

TUGAS AKHIR
STUDI ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF
DENGAN MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK
GENERATOR (TEG) BERSEKALA KECIL

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh:

FIRMAN ALWI ARIF NASUTION
1607230076



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Firman Alwi Arif Nasution
NPM : 1607230076
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Studi Analisis Pembangkit Listrik Alternatif
Menggunakan Termoelektrik Generator (TEG)
Bersekala Kecil.
Bidang Ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai Penelitian Tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 27 April 2021

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pen guji



Munawar A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji



H. Muharnif, S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Mesin



SURAT PERNAYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Firman Alwi Arif Nasution
Tempat /Tanggal Lahir : Pematang Siantar/26 Agustus 1999
NPM : 1607230076
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“Studi Analisa Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Termoelektrik Generator (TEG) Bersekala Kecil”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Juni 2021



Firman Alwi Arif Nasution

ABSTRAK

Generator termoelektrik adalah sebuah perangkat generator listrik yang mengkonversi energi panas menjadi energi listrik secara langsung. Penelitian ini menggunakan peltier TEC1-12706. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu antara *hot plate* dengan *cooling plate* dari rancangan bahan aluminium terhadap daya yang dihasilkan dari rancangan tersebut dengan peltier yang dirangkai secara seri. Tiga buah peltier yang dirangkai secara seri menghasilkan V_{maks} sebesar 3,70 volt, dan daya listrik sebesar 0,4107 watt ketika plat aluminium menyerap panas dari api lilin dengan perbedaan temperature antara sisi panas dan sisi dingin sebesar 12,00 C dan nilai panas yang mampu melewati plat aluminium dengan nilai paling tinggi sebesar 34,9 Kj/detik.

Kata Kunci : Termoelektrik Generator, DS18B20, Arduino Uno

ABSTRACT

A thermoelectric generator is an electric generator device that converts heat energy into electrical energy directly. This study uses a Peltier TEC1-12706. The purpose of this study was to determine the effect of the temperature difference between the hot plate and the cooling plate of the aluminum design on the power generated from the design with peltiers arranged in series. Three peltiers arranged in series produce V_{max} of 3.70 volts, and The electric power is 0.4107 watts when the aluminum plate absorbs heat from the candle flame with a temperature difference between the hot and cold sides of 12.00 C and the heat value that is able to pass through the aluminum plate with the highest value of 34.9 Kj / second.

Keywords: Thermoelectric Generator, DS18B20, Arduino Uno

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Analisis Pembangkit Listrik Alternatif dengan Termoelektrik Generator Bersekala Kecil” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Penguji 1 dan Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Khairul Umurani S.T, MT selaku Penguji 2 dan Selaku Wakil Dekan 3 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Chandra A Siregar,S.T.,M.T Selaku Sekertaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Arif Mukmin Nst,Nadra Hanim,Mahadi Arif Nst dan Adnin Arif Nst, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakuktas Teknik, Univeristas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Kepada teman teman seperjuangan saya,teman teman di rumah dan di perkuliahan.
10. Sahabat-sahabat penulis: Heri Suratman, Khairul Umurani, Putra Agung Prasetya, Awang Rio Iskandar, Primadani Wibowo, Ferdian Rivaldi, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 16 Juni 2021



Firman Alwi Arif Nasution

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	II
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	III
ABSTRAK	IV
ABSTRACT	V
KATA PENGANTAR	VI
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR TABEL	X
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR NOTASI	XII
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Energi Panas	5
2.1.1 Suhu	5
2.2 Generator Termoelektrik	6
2.2.1 Prinsip Kerja Termoelektrik	7
2.2.2 Sistem Konversi Energi Panas Termoelektrik	8
2.3 Material Semi Konduktor	11
2.3.1 Karakteristik Aluminium (Cu)	11
2.4 Efect Seeback	12
2.5 Elemen Peltier	12
2.6 Lilin (Paraffin)	14
2.7 Arduino	15
2.7.1 Hardware Arduino	16
2.7.2 Sofware Arduino (Arduino IDE)	16
2.8 Sensor Suhu (Temperature)	17
2.8.1 Struktur Sensor DS18B20	17
2.8.2 Karakteristik Sensor Suhu DS18B20	17
2.9 LCD (Liquid Crystal Display) 1602	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu	20
3.1.1 Tempat Penelitian	20
3.1.2 Waktu Penelitian	20
3.2 Bahan dan Alat	20
3.2.1 Bahan Penelitian	20
3.2.2 Alat Penelitian	24
3.3 Bagan Alir Peneltian	25

