanpa beban terhadap perbedaan Suhu Pada jarak 10 cm <b>(a)</b> tanpa pendingin dan <b>(b)</b> dengan pendingin .....	42
<b>Gambar 4.9</b> Pengukuran tegangan tanpa beban terhadap perbedaan Suhu Pada jarak 10 cm <b>(a)</b> tanpa pendingin dan <b>(b)</b> dengan pendingin .....	43
<b>Gambar 4.10</b> Pengukuran tegangan beban terhadap perbedaan Suhu Pada jarak 5 cm <b>(a)</b> tanpa pendingin dan <b>(b)</b> dengan pendingin .....	44
<b>Gambar 4.11</b> Pengukuran daya terhadap arus pada jarak 5 cm <b>(a)</b> dengan Pendingin dan <b>(b)</b> tanpa pendingin .....	45
<b>Gambar 4.12 (a)</b> Hambatan dalam ( $R_{in}$ ) peltier dengan logam timah dan Bismuth <b>(b)</b> Hambatan dalam ( $R_{in}$ ) peltier 12706.....	46

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1</b> Alat Penelitian .....	26
<b>Tabel 3.2</b> Bahan Penelitian.....	26
<b>Tabel 3.3</b> Hasil pencatatan data sebelum diberi beban.....	31
<b>Tabel 3.4</b> Hasil pencatatan data setelah diberi beban.....	31



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Istilah energi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *energia* yang berarti aktivitas. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia pengertian energi, yakni kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan (Azhar dan Satriawan, 2018). Energi didefinisikan sebagai suatu kemampuan untuk melakukan kerja. Energi juga merupakan suatu besaran yang dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Seperti pada sepeda motor, terjadi perubahan energi kimia menjadi energi mekanik dan *thermal* (Astra, 2010). Energi pada saat ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Energi merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional dan dipakai sebagai alat untuk mencapai tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan. Penggunaan energi di Indonesia masih didominasi oleh penggunaan energi tak terbarukan yang berasal dari fosil khususnya minyak bumi dan batu bara, namun seiring berjalannya waktu ketersediaan energi fosil semakin menipis dan untuk mengantisipasinya energi baru terbarukan (EBT) merupakan alternatif terbaik.

Energi sudah menjadi bagian dari kebutuhan masyarakat di negara mana pun, termasuk Indonesia (Azirudin, 2019). Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk Indonesia yang semakin bertambah memungkinkan penggunaan energi yang meningkat pula. Kebutuhan energi di masyarakat. Sebagai ujung tombak berbagai sektor kehidupan manusia seperti pertanian, pendidikan, kesehatan, transportasi, dan ekonomi. Pada 2018 Total Produksi Energi Primer (TPEP) Indonesia terdiri atas minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan energi terbarukan dengan angka 411,6 *Million tonnes of oil equivalent* (MTOE). Penggunaan energi di Indonesia untuk sektor transportasi merupakan yang paling tinggi yakni sebesar 40%, dilanjutkan

dengan sektor industri 36%, rumah tangga 16%, kegiatan komersial 6%, dan sektor lain sebesar 2% (Kementerian ESDM, 2018). Hingga sekarang, Indonesia masih bertumpu pada sumber energi tidak terbarukan, berupa bahan Bakar Minyak. Bahan Bakar Minyak digunakan di berbagai sektor kehidupan seperti transportasi, industri, hingga rumah tangga. Total konsumsi BBM secara nasional mencapai sekitar 1,63 juta barel tiap harinya dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia dan meningkatnya produktivitas masyarakat konsumsi Bahan Bakar Minyak akan terus meningkat (Prasetyo dkk., 2020).

Pemerintah Republik Indonesia memiliki tugas untuk menemukan solusi untuk memenuhi kebutuhan energi secara nasional, mulai dari kebijakan pengembangan energi baru dan terbarukan, kebijakan efisiensi energi, konservasi energi, hingga diversifikasi energi. Melalui Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) mengatur mengenai bauran energi nasional. Akibat tingginya konsumsi energi tidak terbarukan (energi dari fosil), pada 2007 diterbitkan Undang-undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi untuk pemanfaatan energi secara nasional. Banyak sumber-sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia yang berpotensi untuk menggantikan energi tidak terbarukan dari produk energi fosil (Silitong dkk., 2020).

Energi terbagi menjadi dua yakni energi terbarukan dan tidak terbarukan. Energi terbarukan adalah energi yang diperoleh dari sumber daya alam bumi yang tak terbatas dan tidak pernah habis. Energi terbarukan ini merupakan alternatif energi yang berasal dari alam dan tidak membahayakan untuk lingkungan. Energi tidak terbarukan merupakan energi yang diperoleh dari sumber daya alam yang melalui proses pembentukan selama ratusan tahun dan apabila energi ini habis, maka memerlukan waktu yang lama untuk dapat menggantikan energi tersebut. Adapun jenis-jenis energi tak terbarukan yaitu minyak bumi, batu bara dan gas alam. Sedangkan jenis-jenis energi terbarukan yaitu air, panas bumi, biomassa, surya atau matahari, angin, panas bumi dan nuklir (Agung, 2013).

Pada penelitian sebelumnya, telah dirancang karakteristik peltier pada elemen termoelektrik TEC-12706 sebagai efek seebeck untuk konversi energi alternatif penghasil listrik. Dengan menggunakan satu buah elemen termoelektrik TEC-12706 dengan sumber panas berupa kayu, lilin dan kompor paraffin. Uji elemen termoelektrik TEC-12706 dengan cara memanaskan sisi panas hingga elemen termoelektrik tidak dapat menghasilkan listrik atau rusak. Pada uji dengan sumber panas kayu didapat tegangan maksimum 3,3 V dengan suhu tertinggi 254 °C dan perbedaan suhu 80 °C, Pada uji dengan sumber panas lilin didapat tegangan maksimum 3,11 V dengan suhu tertinggi 196,5 °C dan perbedaan suhu 57 °C, Pada uji dengan sumber panas paraffin didapat tegangan maksimum 1,244 V dengan suhu tertinggi 157,5 °C dan perbedaan suhu 55,3 °C. Permasalahan pada penelitian ini adalah pada bahan elemen termoelektrik TEC-12706 yang terbuat dari dua jenis logam tin dan bismuth, dimana kedua jenis logam tersebut memiliki titik lebur 231,9 °C dan 271,4 °C. Saat temperatur melebihi titik lebur kedua logam maka peltier akan langsung rusak dan tidak dapat digunakan kembali, solusi yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui titik lebur dari kedua logam tersebut dan pada saat pengujian hindari kontak langsung dengan sumber panas agar tidak terjadi kerusakan pada bahan modul peltier (Kandar, 2021).

Selanjutnya masih pada penelitian sebelumnya telah dirancang generator termoelektrik dengan memanfaatkan panas yang terbuang dari api pembakaran untuk pengisian baterai *handphone*. Rangkaian pada penelitian ini terdiri dari 16 modul termoelektrik TEC-12706 yang setiap 8 modul dirangkai paralel kemudian 8 modul yang lainnya dirangkai seri dengan menggunakan kompor portebel sebagai sumber panas, hasil dari penelitian ini dapat menghasilkan tegangan sebesar 12,71 V dengan perbedaan suhu sebesar 31,14 °C. permasalahan pada penelitian ini masih menggunakan modul TEG yang tidak tahan panas ketika berada pada suhu tinggi sehingga *output* yang dihasilkan kurang baik. Solusi yang dapat digunakan dengan membuat sistem pendingin yang lebih bagus agar *output* yang dikeluarkan juga akan lebih besar dan merancang desain ulang yang lebih *compact* dan ringan karena manfaat pembuatan alat ini untuk kegiatan *outdoor* (Bustomy, 2020).

Pada penelitian ini dibuatlah rancangan generator TEG dengan menggunakan logam bismut dan timah seperti peltier 12706 (Kandar, 2021). Logam bismut dan timah akan dipotong menjadi pellet persegi dengan ukuran  $1 \text{ cm}^2$ , lalu pellet bismut dan timah akan dihubungkan dengan plat tembaga dan ditutup kembali dengan keramik alumina. Efek peltier dan efek seebeck akan diuji dengan menggunakan *power supply* dan multimeter untuk besaran listrik, untuk perbedaan suhu akan diukur dengan alat *thermocouple*. Hasil dari keluaran listrik pada rancangan ini ditargetkan dapat menghasilkan keluaran tegangan sebesar 5 V DC dan menenghasilkan perbedaan suhu sebesar  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Untuk membuat sistem generator TEG yang hanya dapat bekerja pada suhu dibawah  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ , diperlukan modul peltier tipe TEC-12706 yang dapat menghasilkan energi listrik bila diberikan perbedaan suhu pada tiap sisi. pada bagian sisi panas akan dipaparkan panas buangan dari tungku masak dan pada bagian sisi dingin akan menggunakan *heatsink* dengan pendingin berupa batu es. Agar energi listrik yang dihasilkan maksimal maka modul peltier tipe TEC-12706 sebanyak 10 buah dengan susunan seri. Dengan pengukuran besaran listrik dan suhu menggunakan alat ukur multimeter dan alat ukur *thermocouple*. Hasil dari keluaran listrik pada rancangan ini ditargetkan dapat menghasilkan keluaran tegangan lebih dari 5 V DC dengan perbedaan suhu sebesar  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana mengetahui pengaruh besaran listrik dari perbedaan suhu antara sisi panas dan sisi dingin pada generator termoelektrik?.
2. Berapa nilai tegangan, arus dan daya dari perbedaan suhu yang dapat diperoleh dari alat generator termoelektrik?.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Merancang generator termoelektrik peltier 12706 dan mengetahui nilai tegangan, arus dan daya dari perbedaan suhu dengan variasi jarak 5 cm, 10 cm dan 15 cm dari tungku masak dengan memanfaatkan buangan panas tungku masak industri rumah makan.
2. Merancang generator termoelektrik dengan logam timah dan bismut dan mengetahui nilai tegangan, arus dan daya dari perbedaan suhu.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut.