3.4	Rancangan Alat Penelitian	25
3.4.1	Pembuatan Hardware	25
3.4.2	Pembuatan Software	26
3.5	Prosedur Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Hasil Penelitian	30
4.1.1	Alat Pembuatan Sensor Suhu	31
4.1.2	Pemograman Arduino	32
4.1.3	Pembuatan Sistem Generator Termoelektrik	36
4.2	Pengambilan Data	37
4.2.1	Hasil Pengujian Sistem Generator Termoelektrik	37
4.2.2	Perhitungan Secara Seri	42
4.2.3	Analisis Hasil dari Percobaan	43
4.3	Pembahasan	45
BAB V PENUTUP		48
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

-	Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas Termal Berbagai Zat	9
-	Tabel 2.2 Spesifikasi Bagian Peltier TEC1-12706	13
-	Tabel 2.3 Spesifikasi Kinerja Peltier TEC1-12706	14
-	Tabel 3.1 Data Pengujian bahan Aluminium	28
-	Tabel 4.1 Data Pengujian 1	37
-	Tabel 4.2 Data Pengujian 2	39
-	Tabel 4.3 Data Pengujian 3	40
-	Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian Seri	42
-	Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Daya Input Secara Seri	43
-	Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Daya Output Secara Seri	44
-	Tabel 4.7 Nilai Efisiensi Maksimum	44

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Skema Berbagai Thermometer.	5
- Gambar 2.2 Struktur Pembangkit Daya Termoelektrik.	7
- Gambar 2.3 Proses Perpindahan Panas Konduksi.	9
- Gambar 2.4 Proses Perpindahan Panas konveksi.	10
- Gambar 2.5 Elemen Peltier.	13
- Gambar 2.6 Elemen Peltier Dua Tipe Semikonduktor.	14
- Gambar 2.7 Lilin Paraffin.	15
- Gambar 2.8 Arduino Uno.	16
- Gambar 2.9 Sensor Suhu DS18B20	17
- Gambar 2.10 Modul LCD 1602.	28
- Gambar 3.1 Bahan Plat Aluminium (Al,Cu).	20
- Gambar 3.2 Sketch Rancangan Plat Aluminium	21
- Gambar 3.3 Sketch Rancangan Peltier Pada Aluminium	21
- Gambar 3.4 Bahan Peltier TEC1-12706.	22
- Gambar 3.5 Bahan Lilin Paraffin.	22
- Gambar 3.6 Bahan Arduino Uno.	23
- Gambar 3.7 Bahan LCD 12602.	23
- Gambar 3.8 Bahan Sensor Suhu DS18B20.	24
- Gambar 3.9 Bahan Multimeter Digital.	24
- Gambar 3.10 Pasta Bahan Thermal.	25
- Gambar 3.11 Starting Arduino IDE	26
- Gambar 3.12 Layar Kerja Pemograman Arduino.	26
- Gambar 3.13 Diagram Pemograman Dengan Menggunakan.	27
- Gambar 4.1 Rancangan Alat Pembaca Suhu	32
- Gambar 4.2 Rancangan Sistem Generator Termoelektrik	36
- Gambar 4.3 Skecth Alur Rangkaian Sistem Generator Termoelektrik	36
- Gambar 4.4 Grafik Pengujian1	37
- Gambar 4.5 Grafik Pengujian2	39
- Gambar 4.6 GrafikPengujian3	41
- Gambar 4.7 Grafik Nilai Efisiensi Maksimum	45

DAFTAR NOTASI

A	luas perpindahan panas (m ²)
A	luas permukaan (m ²)
A	luas penampang pada batang (m)
A	luas penampang (m ²)
Al	Aluminium
Emaks	Efisiensi (%)
H	Jumlah kalor merambat setiap detik (J/s)
I	Arus (Ampere)
<i>k</i>	konduktivitas thermal bahan
L	Panjang pada Batang (m)
P	Daya (Watt)
Q/t	Kalor yang masuk
S	Waktu (Detik)
T _h	Temperatur Panas (°C)
T _c	Temperatur Dingin (°C)
V	Tegangan (volt)
Δ T	Perbedaan suhu (°C)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan utama bagi manusia yang signifikan bahkan telah menjadi salah satu kebutuhan utamabagi masyarakat modern saat ini. Banyak sekali peralatan rumah tangga yang membutuhkan energi listrik untuk beroperasi, baik dalam skala kecil, menengah, dan skalabesar. Namun penggunaan energi listrik yang berasal dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) tidak mencakup semua kebutuhan energy listrik skala kecil.