1. Memanfaatkan panas buangan dari tungku masak industri rumah makan.
2. Menghasilkan sumber energi listrik yang ramah lingkungan.
3. Membuat generator termoelektrik dengan TEC 12706 dan dua jenis logam yang berbeda yaitu timah dan bismut.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Piranti yang digunakan adalah modul peltier TEC 12706.
2. Modul peltier yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 10 buah.
3. Termoelektrik tanpa modul peltier TEC 12706 menggunakan prinsip kerja efek Seebeck dengan dua logam yang berbeda yaitu logam timah dan bismut.
4. Lokasi penelitian bertempat dirumah makan industri yang bernama bareh solok.
5. Menggunakan tungku masak berbahan bakar kayu dengan waktu masak selama empat jam pada rumah makan industri.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Putra dkk. (2010) melakukan penelitian potensi energi listrik dari dua belas modul peltier yang akan menjadi sumber energi alternatif untuk kendaraan *hibrid* dengan menggunakan panas buang dari motor bakar. Pengujian menggunakan dua belas peltier disusun seri dan paralel. Balok alumunium berukuran  $40 \times 40 \times 120 \text{ mm}^3$  yang bagian tengahnya diberi lubang berdiameter 10 mm digunakan sebagai dudukan termoelektrik. Di dalam lubang tersebut diletakan pemanas dengan sumber arus AC, dimana kalor yang dibangkitkan oleh pemanas tersebut disimulasikan sebagai panas dari gas buang kendaraan bermotor dan hasil pengujian karakterisasi termoelektrik yang dilakukan bahwa hasil penelitian termoelektrik generator dengan dua belas modul termoelektrik yang dipasang di sekitar sisi-sisinya menghasilkan keluaran daya dari pembangkit termoelektrik ini sekitar 8 W dengan perbedaan suhu rata-rata sebesar  $42,82 \text{ }^\circ\text{C}$ . Untuk menghasilkan tegangan yang tinggi peltier harus disusun secara seri sedangkan untuk mendapatkan kuat arus yang tinggi termoelektrik harus disusun secara paralel (Putra dkk., 2010).

Manab dan Fikri. (2020) melakukan penelitian dengan merancang sebuah pembangkit listrik alternatif menggunakan termoelektrik generator (TEG) dengan memanfaatkan tungku pemanas dengan menggunakan dua termoelektrik generator (TEG) yang di rangkai secara seri. Termoelektrik yang memanfaatkan perbedaan suhu dapat menghasilkan tegangan yang sesuai dengan efek seebeck. Pembangkit listrik alternatif yang telah dirancang tersebut terdiri dari termoelektrik, *boost converter* dan beban lampu DC 5 W. Pengujian dilakukan menggunakan *Boost Converter* dan menggunakan beban lampu DC 5 W selama 20 menit.

Hasil penelitian menggunakan *Boost Converter* menghasilkan tegangan sebesar 42,8 V dengan perbedaan suhu sebesar 90 °C, sedangkan menggunakan beban lampu DC 5 W menghasilkan tegangan sebesar 8,81 V dengan perbedaan suhu 82 °C dan arus yang dihasilkan sebesar 0,6 A, serta daya yang dihasilkan 4,84 W (Manap dan Fikri, 2020).

Khalid dkk. (2016) melakukan penelitian energi panas sebagai pembangkit listrik alternatif berskala kecil dengan menggunakan termoelektrik. Pemanfaatan energi panas sebagai pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro dapat dilakukan dengan menggunakan elemen termoelektrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kerja dari termoelektrik sebagai pembangkit energi listrik. Dengan menggunakan empat buah termoelektrik tipe TEC1-12706 dan aluminium sebagai penerima panas dan heatsink sebagai media pendingin. Variasi penelitian meliputi antara lain rangkaian termoelektrik tanpa beban dan berbeban yang dirangkai seri. Sumber panas yang dipilih yaitu sinar matahari. Hasil penelitian menunjukkan panas dari matahari dapat menjadi sumber energi listrik dengan kapasitas mikro yang cukup potensial. empat buah modul termoelektrik yang dirangkai secara seri menghasilkan tegangan sebesar 1,4 V ketika plat aluminium menyerap sinar matahari dengan beda temperatur antara sisi panas dan sisi dingin sebesar 31 K. Pada pengujian empat buah modul termoelektrik yang dirangkai seri dengan beban 10 ohm, didapat efisiensi maksimal dari pembangkit yaitu 0,314% pada menit ke 60 sejak pemaparan sinar matahari dengan  $\Delta T$  sebesar 30 K. Pada pengujian dengan beban panas api, didapat efisiensi maksimal dari pembangkit yaitu 1% pada menit ke 6 sejak pemanasan dengan  $\Delta T$  sebesar 63,5 K (Khalid dkk., 2016).

Busthomy (2020) telah melakukan penelitian generator termoelektrik dengan memanfaatkan panas yang terbuang dari api pembakaran kompor gas untuk mengisi baterai *handphone* bisa menghasilkan *output* untuk pengisian baterai *handphone*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan rangkaian campuran seri dan paralel masing masing menggunakan 8 termoelektrik, dengan perbedaan suhu 31,9 °C sampai 32 °C yang menghasilkan tegangan 4 V dan arus pengisian baterai 0,17 A pada saat kapasitas baterai 50% lama waktu pengisian baterai 4 jam 42 menit dan

pada saat perbedaan suhu 48 °C sampai 50,1 °C yang menghasilkan tegangan 4,2 V dan arus pengisian baterai 0,34 A pada saat kapasitas baterai 50% lama waktu pengisian baterai 2 jam 21 menit dengan ukuran baterai sebesar 800 mah (Bustomy, 2020).

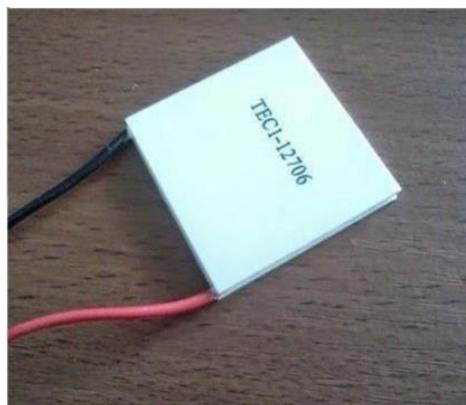
Kandar (2021) telah melakukan penelitian karakteristik peltier pada elemen termoelektrik TEC-12706 sebagai efek seebeck untuk konversi energi alternatif penghasil listrik. Dengan menggunakan satu buah elemen termoelektrik TEC-12706 dengan sumber panas berupa kayu, lilin dan kompor paraffin. Uji elemen termoelektrik TEC-12706 dengan cara memanaskan sisi panas hingga elemen termoelektrik tidak dapat menghasilkan listrik atau rusak. Pada uji dengan sumber panas kayu didapat tegangan maksimum 3,3 V dengan suhu tertinggi 254 °C dan perbedaan suhu 80 °C, Pada uji dengan sumber panas lilin didapat tegangan maksimum 3,11 V dengan suhu tertinggi 196,5 °C dan perbedaan suhu 57 °C, Pada uji dengan sumber panas paraffin didapat tegangan maksimum 1,244 V dengan suhu tertinggi 157,5 °C dan perbedaan suhu 55,3 °C. Permasalahan pada penelitian ini adalah pada bahan elemen termoelektrik TEC-12706 yang terbuat dari dua jenis logam tin dan bismuth, dimana kedua jenis logam tersebut memiliki titik lebur 231,9 °C dan 271,4 °C. Saat temperatur melebihi titik lebur kedua logam maka peltier akan langsung rusak dan tidak dapat digunakan kembali. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan mengetahui titik lebur dari kedua logam tersebut dan pada saat pengujian hindari kontak langsung dengan sumber panas agar tidak terjadi kerusakan pada bahan modul peltier. Pada penelitian ini ditentukan besar energi yang mampu dihasilkan oleh peltier jenis TEC1-12706 dengan variasi sumber panas kayu, lilin, dan paraffin. Dari hasil penelitian didapatkan tegangan keluaran peltier 0,1 - 3 V (Kandar, 2021).

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu menganalisa keluaran energi listrik dari dua generator yang bersumber dari api tungku masak dengan menggunakan modul peltier TEC-12706 dan menggunakan dua logam yang berbeda yaitu logam timah dan bismuth prinsip kerja efek seebeck dan efek peltier. Dengan menggunakan modul peltier TEC-12706 sebanyak sepuluh buah yang akan disusun secara seri serta *heatsink* pada sisi dingin dengan pendingin berupa batu es.

Untuk generator termoelektrik dengan menggunakan dua jenis logam berbeda yaitu logam timah dan bismut yang saling terhubung.

## 2.2 Termoelektrik

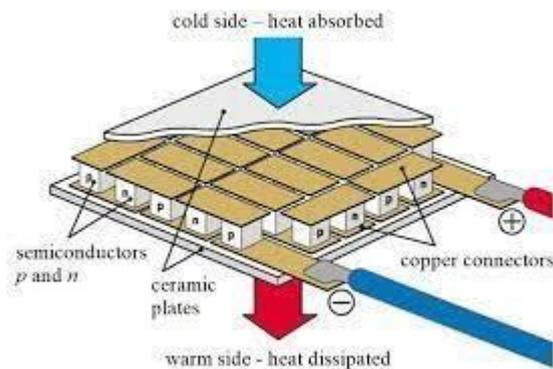
Termoelektrik generator merupakan sebuah piranti yang mampu mengkonversi energi panas menjadi energi listrik secara langsung berdasarkan efek Seebeck yang akan membangkitkan listrik DC, termoelektrik juga memiliki biaya perawatan yang murah dan tidak ada biaya pengoperasian dan teknologi pembangkit listrik yang menggunakan efek Seebeck dimana dapat mengubah perbedaan temperatur pada material semikonduktor menjadi listrik. Prinsip kerja dari Termoelektrik generator yaitu membutuhkan perbedaan temperatur yang tinggi agar menghasilkan tegangan, arus dan daya yang besar termoelektrik generator mampu menghasilkan daya  $12 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  hanya dengan selisih temperatur  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Termoelektrik generator (TEG) menggunakan sistem efek Seebeck, efek Seebeck membuktikan adanya medan magnet yang menggerakkan jarum kompas ketika dipasangkan diantara rangkaian logam besi dan tembaga salah satu sisinya dipanaskan, medan magnet timbul karena adanya listrik akibat logam yang dipanaskan. Bahan termoelektrik yang baik seharusnya memiliki karakteristik, konduktivitas listrik yang tinggi meminimalkan kenaikan temperatur dari hambatan ke arus listrik yang mengalir, koefisien Seebeck yang besar pada perubahan maksimal dari panas ke daya listrik, dan konduktivitas panas yang rendah dapat mencegah konduksi panas melalui bahan (Manap dan Fikri, 2020). Bentuk dari modul termoelektrik disajikan pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Modul peltier (Gunawan dkk, 2017).