Ada beberapa energi alam yang dapat digunakan sebagai energi alternative pembangkit listrik yang efisien bagi pengguna skala kecil yang dikenal dengan energi terbarukan. Adapun sumber energi pembangkit listrik alternative tersebut seperti pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTG), pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL), dan pembangkit listrik tenaga suhu yang menggunakan *Thermoelectric Generator* (TEG).

TEG adalah singkatan dari *Thermoelectric Generator* yang merupakan pembangkit listrik yang bekerja berdasarkan efek *Seebeck*, dimana energi dingin dan panas dari perbedaan suhu antara permukaan komponen elektronika ini diubah menjadi energi listrik. Penggunaan TEG sebagai pembangkit energi alternative lebih ekonomis sehingga tidak membutuhkan biaya yang terlalu mahal, dengan adanya perancangan ini diharapkan dapat mengoptimalkan efisiensi dari daya output pembangkit listrik alternative ini sehingga dapat digunakan sebagai penyedia energi listrik yang belum dijangkau oleh pln.

Generator termoelektrik akan menjadi salah satu perangkat yang paling penting dan luar biasa dimasa depan. Pembangkit listrik generator termoelektrik adalah perangkat *solid state* yang melakukan konversi energi langsung dan energi panas karena gradien suhu menjadi energi listrik berdasarkan *Seeback Effect*. Siklus energi listrik termoelektrik, dengan pembawa muatan (elektron) yang berfungsi sebagai fluida kerja, mengikuti hukum dasar termodinamika dan erat menyerupai siklus kekuatan konvensional mesin panas.

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai.

Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada disekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh perbedaan suhu antara *hot plate* dengan *cooling plate* terhadap daya yang dihasilkan dari rancangan tersebut?

1.3 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini berlokasi di kota Medan, kota medan terkenal dengan kemajmukannya dengan terdapatnya berbagai macam jenis pekerjaan masyarakat. Objek penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan teknologi modern dengan alat termoelektrik generator.
2. Jadwal penelitian ini dilakukan selama beberapa bulan dari mulai proses penyiapan proposal, melakukan studi kepustakaan, mendesain model penelitian hingga sampai pengujian alat.
3. Arduino Uno, Sensor suhu DS18B20, LCD 1602, Generator Termoelektrik, Material Semikonduktor, Aluminium (Cu), dan Lilin adalah alat atau komponen-komponen yang dipasarkan di tengah masyarakat, dijual di toko peralatan perangkat elektronik dan grosir yang berlokasi berbeda-beda

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan rancangan tersebut sebagai sumber pembangkit listrik alternatif
2. Untuk menganalisa pembangkit listrik Termoelektrik Generator (TEG)
3. Untuk mengembangkan pembangkit listrik Termoelektrik Generator (TEG)

1.5 Manfaat Penelitian

1. Untuk membuat prototype generator termoelektrik yang digunakan sebagai sumber energy listrik.
2. Agar tercipta sebuah alat alternatif sebagai penghasil listrik dengan pemanfaatan sumber energi listrik yang ramah lingkungan.
3. Mengembangkan ilmu teknologi globalisasi yang ada pada lingkungan masyarakat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Panas

Dalam kehidupan sehari-hari, suhu merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya suatu zat atau benda. Oven yang panas dikatakan bersuhu tinggi, sedangkan es yang membeku dikatakan memiliki suhu rendah. Suhu dapat mengubah sifat zat, contohnya sebagian besar zat akan memuai ketika dipanaskan. Sebatang besi lebih panjang ketika dipanaskan daripada dalam keadaan dingin. Jalan dan trotoar beton memuai dan menyusut terhadap perubahan suhu. Hambatan listrik dan materi zat juga berubah terhadap suhu. Demikian juga warna yang dipancarkan benda, paling tidak pada suhu tinggi. Kalau kita perhatikan, elemen pemanas kompor listrik memancarkan warna merah ketika panas. Pada suhu yang lebih tinggi, zat padat seperti besi bersinar jingga atau bahkan putih. Cahaya putih dari bola lampu pijar berasal dari kawat tungsten yang sangat panas.

Ketika kita berada dekat benda panas, pada dasarnya terjadi perpindahan kalor dalam bentuk radiasi dari benda panas tersebut ke tubuh kita, sehingga kita merasakan panas melalui kulit. Perubahan keadaan dari panas menjadi dingin atau sebaliknya selalu berkaitan dengan adanya perpindahan panas atau kalor.

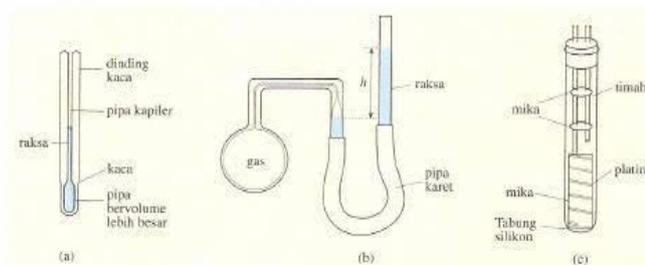
Suhu adalah ukuran derajat panas atau dingin suatu benda. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu disebut termometer. Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudah-mudahan, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat berupa getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut. Suhu juga disebut temperatur, satuan suhu adalah Kelvin (K). Skala-skala lain adalah Celcius, Fahrenheit, dan Reamur (Kreith, 1991).

2.1.1 Suhu

Suhu merupakan ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu di definisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal (Putra, 2007).

Jika panas dialirkan pada suhu benda, maka suhu benda tersebut akan turun jika benda yang bersangkutan kehilangan panas. Akan tetapi hubungan antara satuan panas dengan satuan suhu tidak merupakan suatu konstanta, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (heat capacity) yang dimiliki oleh benda penerima tersebut. Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu sebuah benda (Lakitan, 2002).

Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat termometrik suatu benda ketika benda tersebut mengalami perubahan suhu. Perubahan sifat termometrik suatu benda menunjukkan adanya perubahan suhu benda, dan dengan melakukan kalibrasi atau peneraan tertentu terhadap sifat termometrik yang teramati dan terukur, maka nilai suhu benda dapat dinyatakan secara kuantitatif. Berdasarkan sifat termometrik yang dimiliki suatu benda, jenis-jenis termometer diantaranya termometer zat cair, termometer gas, termometer hambatan, termokopel, pirometer, termometer bimetal, dan sebagainya. Sedangkan berdasarkan hasil tampilan pengukurannya, termometer dibagi menjadi termometer analog dan termometer digital Seperti pada Gambar 2.1 berikut ini (Kreith, 1991).



Gambar 2.1 Skema berbagai termometer, (a) termometer raksa (alkohol) dalam pipa, (b) termometer gas volume konstan, (c) termometer hambatan platina (sumber: Kreith, 1991).

Perpindahan panas dapat di definisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut dari temperatur fluida yang lebih tinggi ke fluida lain yang memiliki temperatur lebih rendah. Perpindahan panas pada umumnya dibedakan menjadi tiga cara perpindahan panas yang berbeda yaitu konduksi (conduction; juga

dikenal dengan istilah hantaran), radiasi (radiation; juga dikenal dengan istilah pancaran), dan konveksi (convection; juga dikenal dengan istilah aliran) (Yunus, 2009).

2.2 Generator Termoelektrik

Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Prototipe yang dirancang akan menghasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik di aliri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional. Untuk keperluan pembangkitan listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah semikonduktor tipe-n dan tipe-p.

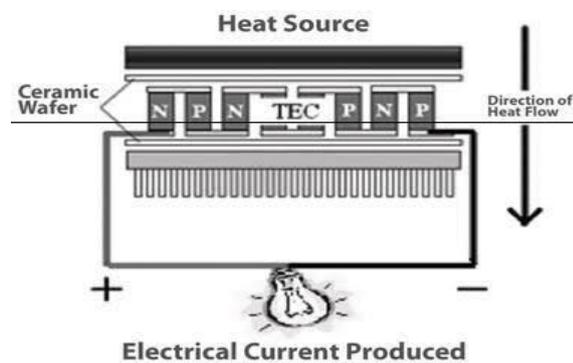
Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Persoalan untuk termoelektrik adalah untuk mendapatkan bahan yang mampu bekerja pada suhu tinggi (Klara, 2016).