### 2.3 Prinsip Kerja Termoelektrik

Elemen termoelektrik terdiri dari semikonduktor tipe N dan tipe P yang bagian atas dan bawah dilapisi dengan konduktor tembaga sebagai penghubung satu sama lain antara tipe N dan tipe P. Konduktor tembaga pada termoelektrik membantu perpindahan elektron-elektron untuk dapat bergerak bebas. Apabila batang logam dipanaskan dan didinginkan pada dua kutub batang logam tersebut, elektron pada sisi panas logam akan bergerak aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan pada sisi bagian dingin logam. Proses perpindahan panas yang dapat memengaruhi perpindahan elektrok disajikan pada **Gambar 2.2**.

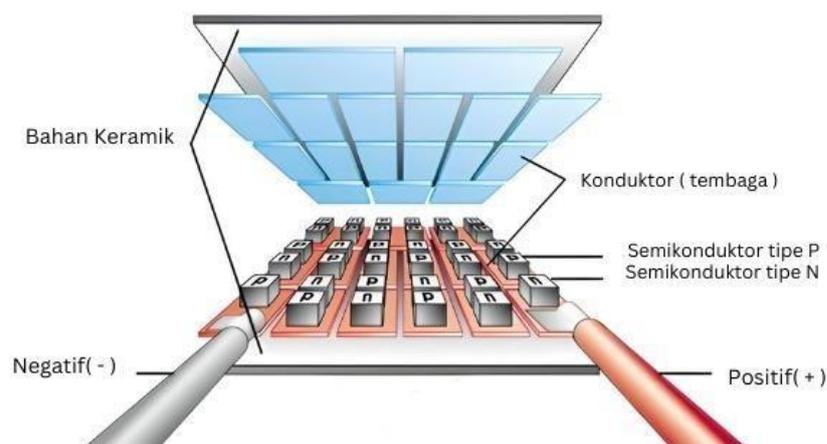


**Gambar 2.2** Prinsip kerja termoelektrik (Ryuanuargo dkk., 2014).

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, sebuah termoelektrik diwakili oleh rangkaian termo-listrik dimana generator termoelektrik diletakkan diantara 2 *reservoir* suhu yaitu sisi panas dan sisi dingin. Perbedaan suhu ini berpengaruh pada besaran energi panas yang diserap oleh termoelektrik serta besaran tegangan dan arus yang akan dihasilkan. Sebuah TEG dikarakteristikan dengan adanya hambatan listrik, konduktansi termal dan koefisien Seebeck (Khalid dkk., 2016).

## 2.4 Karakteristik Termoelektrik TEC 12706

Saat ini terdapat beberapa jenis termoelektrik yang banyak tersebar di pasaran setiap termoelektrik dapat memiliki karakteristik yang berbeda tergantung dari jenis bahan semi konduktor yang digunakan serta perbedaan kerapatan elektron yang dimiliki. Pada penelitian ini digunakan termoelektrik TEC 12706 terdiri dari susunan dua logam jenis timah dan bismuth yang dilapisi oleh bahan keramik Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dimana kedua jenis logam tersebut memiliki titik lebur  $231,9\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $271,4\text{ }^\circ\text{C}$ . Saat temperatur melebihi titik lebur kedua logam dan sambungan kedua logam tersebut ( $150\text{ }^\circ\text{C}$ ), maka peltier akan langsung rusak dan tidak dapat digunakan kembali. Dapat disimpulkan bahwa saat temperatur telah sampai melebihi  $150\text{ }^\circ\text{C}$  maka peltier telah memasuki fase *overheat*, dimana pada akhirnya benar benar rusak sedangkan untuk suhu terendah mencapai  $-5\text{ }^\circ\text{C}$  (Kandar, 2021). Untuk mengetahui spesifikasi dari tiap termoelektrik bisa di cek melalui kode yang tercantum pada salah satu platnya. Sebagai contoh jika pada plat tertulis kode TEC 12706 maka ini mengartikan bahwa, TEC adalah kode untuk *thermal electric cooler*, angka 12 menunjukkan besar tegangan yang dibutuhkan sebesar 12 Volt. Kemudian dua angka terakhir yaitu 06 menunjukkan besar ampere yang dibutuhkan untuk kerja optimal yakni 6 A (Diki dkk., 2022). Struktur sistm dari termoelektrik disajikan pada **Gambar 2.3**.

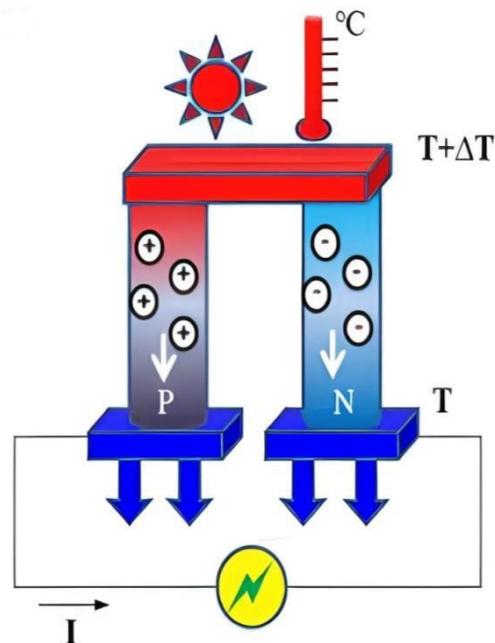


**Gambar 2.3** Modul peltier (Canceria dkk., 2018).

Termoelektrik ini memiliki potensi menghasilkan energi listrik bila perbedaan suhu permukaan termoelektrik semakin besar maka tegangan yang dihasilkan akan semakin besar. Masih terbuka peluang penelitian lanjutan untuk mengembangkan purwarupa ini sehingga menghasilkan tegangan dan efisiensi yang lebih tinggi. Tegangan yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan menyusun termoelektrik secara seri. Sedangkan efisiensi yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan menggunakan wadah pembakaran yang terisolasi, sehingga tidak ada panas yang terbuang percuma (Pradana dkk., 2021).

## 2.5 Prinsip kerja efek Seebeck

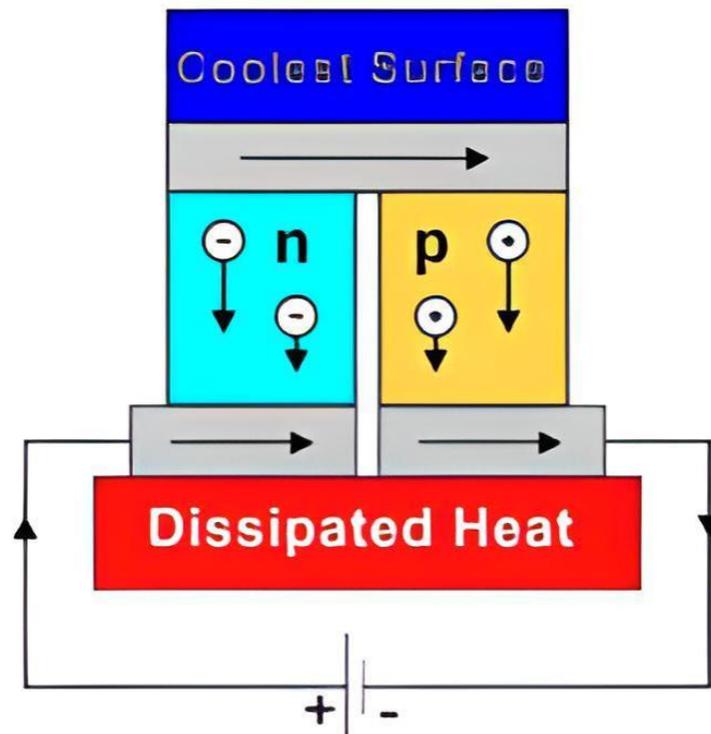
prinsip kerja generator termoelektrik di mana dua logam dihubungkan lalu pada ujung sisi logam dipanas dan satu sisi logam didinginkan maka akan menggerakkan elektron pada batang sisi panas yang memiliki suhu tinggi dengan material logam (material yang kelebihan elektron) menuju sisi dingin dengan suhu yang lebih rendah (material yang kekurangan elektron) melalui *metal connection*. Sehingga akan timbul arus listrik dari pergerakan elektron tersebut (Purba dkk., 2019). Koefisien Seebeck menjelaskan bahwa pada saat *thermocouple* dipanaskan, kondisi semikonduktor yang terisi banyak elektron koefisien seebecknya bertanda negatif. Sedangkan semikonduktor yang kekurangan elektron koefisien Seebecknya bertanda positif jadi koefisien Seebecknya setiap logam ada yang bernilai positif dan ada yang bernilai negatif (Ginanjar dkk., 2019). Prinsip kerja efek Seebeck disajikan pada **Gambar 2.4.**



**Gambar 2.4** Prinsip kerja efek Seebeck (Pradana dkk., 2021).

## 2.6 Prinsip kerja efek Peltier

Efek peltier dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub meterialnya, dalam hal ini semikonduktor. Efek ini merupakan bagian terpenting dari generator termoelektrik, kedua sisi yang terbuat dari keramik memiliki fungsi sebagai sisi panas dan sisi dingin yang kemudian menghasilkan arus positif dan negatif. Jika nilai tegangan dan arus telah didapatkan, besar daya peltreer dapat diperhitungkan dengan persamaan dibawah ini (Putra dkk., 2010). Prinsip kerja efek peltier disajikan pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5** Prinsip kerja efek peltier (Irawan dkk., 2019).