Pada dasarnya generator termoelektrik terdiri dari tiga komponen dasar, yaitu (Vasquez, dkk, 2002):

- A. Struktur penompang, yaitu tempat dimana modul termoelektrik diletakkan, sebagaimana peneliti meletakkan di dalam aliran gas buang dan beberapa dengan hanya memanfaatkan panas dinding saluran gas buang untuk menghindari adanya *back pressure* aliran gas buang.
- B. Modul termoelektrik, yang tergantung pada jangkauan suhu, material termoelektrik yang dapat digunakan dapat berupa bahan *silicon ghermanium*, *lead telluride*, dan *bismuth telluride*.
- C. Sistem disipasi panas, yang mengatur transmisi panas melalui modul termoelektrik

2.2.1 Prinsip Kerja Termoelektrik

Generator termoelektrik adalah suatu pembangkit listrik yang didasarkan pada efek seebeck, yang pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck. Thomas menghubungkan tembaga dan besi dalam sebuah rangkaian. Di antara kedua logam tersebut lalu diletakkan jarum kompas. Ketika sisi logam tersebut dipanaskan, jarum kompas ternyata bergerak. Hal ini terjadi oleh karena aliran listrik yang terjadi pada logam yang menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas tersebut. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek seebeck Seperti pada Gambar 2.2 berikut ini,



Gambar 2.2 Struktur pembangkit daya termoelektrik (Putra, 2009)

Gambar menunjukkan struktur TEG yang terdiri dari suatu susunan elemen tipe-n (material dengan kelebihan elektron) dan tipe-p (material dengan kekurangan elektron). Panas masuk pada satu sisi dan dibuang dari sisi yang lainnya, menghasilkan suatu tegangan yang melewati sambungan termoelektrik. Besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperatur. Modul termoelektrik adalah sirkuit terintegrasi dalam bentuk solid yang menggunakan tiga prinsip termodinamika yang dikenal sebagai efek Seebeck, Peltier dan Thompson. Konstruksinya terdiri dari pasangan material semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang membentuk termokopel yang memiliki bentuk seperti *sandwic* hantar dua wafer keramik tipis. Modul ini dapat digunakan untuk menghasilkan panas dan dingin di masing-masing sisinya jika arus listrik digunakan biasanya diaplikasikan sebagai sistem pendingin. Misalnya kotak pendingin vaksin atau untuk menghasilkan listrik ketika panas dan dingin digunakan sebagai perbedaan temperaturnya (Putra, 2017).

Heat sink digunakan untuk membantu meningkatkan pelepasan kalor pada sisi dingin sehingga meningkatkan efisiensi dari modul tersebut. Potensi pembangkitan daya dari modul termoelektrik tunggal akan berbeda-beda bergantung pada ukuran, konstruksi dan perbedaan temperaturnya. Perbedaan \temperatur yang makin besar antara sisi panas dan sisi dingin modul akan menghasilkan tegangan dan arus yang lebih besar. Modul-modul termoelektrik dapat juga disambungkan bersama baik secara seri ataupun paralel seperti baterai untuk menghasilkan tegangan atau arus listrik. Tiap modul mampu menghasilkan tegangan rata-rata 1-2V DC dan bahkan sampai 5V DC bergantung pada variasi delta temperaturnya, tetapi umumnya satu modul termoelektrik menghasilkan 1,5-2V DC (Putra, 2009).

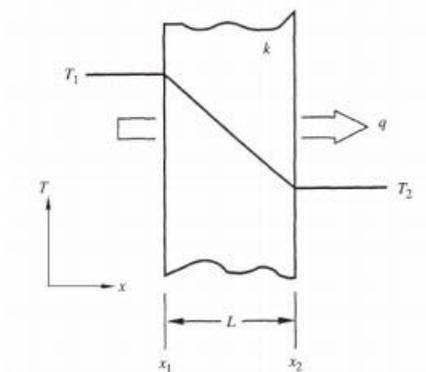
2.2.2 Sistem Konversi Energi Panas dengan Termoelektrik

Kalor mengalir dengan sendirinya dari suatu benda yang temperaturnya lebih tinggi ke benda lain dengan temperatur yang lebih rendah. Bagaimanapun, fluida kalor tidak perlu dideteksi. Abad ke-19 ditemukan bahwa berbagai fenomena yang berhubungan dengan kerja dan energi. Pertama dilihat bahwa suatu satuan yang umum untuk kalor, yang masih digunakan sekarang dinamakan kalori (kal) dan didefinisikan sebagai kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 gram air (Iancoli,2001)

Perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain sering kali terjadi dalam proses industri. Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai perpindahan energi akibat adanya perbedaan suhu pada satu permukaan dengan lingkungan sekitarnya. Perpindahan panas terjadi dengan tiga cara, yaitu secara induksi, konveksi, dan radiasi (F.O.Keith, 1986).

1. Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi merupakan proses perpindahan panas terjadi pada media padat tak tembus cahaya, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.3. Laju perpindahan panas konduksi per satuan luas permukaan perpindahan panas berbanding lurus dengan gradien suhu normal, atau dalam bahasa matematik dapat ditulis sebagai (Mulyadi, Memet. 2014).