## 2.7 Efek Joule - Thomson

Efek thomson merupakan suatu fenomena penyerapan dan pembuangan kalor ketika arus listrik mengalir melewati sebuah sirkuit, pada bahan yang memiliki suhu berbeda dan efek joule merupakan fenomena dimana arus listrik mengalir pada konduktor yang memiliki hambatan. Kalor tersebut akan terbawa mengalir sepanjang jalur dari sirkuit, kalor yang terbawa memiliki aliran sesuai dengan aliran arus yang melewati bahan. Kalor yang dialirkan juga akan menyebabkan semakin tingginya resistansi pada bahan konduktor yang menyebabkan semakin panasnya bahan. Ketika kedua bahan memiliki jarak yang berdekatan, maka kalor akan diserap secara langsung dari konduktor oleh bahan yang memiliki suhu lebih rendah (alfian, 2020). Rumus hambatan termal dapat ditulis pada Persamaan (2.1).

$$Q = \frac{K.A.\Delta T}{L} \quad (2.1)$$

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{Q} \quad (2.2)$$

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{\frac{K.A.\Delta T}{L}} \quad (2.3)$$

$$R_{th} = \frac{L}{K.A} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$R_{th}$  = hambatan termal (K/W);

$K$  = konduktivitas termal (W/m K);

$L$  = tebal benda (m);

$A$  = luas permukaan (m<sup>2</sup>).

(Ginjar dkk., 2019).

## 2.8 Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat atau material ke bagian lainnya. Pada perpindahan kalor secara konduksi tidak ada bahan dari logam yang berpindah, yang terjadi adalah molekul-molekul logam yang diletakkan di atas nyala api membentur molekul-molekul yang berada di dekatnya dan memberikan sebagian panasnya. Molekul-molekul terdekat kembali membentur molekul molekul terdekat lainnya dan memberikan sebagian panasnya, dan begitu seterusnya di sepanjang bahan sehingga suhu logam naik. Jika padatan adalah logam maka perpindahan energi kalor dibantu oleh elektron-elektron bebas, yang bergerak diseluruh logam, sambil menerima dan memberi energi kalor ketika bertumbukan dengan atom-atom logam (Rokhimi dan Pujayanto, 2017).

Rumus konduksi dapat ditulis pada Persamaan (2.5).

$$Q = \frac{k.A.\Delta T}{L} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$Q$  = jumlah kalor yang mengalir (W);

$k$  = konduktivitas termal (W/m °C);

$A$  = luas (m<sup>2</sup>);

$\Delta T$  = perbedaan suhu (°C);

$L$  = panjang (m);

(Rokhimi dan Pujayanto, 2017).

## 2.9 Konveksi

Perpindahan kalor secara aliran atau konveksi adalah perpindahan kalor yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida (cair atau gas). Molekul-molekul fluida tersebut dalam gerakannya melayang kesana kemari membawa sejumlah kalor. Konveksi adalah perpindahan panas melalui media gas atau cairan seperti udara di dalam es dan air yang dipanaskan di dalam ceret. Perpindahan panas secara konveksi dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu: konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Laju perpindahan panas secara konveksi antara suatu fluida dapat dinyatakan dalam (Yohana dan Novariawan, 2013).

Rumus konveksi adalah

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (2.6)$$

Keterangan:

$Q$  = jumlah kalor yang mengalir (W);

$h$  = konduktivitas termal (W/m<sup>2</sup> °C);

$A$  = luas (m<sup>2</sup>);

$\Delta T$  = perbedaan suhu (°C);

(Sudarto dkk., 2010).

## 2.10 Sistem Konversi Energi Termoelektrik

Elemen peltier adalah merupakan bagian penting generator termoelektrik, kedua sisi yang terbuat dari keramik memiliki fungsi sebagai sisi panas dan sisi dingin yang kemudian menghasilkan arus positif dan negatif. Faktor dari perbedaan suhu inilah yang dapat mempengaruhi besarnya tegangan yang dihasilkan. Pada Termoelektrik, jika terdapat perbedaan temperatur antar dua sambungan, maka akan dihasilkan tegangan listrik atau efek Seebeck, dimana pemanasan (atau pendinginan) dari sambungan dua bahan yang berbeda menghasilkan potensial listrik dapat ditulis pada Persamaan (2.7).

$$V = \alpha \Delta T \quad (2.7)$$

Keterangan:

- $V$  = tegangan (V);
- $\alpha$  = koefisien Seebeck (V/K);
- $\Delta T$  = perbedaan suhu (K).

Peristiwa sebaliknya, perbedaan temperatur akan dihasilkan jika ada arus yang mengalir, yaitu efek Peltier yang dapat ditulis pada Persamaan (2.8).

$$Q = \alpha IT \quad (2.8)$$

Keterangan:

- $Q$  = kalor (W);
- $I$  = arus (A);
- $T$  = suhu (K).

Kemudian, karena adanya perbedaan temperatur, maka terjadi perpindahan kalor. Karena perpindahan kalor secara konduksi sangat dominan, maka pada modul termoelektrik diasumsikan bahwa konduksi antara kedua sisi modul diabaikan. Oleh karenanya dapat ditulis pada Persamaan (2.10).

$$Q = \frac{\Delta T}{R_{th}}, \text{ dengan } R_{th} = \frac{L}{KA} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$Q$  = besarnya perpindahan kalor konduksi (W);

$R_{th}$  = hambatan termal (K/W);

$\Delta T$  = perbedaan temperatur antara kedua sisi modul termoelektrik (K).

Selain itu ketika arus listrik melauai suatu bahan, maka selalu ada kalor yang di hasilkan yang dinamakan *joule heating* yang ditulis pada Persamaan (2.11).

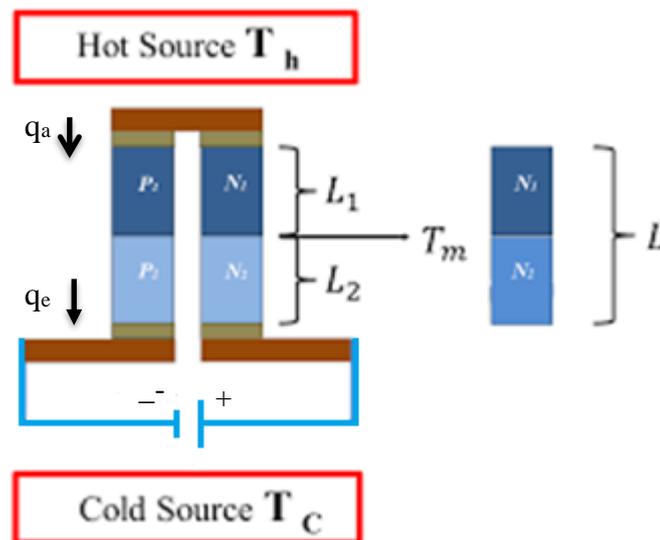
$$Q = I^2 R \quad (2.10)$$

Keterangan:

$Q$  = kalor (J);

$I$  = arus (A);

$R$  = hambatan ( $\Omega$ ).



**Gambar 2.6** Proses konversi energi termoelektrik (Lineykin and Ben-Yaakov 2007).

Untuk menghitung besarnya kalor yang di absorpsi (di sisi panas) dan kalor yang di emisikan (di sisi dingin) maka semua energi (termal) yang di sebutkan di atas harus diperhitungkan. Oleh karena itu Persamaan kesetimbangan energi pada penyerapan kalor atau penyerapan kalor pada logam yang memiliki temperatur panas dengan Persamaan yang ditulis pada (2.11).

$$q_{panas} = \alpha IT_{panas} + \frac{\Delta T}{R_{th}} - \frac{I^2 R}{2} \quad (2.11)$$

Dapat dilihat pada persamaan di atas efek peltier bernilai yang positif karena inilah menyerap kalor dari lingkungan dan konduksi bernilai positif karena menyerap kalor lingkungan. *Joule heating* juga berkurang ini karena *joule heating* melepas kalor dan melepas kalor ke sisi dingin dengan Persamaan yang ditulis pada (2.12).

Pada bagian *joule heating* besarnya dibagi dua karena dianggap total hambatan pada modul termoelektrik adalah  $R$ , sedangkan pada termoelektrik terdapat dua sisi sehingga  $\frac{1}{2}R$  berada di sisi panas dan  $\frac{1}{2}R$  lainnya berada di sisi dingin. Untuk Persamaan energi di sisi yang dingin atau di emisikan, energi yang diemisikan dapat dituliskan pada Persamaan (2.12).

$$Q_{dingin} = \alpha IT_{dingin} + \frac{\Delta T}{R_{th}} + \frac{I^2 R}{2} \quad (2.12)$$

Dapat dilihat pada persamaan di atas efek peltier bernilai yang positif karena inilah menyerap kalor dari sisi panas dan konduksi bernilai positif karena menyerap kalor sisi panas. *Joule heating* juga bertambah ini karena *joule heating* menerima kalor dari sisi panas dengan Persamaan yang ditulis pada (2.12).