Gambar 2.3 Proses Perpindahan Panas Konduksi

Jika dimasukkan konstanta proporsional atau tetapan kesebandingan diperoleh, dimana adalah gradien suhu ke arah perpindahan panas antara dua tempat, dan k adalah konduktivitas termal zat.

Pada umumnya bahan yang dapat menghantarkan arus listrik dengan sempurna (logam) merupakan penghantar yang baik juga untuk kalor dan sebaliknya. Molekul dan elektron merupakan alat pengangkutan kalor di dalam bahan, aliran elektron akan memainkan peranan penting (Koestur, 2002).

Tabel 2.1 Nilai Konduktivitas termal berbagai zat

No	Jenis Zat (20° C)	Konduktivitas Termal (W/m. C°)
1	Aluminium	202
2	Kuningan	110
3	Tembaga	390
4	Timbal	35
5	Perak	410
6	Besi	80
7	Baja	46
8	Asbes	0,008
9	Beton	0,80
10	Gabus	0,17
11	Kaca	0,80
12	Kayu rata-rata	0,08
13	Air	0,60
14	Es	1,70
15	Udara	0,024
16	Hidrogen	0,14
17	Oksigen	0,023

2. Perpindahan panas konveksi

Konveksi merupakan perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan massa medianya, dan media konveksi adalah fluida. Konveksi terjadi karena adanya perbedaan kecepatan fluida bila suhunya berbeda, yang tentunya berakibat pada perbedaan berat jenis (satuan volume). Fluida yang bersuhu tinggi akan memiliki berat jenis yang lebih kecil bila dibandingkan dengan fluida yang sejenisnya yang bersuhu rendah. Karena itu, maka fluida yang bersuhu tinggi akan naik membawa energi. Hal inilah yang berakibat pada terjadinya perpindahan kalor konveksi (K.Umurani,2021).

Ilustrasi perpindahan panas konveksi diberikan pada gambar 2.4, benda yang bersuhu tinggi akan mendingin lebih cepat bila ditaruh di dalam udara yang mengalir dibandingkan bila ditempatkan di udara yang tenang. Kita katakan bahwa panas dikonveksikan ke udara sekitar dan proses ini dinamakan perpindahan panas secara konveksi. Laju perpindahan panas didefinisikan Pada Gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4 Proses Perpindahan panas konveksi

3. Perpindahan panas radiasi

Perpindahan panas dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, bila benda dipisahkan dalam ruang (ruang hampa) berkat fenomena analogi pancaran sinar dan gelombang elektromagnetik (radiasi matahari). Proses perpindahan kalor tanpa zat perantara disebut radiasi atau pancaran. Kalor diradiasikan dalam bentuk gelombang elektromagnetik, gelombang radio, atau gelombang cahaya. Ada beberapa benda yang dapat menyerap radiasi kalor atau

menghalanginya. Alat yang digunakan untuk mengetahui atau menyelidiki adanya radiasi disebut termoskop.

2.3 Material Semikonduktor

Material semikonduktor menjadi komponen yang penting dalam termoelektrik sebagai pengubah energi panas menjadi energi listrik. Terdapat dua jenis material semikonduktor, yaitu tipe-p dan tipe-n. (Zeng, Y.J., dkk. 2007)

Efek termoelektrik adalah peristiwa pengkonversian secara langsung dari energi panas menjadi energi listrik atau sebaliknya karena beda suhu suatu material. Material generator termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor yang terdiri dari tipe-p dan tipe-n. Material tipe-p adalah material yang kekurangan elektron (hole) dan material tipe-n kelebihan elektron. Ketika material tersebut diberikan beda suhu, maka elektron akan bergerak dari sisi bersuhu panas ke sisi yang bersuhu lebih dingin. Pengkonversian energi karena beda suhu menjadi energi listrik disebut sebagai efek seebeck. Konduktor pada termokopel yang merupakan dua logam yang berbeda dan dinotasikan sebagai material X dan Y. Apabila pada termokopel B diberikan panas sebesar T_h dan termokopel A lebih dingin pada suhu T_c , maka akan timbul tegangan (V_o) pada terminal T1 dan T2. Tegangan itu disebut sebagai EMF (*Electromotive Force*) dan ditunjukkan sebagai berikut (Sugiyanto, 2014)

2.3.1 Karakteristik Aluminium (Cu)

Aluminium merupakan logam yang paling banyak ditemukan di kerak bumi (8,10 %), tetapi tidak pernah ditemukan secara bebas di alam. Aluminium juga ditemukan di granit dan mineral-mineral lainnya.