Pada dua sambungan logam semikonduktor terjadi aliran kalor yang mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah maka Persamaan ditulis pada Persamaan (2.13).

$$\Delta W = q_{dingin} - q_{panas} \quad (2.13)$$

Akibat dari mengalirnya kalor pada logam semikonduktor menghasilkan tegangan listrik yang disebabkan oleh mengalirnya elektron bebas dengan persamaan yang dapat ditulis pada persamaan (2.14).

$$W = IV \quad (2.14)$$

Dapat dilihat bahwa untuk kalor yang memiliki temperatur tinggi ditulis pada Persamaan (2.11) dan temperatur rendah ditulis pada Persamaan (2.12), maka substitusikan Persamaan (2.11) dan (2.12) kedalam Persamaan (2.13).

$$W = (\alpha IT_{dingin} + \frac{\Delta T}{Rth} + \frac{I^2 R}{2}) - (\alpha IT_{panas} + \frac{\Delta T}{Rth} - \frac{I^2 R}{2}) \quad (2.15)$$

Dari Persamaan (2.15) terdapat variabel yang sama pada kedua sisi yang dapat di eliminasi maka persamaan energi yang dihasilkan termoelektrik dapat ditulis pada Persamaan (2.16).

$$IV = \alpha I( T_{panas} - T_{dingin} ) + I^2 R \quad (2.16)$$

Dengan mengeliminasi arus pada sisi kanan dan kiri maka didapat tegangan listrik yang dihasilkan dari termoelektrik maka persamaannya menjadi seperti Persamaan (2.17)

$$V = \alpha \Delta T + IR \quad (2.17)$$

Keterangan:

- $V$  = tegangan (V);
- $\alpha$  = koefisien Seebeck (V/K);
- $\Delta T$  = perbedaan suhu (K);
- $I$  = arus (A);
- $R$  = hambatan listrik ( $\Omega$ ).

(Lineykin and Ben-Yaakov, 2007).

## 2.11 Koefisien Seebeck Dengan Dua Logam Berbeda

Efek seebeck mengacu pada fenomena tegangan yang melintasi dua buah logam yang berbeda, jika hubungan antara suhu dan tegangan dapat diketahui maka koefisien efek seebeck dapat diketahui:

$$\Delta V = -S\Delta T \quad 2.19$$

$$S = \frac{dE}{dT} \quad 2.20$$

$$E_s = \int_{TL}^{TH} (S_b - S_a) dT \quad 2.21$$

$$S_{B-A} = S_B - S_A \quad 2.22$$

(Fiflis dkk., 2013).

Dengan  $S$  merupakan koefisien efek seebeck,  $S_{B-A}$  merupakan koefisien efek seebeck yang dimiliki oleh dua bahan yang berbeda.

Pada penelitian ini digunakan dua logam yang berbeda yaitu logam bismuth dan logam timah. Logam bismuth dan logam timah memiliki koefisien seebeck sebesar  $-72 \mu\text{V/K}$  dan  $-1,5 \mu\text{V/K}$ . Maka dengan menggunakan Persamaan (2.22) didapat besar koefisien seebeck pada penelitian ini sebesar  $70,5 \mu\text{V/K}$ . Sedangkan koefisien seebeck dari peltier 12706 sebesar  $53 \text{ mV/K}$ .

## 2.12 Karakteristik Bismut (Bi)

Bismut (Bi) adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang termasuk sebuah unsur logam. Dari semua jenis logam, unsur ini paling bersifat diamagnetik dan merupakan unsur kedua setelah raksa yang memiliki konduktivitas termal terendah. Tidak ada material lain yang lebih natural diamagnetik dibandingkan Bismut (Bi). Bismut (Bi) memiliki titik leleh yang lebih rendah dari logam lainnya, ketika teroksidasi bismuth (Bi) yang telah dilelehkan akan berbentuk menjadi kristal (Salsabila dan Siagian, 2021). Bismut memiliki warna putih keperakan dengan kilap rendah yang mirip dengan perak, massa jenis bismuth sebesar  $9,78 \text{ g/cm}^3$ . Padatan ini lebih rendah dari kebanyakan logam lainnya sehingga bismuth merupakan salah satu logam paling ringan, bismut memiliki titik lebur yang relatif rendah sebesar  $271 \text{ }^\circ\text{C}$  dan titik didih sebesar  $1.560 \text{ }^\circ\text{C}$  karena titik lebur yang relatif rendah bismuth dapat dileburkan dan dibentuk dengan mudah, konduktivitas listrik dan termal bismut relatif rendah dibanding dengan logam lainnya, untuk konduktivitas termal sebesar  $7,79 \text{ W/mK}$ , bismuth memiliki sifat lentur sehingga bismuth dapat digunakan dalam pembuatan perangkat elektronik dan alat presisi lainnya. Logam bismut disajikan pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.7** Logam Bismut (Salsabila dan Siagian, 2021).

### 2.13 Karakteristik Timah (Sn)

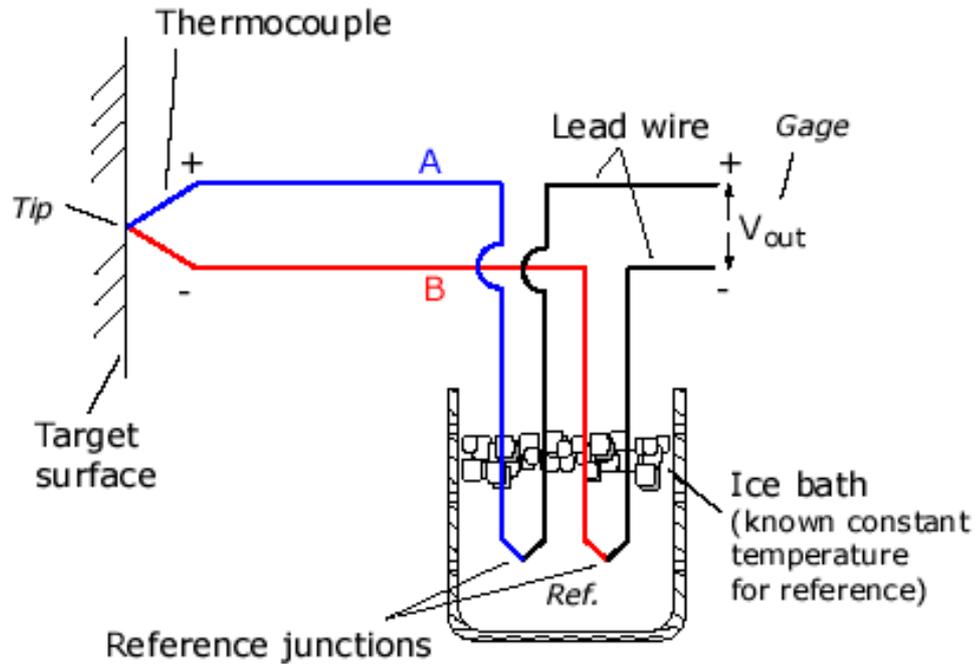
Timah adalah logam berwarna putih keperakan, dengan kekerasan yang rendah, berat jenis  $7,3 \text{ g/cm}^3$ , serta mempunyai sifat konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Dalam keadaan normal ( $13\text{--}1.600 \text{ }^\circ\text{C}$ ) logam ini bersifat mengkilap dan mudah dibentuk (Yulianti dkk., 2020). Timah memiliki warna abu-abu mengkilap dan dapat menjadi putih keperakan ketika dipoles, massa jenis sebesar  $7,28 \text{ g/cm}^3$  titik lebur dan titik didih timah sebesar  $231,9 \text{ }^\circ\text{C}$  dan  $2.270 \text{ }^\circ\text{C}$  serta konduktivitas termal sebesar  $67 \text{ W/mK}$ , timah tahan terhadap korosi air laut dan timah dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pembuatan solder, lem, pigmen, baterai dan produk baja paduan logam lainnya. Logam timah disajikan pada **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.8** Logam Timah (Yulianti dkk., 2020).

#### **2.14** *Thermocouple*

*Thermocouple* merupakan sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu menjadi perubahan tegangan, hal ini disebabkan oleh perbedaan kerapatan yang dimiliki oleh masing-masing logam yang bergantung pada massa jenis logam. Sama halnya dengan sensor pada umumnya yang dapat digunakan sebagai input pada sebuah *system* kendali, sensor termokopel selain dapat membaca perubahan suhu juga dapat berperan sebagai input analog pada sebuah *system* kendali. Didalam dunia industri, penggunaan sensor *Thermocouple* sering dijumpai pada sistem yang mengharuskan suhu tertentu mengaktifkan output atau dengan kata lain pada saat parameter suhu dijadikan sebagai *input analog* (Sari dkk., 2018). *Thermocouple* bekerja berdasarkan efek Seebeck, mengubah perbedaan antara suhu sambungan acuan dengan suhu sambungan ukur menjadi tegangan listrik (Estko, 2004). Sensor suhu yang bekerja berdasarkan prinsip efek termoelektrik dimana dari dua kawat logam berbeda dihubungkan diujung-ujungnya untuk membentuk sebuah *junction*. Saat *junction* ditempatkan pada suhu yang berbeda, terjadi perbedaan potensial listrik dan dari perbedaan potensial listrik ini lah dapat digunakan sebagai mengukur suhu. Prinsip kerja *Thermocouple* disajikan pada **Gambar 2.8**.



**Gambar 2.9** Prinsip kerja *Thermocouple* (Pratama dkk., 2018).

## 2.15 Heatsink

Heatsink adalah komponen yang dapat menurunkan tahanan termal dan temperatur operasi komponen serta digunakan untuk meningkatkan pelepasan panas pada komponen mikroelektronik dan komponen elektronik penghasil panas lainnya (Purnama, 2011). *Heatsink* disajikan pada gambar **Gambar 2.9**.



**Gambar 2.10** *Heatsink* (Akbar dkk., 2021).

## 2.16 Lampu LED

LED merupakan kependekan dari *Light Emitting Diode*, yakni salah satu dari banyak jenis perangkat semikonduktor yang mengeluarkan cahaya ketika arus listrik melewatinya. LED adalah sejenis diodasemikonduktor istimewa. Seperti sebuah dioda normal, LED terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut *p-n junction*. Panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan, dan warnanya, tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk *p-n junction* (Suryana, 2013). Lampu DC disajikan pada **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.11** Lampu LED (Hakim, 2020).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Ruang Workshop Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dan di Rumah Makan Bareh Solok Jalan Soekarno Hatta No.lk. III, Labuhan Ratu, Kota Bandar Lampung pada bulan Oktober 2022 sampai dengan Februari 2023.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.1**

**Tabel 3.1** Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	<i>Thermocouple digital</i>	Mengukur besaran suhu
2	Multimeter	Mengukur besaran listrik
4	Gerinda	Memotong batang logam
5	Solder	Penyambung antar komponen listrik
6	<i>Power supply</i>	Memberi arus listrik DC

Selanjutnya, bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.2**

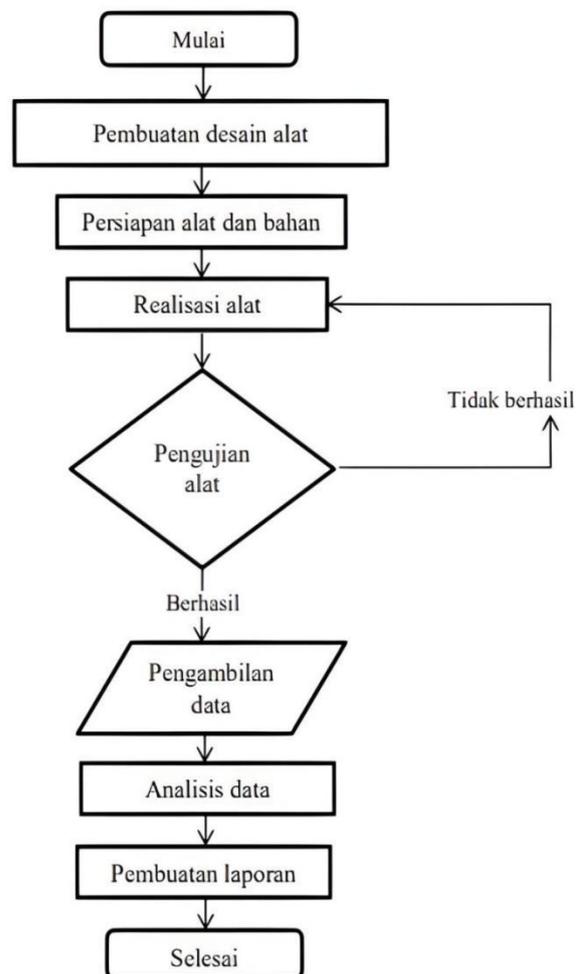
**Tabel 3.2** Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Modul peltier tipe 12706 dimensi 4 cm × 4 cm	Menghasilkan besaran listrik ketika diberi perbedaan suhu
2	logam Bismut	Tempat mengalirnya kalor
3	logam Timah	Tempat mengalirnya kalor

No	Nama Bahan	Fungsi
4	Heatsink 20 cm × 8 cm	Media melepas kalor
5	Lampu 8 watt	Sebagai beban
6	Resistor 100 Ω	Sebagai beban
7	Lem pipa silen	Merekatkan benda logam–logam/nonlogam
8	Tungku masak	Sumber panas
9	Es batu	Sumber dingin
10	kaca	Kerangka kotak es

### 3.3 Prosedur Penelitian

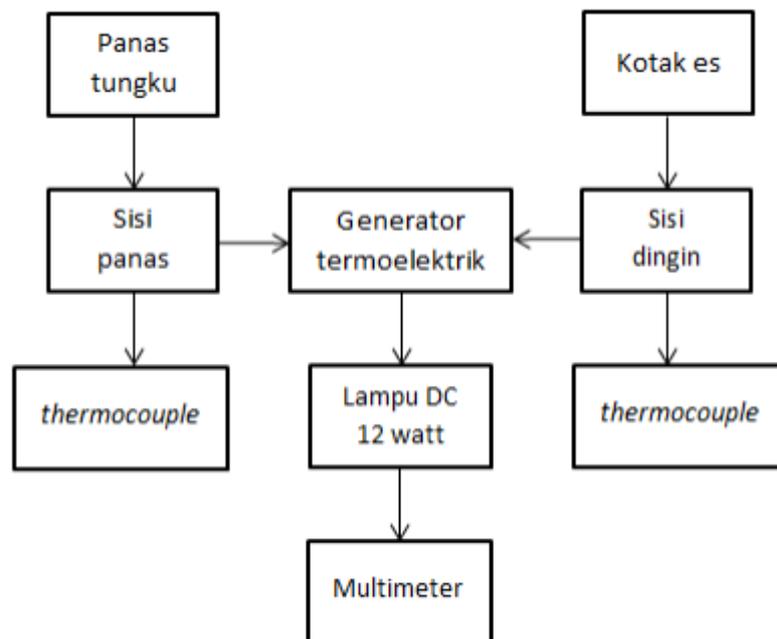
Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap yaitu tahap perancangan dan pengambilan data. Diagram alir ini ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram alir.

### 3.3.1 Perancangan Perangkat Generator Termoelektrik dengan TEC 12706

Pada penelitian ini generator termoelektrik dibangun dengan menggunakan modul peltier tipe 12706 dengan memanfaatkan tungku masak rumah makan, pada bagian ini perangkat yang dibuat dengan menggunakan modul peltier tipe 12706 dengan dimensi  $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$  sebagai media untuk menghasilkan listrik dari perbedaan suhu sisi panas dari panas tungku masak dan sisi dingin dari kotak es. Listrik yang dihasilkan dari modul peltier akan diukur dengan alat ukur multimeter mengukur besaran listrik dan diberi beban berupa lampu DC 8 watt. Diagram blok dari sistem ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2** Diagram blok sistem termoelektrik dengan TEC 12706.

Pada perangkat generator termoelektrik dengan TEC 12706 menggunakan bahan kaca sebagai kerangka pendingin kotak es. Lalu pada bagian depan alat termoelektrik akan di susun modul peltier secara seri sebanyak 10 buah menjadi ukuran  $20\text{ cm} \times 8\text{ cm}$  yang akan terpapar panas tungku masak sedangkan sisi bagian belakang alat termoelektrik terdapat kotak pendingin yang berisi es batu dan didalam ruang pendingin dipasang *heatsink* dengan ukuran  $20\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ , total ukuran generator termoelektrik menjadi  $20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ . Tahap selanjutnya mengukur perbedaan suhu dan keluaran besaran listrik sebelum diberi beban dan

diberi beban berupa lampu DC 8 watt yang akan diukur dengan *termocouple* dan multimeter. Desain alat ini dapat dilihat pada gambar **Gambar 3.3**.



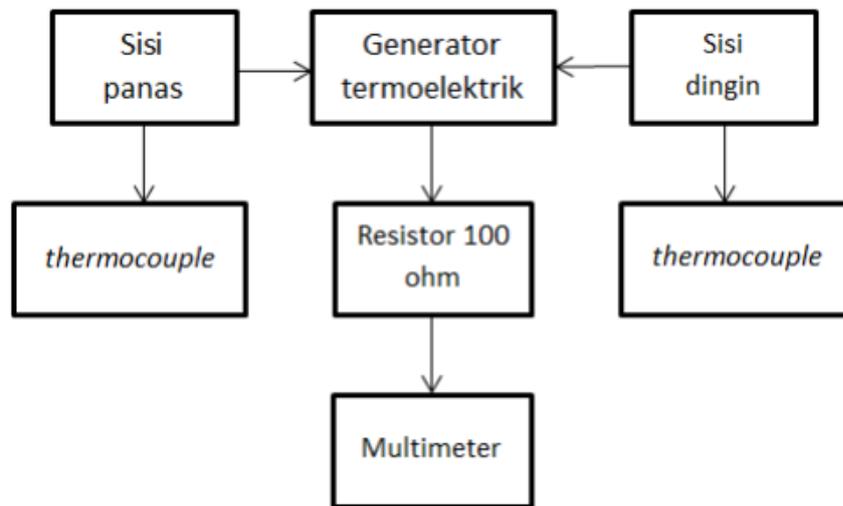
**Gambar 3.3.**(a) Desain alat generator termoelektrik dengan TEC 12706 dan (b) Desain realisasi generator termoelektrik.

### 3.3.2 Pengujian Alat Generator Termoelektrik dengan TEC 12706

Proses pengambilan data ini dilakukan secara manual, yaitu dengan mengukur besaran listrik menggunakan alat multimeter yang terhubung dengan generator termoelektrik, untuk perbedaan suhu akan diukur dengan menggunakan *termocouple*. Alat akan diuji sebanyak 15 kali setiap 3 menit dengan jarak 5 cm, 10 cm dan 15 cm dari tungku masak, alat akan diuji dengan beban dan tanpa beban berupa lampu DC 8 watt. Dilakukan pada pukul 07:00 WIB hingga pukul 11:30 WIB.