Aluminium mudah dibentuk karena lunak, kekuatannya hanya 9 km/mm^3 . Untuk itu jika aluminium digunakan sebagai penghantar yang dimensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium (yulianti).

Aluminium mempunyai kekuatan tegangan sebanyak 49 MPa dan 700 MPa setelah dibentuk menjadi alloy. Kandungan (Si) yang lebih banyak pada A2014 dibandingkan A2017 membuat A2014 dapat ditingkatkan kekuatannya dengan melakukan perlakuan panas pendinginan cepat (quenching) lalu dipanaskan lagi di temperatur di bawah suhu rekristalisasi dan didinginkan

dalam udara (tempering). Kandungan Cu dan Mg yang rendah pada A2117 membuat lebih tidak keras sehingga digunakan untuk bahan rivet. (WIjaya, 2015).

Kandungan Ni yang ditambahkan pada A2018 meningkatkan kekuatan tahan panasnya sehingga digunakan untuk komponen tahan panas dengan daerah panas penggunaan antara 200~250°C.

2.4 Efek Seebeck

Salah satu piranti yang menghasilkan energi dari panas adalah elemen Peltier. Pembangkit listrik termal ini atau disebut juga elemen seebeck berbentuk identik dengan elemen peltier. Pada elemen ini memanfaatkan efek seebeck untuk membangkitkan energi listrik jika terdapat perbedaan suhu pada elemen (Lovell, 1981).

Konsep seebeck menggambarkan bahwa jika dua buah material logam (biasanya semi konduktor) yang tersambung berada di lingkungan dengan dua temperature berbeda, maka di material tersebut akan mengalir arus listrik atau gaya gerak listrik. Konsep ini apabila diterapkan pada kendaraan bermotor, dengan gas buang pada mesin motor bakar berkisar antara 200-300 °C, dan temperatur lingkungan berkisar antara 30-35 °C, akan menghasilkan gaya gerak listrik yang kemudian dapat digunakan untuk menggerakkan motor listrik atau disimpan di dalam baterai.(G.Min,1994).

2.5 Element Peltier

Elemen peltier atau pendingin termoelektrik (*thermoelectric cooler*) adalah alat yang dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub materialnya, dalam hal ini semikonduktor.

Elemen peltier adalah 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 (V) dan arus (I) telah didapatkan, besar daya peltier dapat dihitung berdasarkan persamaan (Klara, 2016)

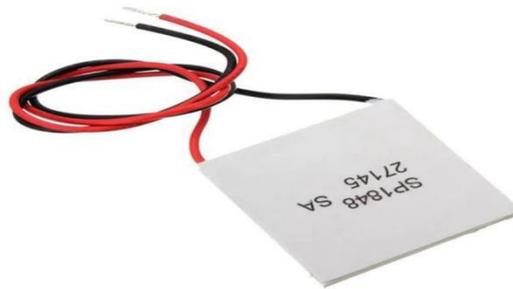
$$(P = I x V) \tag{2.1}$$

Dimana P adalah daya (Watt), dan I adalah arus (Ampere) dan V adalah tegangan (Volt). Dan dapat juga ditentukan jika nilai arus (I), tegangan (V) dan banyaknya kalor yang masuk (Q_{hot}). Diperoleh nilai efisiensi maksimal peltier (Emaks) Seperti pada Gambar 2.5 berikut ini. (Klara, 2016).

$$Emaks = \text{efisiensi (\%)}$$

Menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E = \left(\frac{I \times v}{Q_{hot}} \right) \times 100\% \quad (2.2)$$



Gambar 2.5 Elemen Peltier (www.termoelektrik.com)

Pada gambar 2.5 di atas menunjukkan bentuk fisik elemen peltier. Dalam hal refrigerasi, keuntungan utama dari elemen peltier adalah adanya bagian yang bergerak atau cairan bersirkulasi, dan ukurannya kecil serta bentuknya mudah direkayasa. Sedangkan kekurangannya terletak pada faktor efisiensi daya yang rendah dan biaya perancangan sistem yang masih sangat mahal. Namun, kini banyak peneliti yang sedang mencoba mengembangkan elemen peltier yang murah dan efisien.