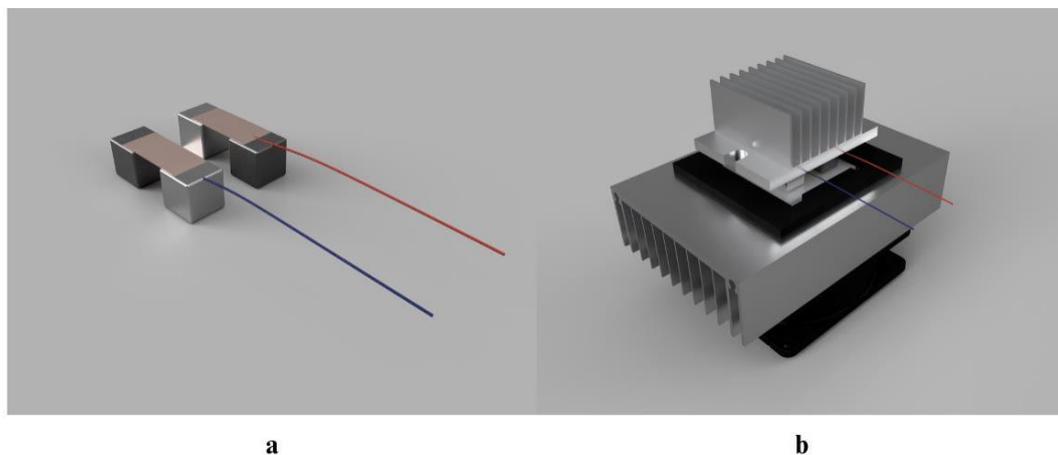
### 3.3.3 Perancangan Perangkat Generator Termoelektrik dengan Dua Logam Berbeda

pada bagian ini perangkat generator termoelektrik dibuat dengan menghubungkan dua batang logam yang berbeda yaitu timah dan bismut yang memanfaatkan panas tungku masak untuk menghasilkan besaran listrik dan diberi beban berupa resistor  $100 \Omega$  yang akan diukur dengan multimeter dan pada kedua sisinya terhubung dengan *themocouple* untuk mengukur perbedaan suhu. Diagram blok dari sistem ini dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.4** Diagram blok sistem termoelektrik dengan dua logam.

Pada perangkat generator termoelektrik ini akan dihubungkan dua batang logam timah dan bismut yang dipotong menggunakan gerinda menjadi bentuk pellet kotak kecil dengan ukuran  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$  setelah itu pellet yang telah dipotong akan dihubungkan secara seri dengan plat tembaga dan ditutup kembali dengan plat aluminium pada bagian atas dan bawah sehingga ukuran generator peltier menjadi  $4\text{ cm} \times 4\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ . Selanjutnya pada tahap pengukuran salah satu bagian plat keramik aluminium akan dipaparkan panas tungku masak untuk menghasilkan perbedaan suhu sehingga menghasilkan keluaran besaran listrik sebelum diberi beban dan diberi beban berupa resistor  $100\ \Omega$ . Desain alat ini dapat dilihat pada gambar **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5.**(a) Desain alat generator termoelektrik dengan dua logam dan (b) Desain realisasi generator termoelektrik dengan dua logam.

### 3.3.4 Pengujian Alat Generator Termoelektrik dengan Dua Logam Berbeda

Proses pengambilan data ini dilakukan secara manual, yaitu dengan mengukur besaran listrik dan suhu dari generator termoelektrik dengan alat multimeter dan *termocouple*. Generator termoelektrik akan diuji sebanyak 15 kali setiap 3 menit dengan tanpa beban dan diberi beban berupa resistor 100  $\Omega$ . Dilakukan pada pukul 09:00 WIB hingga pukul 11:30 WIB.

### 3.4 Rancangan Data Hasil Penelitian

Pada **Tabel 3.3** dan **Tabel 3.4** merupakan rancangan data generator termoelektrik pada penelitian ini yaitu perbedaan suhu, tegangan, arus dan lama waktu. Data pengamatan pada penelitian ini akan diambil sebanyak 15 kali pengulangan pada pukul 07:00 WIB hingga 11:30 WIB dan didekatkan langsung pada tungku masak. Rancangan data hasil penelitian disajikan pada **Tabel 3.3** dan **Tabel 3.4**.

**Tabel 3.3** Hasil pencatatan data sebelum diberi beban

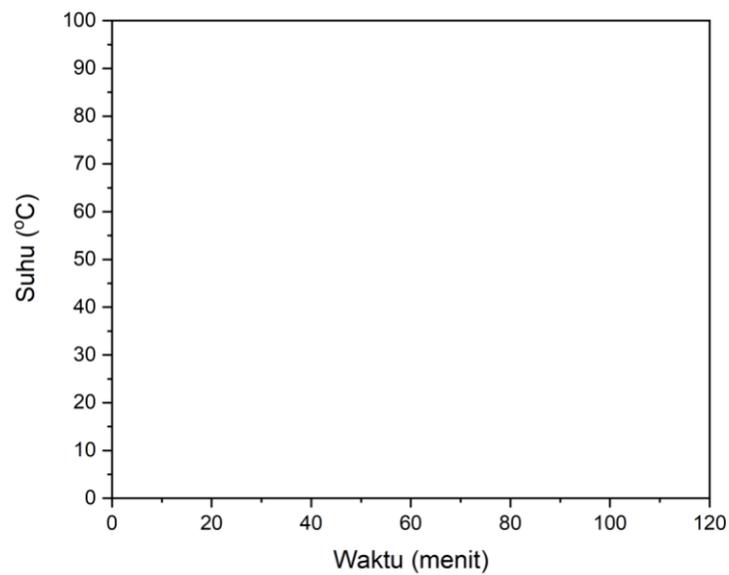
No	Waktu ( menit )	$T_H$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_C$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Perbedaan suhu ( $\Delta T$ )	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1							
2							
...							
15							

**Tabel 3.4** Hasil pencatatan data setelah diberi beban

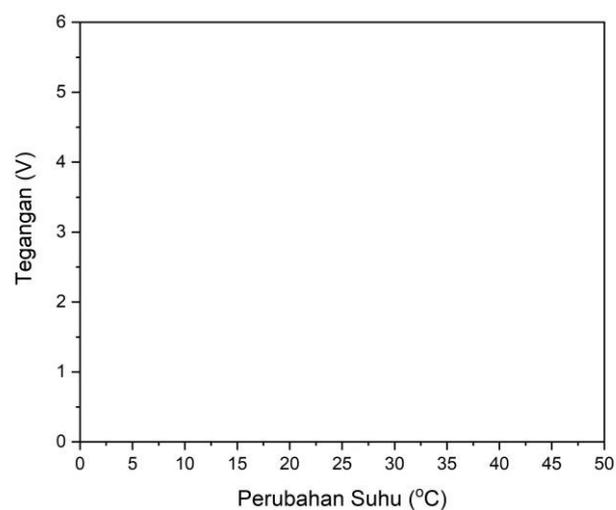
No	Waktu ( menit )	$T_H$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_C$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Perbedaan suhu ( $\Delta T$ )	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1							
2							
...							
15							

### 3.5 Rancangan Analisis Data Pengamatan

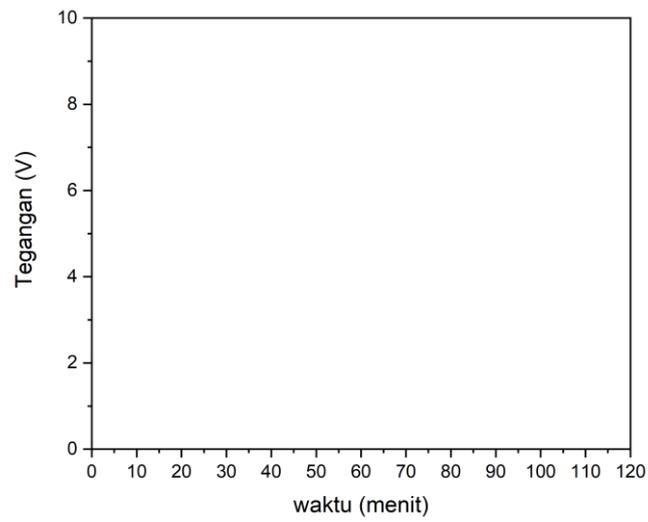
Data hasil penelitian dari generator termoelektrik yaitu nilai dari perbedaan suhu, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dapat mempengaruhi efisiensi waktu. Analisa data diplot dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.6**, **Gambar 3.7**, **Gambar 3.8**, **Gambar 3.9** dan **Gambar 3.10**.



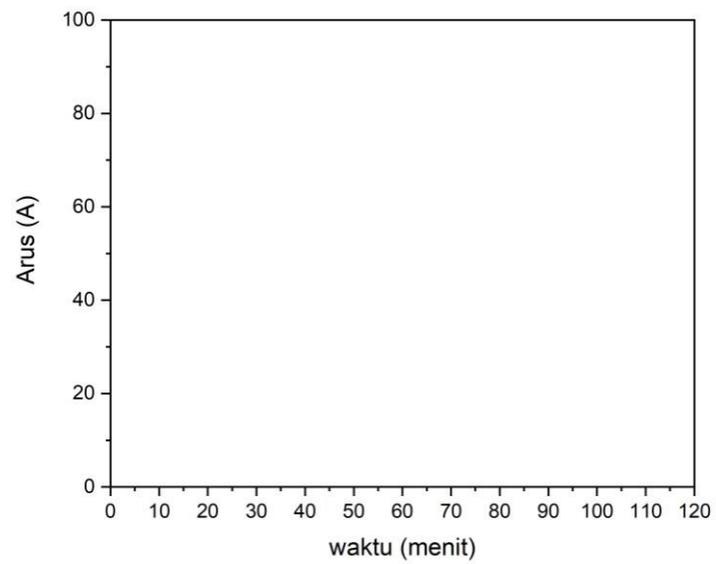
**Gambar 3.6** Grafik hubungan suhu terhadap waktu.



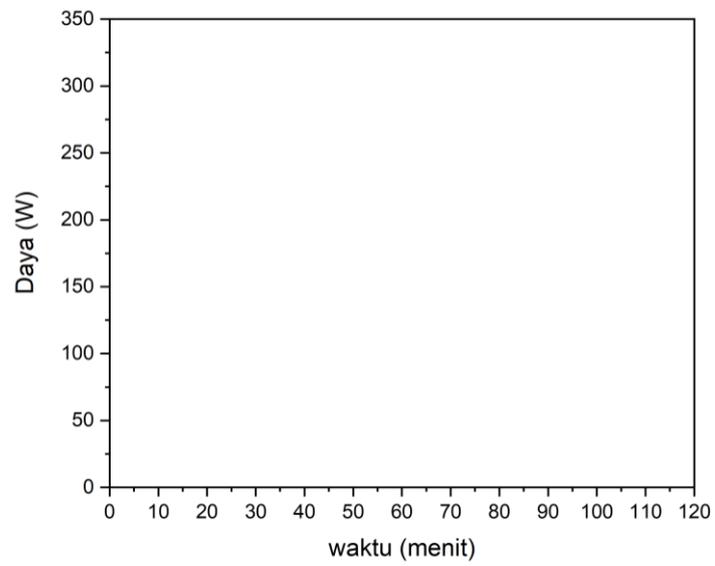
**Gambar 3.7** Grafik hubungan tegangan tanpa beban terhadap perbedaan suhu.



**Gambar 3.8** Grafik hubungan tegangan beban terhadap waktu.



**Gambar 3.9** Grafik hubungan arus beban terhadap waktu.



**Gambar 3.10** Grafik hubungan daya beban terhadap waktu.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil keluaran dari generator termoelektrik, dengan nilai tegangan minimum lampu beban menyala sebesar 2,5 V sehingga pada jarak 5 cm memiliki nilai tegangan tanpa beban ( $V_{tb}$ ) sebesar 5,2 V dan tegangan beban ( $V_b$ ) sebesar 2,6 V dengan perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) sebesar 39,5 °C mampu membuat tegangan lampu beban menyala. Pada jarak 10 cm dan 15 cm memiliki nilai tegangan tanpa beban ( $V_{tb}$ ) sebesar 1,1 V dan 0,6 V dengan perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) sebesar 16,2 °C dan 8,3 °C tidak mampu membuat lampu beban menyala sehingga tegangan beban ( $V_b$ ) tidak memiliki nilai tegangan.
2. Hasil keluaran dari generator termoelektrik menggunakan pendingin, dengan nilai tegangan minimum lampu beban menyala sebesar 2,5 V sehingga pada jarak 5 cm memiliki nilai tegangan tanpa beban ( $V_{tb}$ ) sebesar 6,9 V dan tegangan beban ( $V_b$ ) sebesar 3,3 V dengan perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) sebesar 71,2 °C mampu membuat tegangan lampu beban menyala. Pada jarak 10 cm dan 15 cm memiliki nilai tegangan tanpa beban ( $V_{tb}$ ) sebesar 2,5 V dan 1,7 V dengan perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) sebesar 29,35 °C dan 24,2 °C tidak mampu membuat lampu beban menyala sehingga tegangan beban ( $V_b$ ) tidak memiliki nilai tegangan.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan peltier sp1848 yang dapat menghasilkan keluaran maksimal.
2. Perbanyak jumlah susunan peltier agar dapat menghasilkan keluaran yang maksimal.
3. Pada sistem pengkabelan gunakan pelindung panas agar kabel terlindungi dari suhu tinggi dan gunakan sistem pendingin yang bersirkulasi agar menghasilkan keluaran yang maksimal.
4. Untuk membuat peltier gunakan bahan mentah khusus semikonduktor termoelektrik yaitu logam bismuth telluride (BiTe) tipe p dan bismuth telluride (BiTe) tipe n serta keramik alumina, logam (BiTe) dan keramik alumina ini dapat dibeli pada platform toko online yaitu alibaba.com.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung dan Imam. 2013. "Potensi Sumber Energi Alternatif Dalam Mendukung Kelistrikan Nasional." *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro* 2(2): 892–897.
- Akbar, Rizal dan Syntia. 2021. "Pengujian Kinerja Pendinginan Thermo Electric Cooling (TEC) Menggunakan Heatsink Dengan Variasi Dimensi Dan Jenis Material." *JURUTERA - Jurnal Umum Teknik Terapan* 8(01): 19–28.
- Astra dan I Made. 2010. "Energi Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan." *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 11(2): 127–135.
- Azhar, dan Satriawan. 2018. "Implementasi Kebijakan Energi Baru Dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional." *Administrative Law and Governance Journal* 1(4): 398–412.
- Azirudin dan Tengku. 2019. "Potensi Energi Angin Di Atas Bangunan Bertingkat Di Pangkalan Kerinci, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau." *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan* 18(1): 23–28.
- Canceria, Gandis, Ajiwiguna, dan Suhendi. 2018. "Pemanfaatan Heat Pipe Sink Fan Untuk Alat Ukur Performansi Modul Pendingin Termoelektrik Heat Pipe Sink Fan Utilization for Performance Measurement of Thermoelectric Cooler Module." *e-Proceeding of Engineering* 5(3): 5731–5738.
- Estko, Soleh dan Kadarwati. 2004. "Rancang Bangun Pengkondisian Sinyal Termokopel Tipe K Yang Mudah Dituning." *Prosiding PPI-KIM LIPI* : 201– 211.
- Fiflis, Kirsch, Andruczyk, Curelli and Ruzic. 2013. "Seebeck Coefficient Measurements on Li, Sn, Ta, Mo, and W." *Journal of Nuclear Materials* 438(1–3): 224–227.
- Ginanjar, Hiendro, dan Suryadi. 2019. "Perancangan Dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Dengan Menggunakan Kompor Surya Sebagai Media Pemusat Panas." *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura* 2(1).

- Gunawan, Dian, Handayani, and Ajiwiguna. 2017. "Rancang Bangun Sistem Refrigerasi Termoelektrik Dan Simulasi Distribusi Temperatur Menggunakan COMSOL Multiphysics." *e-Proceeding of Engineering* 4(1): 697–704.
- Hakim dan Ridlo Al. 2020. "Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review." *ANDASIH - Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 1(1): 1–11.
- Kandar. 2021. "Karakteristik Peltier Pada Elemen Termoelektrik TEC1-12706 Sebagai Efek Seebeck Untuk Konversi Energi Alternatif Penghasil Listrik." *Prosiding Seminar Nasional, Telekomunikasi dan Otomasi* : 373–383.
- Khalid, Muammar, Syukri, dan Gapy. 2016. "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik." *Karya Ilmiah Teknik Elektro* 1(3): 57–62.
- Lineykin, Simon, and Ben-Yaakov. 2007. "Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules." *IEEE Transactions on Industry Applications* 43(2):505–512.
- Manap, Abdul dan Al Fikri. 2020. "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Alternatif Menggunakan Termoelektrik Dengan Memanfaatkan Pada Tungku Pemanas." *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)* 3(2): 53–58.
- Diki, Hadi, Lestari dan Nalandari. 2022. "Pemanfaatan Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Terbarukan." *Journal Zetroem* 4(1): 23–25.
- Pradana, Irawan, Wisnu, Saputra, Subakti Yusuf dan Yunita. 2021. "Perancangan Purwarupa Pembangkit Termoelektrik Sebagai Media Pembelajaran Konversi Energi." *Jurnal Edukasi Elektro* 5(1): 14–19.
- Bustomy dan Widyartono. 2020. "Generator Termoelektrik Dengan Memanfaatkan Panas." *Jurnal Teknik Elektro* 09(02): 451–457.
- Prasetyo, Syahtaria dan Supriyadi. 2020. "Pengaruh Perilaku Konsumtif, Tingkat Pendapatan Dan Tingkat Pendidikan Terhadap Konservasi Energi Listrik Di Sektor Rumah Tangga Dalam Rangka Mendukung Ketahanan Energi (Studi Di Kota Bogor)." *Jurnal Ketahanan Energi* 6: 1–8.
- Pratama, Astari, Suyanto, dan Suane. 2018. "PERAGA FENOMENA KELISTRIKAN AKIBAT PERBEDAAN Temperatur Pada Pasangan Kawat Tembaga dan Seng." *Jurnal Pendidikan Fisika* : 224–236.
- Purba, Deardo, Kirom, and Fauzi I. 2019. "Analisis Pemanfaatan Energi Panas Pada Panel Surya Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Termoelektrik." *e-Proceeding of Engineering* 6(2): 4977–4985.

- Purnama dan Eka. 2011. "Pembuatan Termometer Digital Untuk Mengukur Suhu Ruang Casing Komputer." Seminar Nasional Riset Teknologi Informasi VI: 155–164.
- Putra, Koestoer, Adhitya, Roekettino dan Trianto. 2010. "Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid." *MAKARA of Technology Series* 13(2): 53–58.
- Rokhimi, Intan dan Pujayanto. 2017. "Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi." *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika* 6(1): 270–274.
- Ryanuargo, Anwar, dan Sari. 2014. "Generator Mini Dengan Prinsip Termoelektrik Dari Uap Panas Kondensor Pada Sistem Pendingin." *Jurnal Rekayasa ElektriKa* 10(4): 180–185.
- Salsabila, Tasya, dan Cory A. Siagian. 2021. "Pengaplikasian Bismut Sebagai Embellishment Pada Produk Fesyen Dengan Konsep Futuristic." *e- Proceeding of Art and Design* 8(6): 3842–3850.
- Sari, Permata, Rasyad, Amperawan dan Muslimin. 2018. "Kendali Suhu Air Dengan Sensor Termokopel Tipe-K Pada Simulator Sistem Pengisian Botol Otomatis." *Jurnal Ampere* 3(2): 128–134.
- Silitonga, Agung, Widodo dan Ahmad. 2020. "Analisis Kebijakan Biodiesel B-20 Sebagai Bahan Bakar Nabati Dalam Mendukung Ketahanan Energi Di Indonesia." *Jurnal Ketahanan Energi* 6(1): 61–78.
- Sudarto. 2010. "Pengujian Perpindahan Panas Konveksi Pada Heat Sink Plat Jenis Extruded dan Heat Sink Plat Dengan Slot." Seminar Tahunan Teknik Mesin: 13–15.
- Suryana, Deny. 2013. "Analisa Penggunaan Lampu LED Pada Penerangan Dalam Rumah." *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*: 1–7.
- Yohana, Eflita dan Bayu Novariawan. 2013. "Perbandingan Stack Effect Pada Rumah Secara Konveksi." *Jurnal Mechanical*, 4(1): 1–7.
- Yulianti, Burhanuddin Bani dan Albana. 2020. "Analisa Pertambangan Timah Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung." *Jurnal Ekonomi* 22(1): 54–62.