Spesifikasi bagian peltier TEC1-12706 dijelaskan pada tabel berikut ini:

Tabel 2.2 Spesifikasi bagian peltier TEC1-12706

No	Spesifikasi	Nilai
1	Model	TEC1-12706
2	Ukuran	40 x 40 mm
3	Operasi tegangan dan arus	0 – 15,2 V dan 0 – 6 A
4	Operasi suhu	(-30)-70°C
5	Konsumsi daya maksimal	60 Watt

Spesifikasi kinerja piltier TEC1-12706 dijelaskan pada tabel berikut ini:

Tabel 2.3 Spesifikasi Kinerja Piltier TEC1-12706

No	Kinerja spesifikasi sisi suhu panas (°C)	25°	50°
1	Qmax (Watt)	50	57
2	Delta Tmax (°C)	66	75
3	Imax (Ampere)	6,4	6,4
4	Vmax (Volt)	14,4	16,4
5	Modul Resistansi (Ohm)	1,98	2,30



Gambar 2.6 Elemen peltier dua tipe semikonduktor

(www.amazon.com)

Gambar 2.6 diatas menunjukkan elemen peltier serangkaian dua tipe semikonduktor (tipe yang dihubungkan secara seri). Pada setiap hubungan antara dua tipe semi konduktor tersebut dihubungkan dengan konduktor yang terbuat dari tembaga. Interkoneksi konduktor tersebut diletakkan masing masing dibagian atas dan dibagian bawah semikonduktor. Konduktor dibagian atas ditujukan untuk membuang kalor dan dibagian bawah ditujukan untuk menyerap kalor. Pada kedua bagian interkoneksi ditempelkan pelat yang terbuat dari keramik bertujuan untuk memusatkan kalor yang berasal dari konduktor.

2.6 Lilin (Paraffin)

Lilin digunakan ketika seseorang berada di tempat terpencil yang belum terjamah instalasi listrik, atau digunakan oleh para konsumen listrik ketika listrik padam. Hingga saat ini, berbagai penelitian tentang lilin masih terus dilakukan.

Dalam kimia paraffin adalah nama umum untuk Hidrokarbon Alkana dengan formula C_nH_{2n+2} . Lilin parafin merujuk pada benda padat dengan $n=20-40$. Molekul paraffin paling simpel adalah metana, CH_4 , sebuah gas dalam temperatur ruangan. Anggota sejenis ini yang lebih berat, seperti oktan C_8H_{18} , muncul sebagai cairan pada temperatur ruangan. Bentuk padat parafin, disebut lilin parafin, berasal dari molekul terberat mulai $C_{20}H_{42}$ hingga $C_{40}H_{82}$. Lilin parafin pertama ditemukan oleh Carl Reichenbach tahun 1830 Seperti Pada Gambar 2.7 berikut ini. (Wiki,2018)



Gambar 2.7 Lilin Paraffin (Amorspot.com,2017)

2.7 Arduino

Arduino memiliki dua bagian utama yaitu *board* arduino, yang merupakan *hardware* yang digunakan untuk menjalankan *project* yang telah dibangun, dan *Arduino IDE*, adalah *software* yang dapat dijalankan di PC. Arduino IDE digunakan untuk membuat “*sketch*” (sebuah program kecil komputer) yang dapat diunggah ke *board* arduino. “*Sketch*” yang telah dibuat akan mengendalikan kerja *board* Arduino (Banzi, 2009).

2.7.1 Hardware Arduino

Board arduino adalah *board mikrokontroler* kecil yang mempunyai kemampuan komputer dalam chip kecil (mikrokontroler). Chip ini sekitar 1000 kali lebih hebat dari *Macbook*, tapi arduino mempunyai harga yang jauh lebih murah dan sangat bermanfaat untuk membangun perangkat yang menarik seperti pada Gambar 2.8 berikut ini. (Banzi, 2009).



Gambar 2.8 Arduino Uno (<http://www.arduino.cc>)

Pada gambar diatas terlihat chip hitam dengan 28 kaki, chip tersebut adalah IC mikrokontroler 328, jantung dari board arduino uno. Tim arduino telah menempatkan komponen-komponen yang dibutuhkan oleh mikrokontroler untuk bekerja dengan baik dan dapat berkomunikasi PC (Banzi,2009).

2.7.2 Software Arduino (Arduino IDE)

Arduino IDE adalah singkatan dari (Integrated Development Environment) merupakan program special yang bekerja di PC yang dapat membantu pengguna board arduino untuk menulis “Sketch” untuk board arduino dalam model bahasa yang sederhana menurut *Processing Language*. Keajaiban terjadi ketika tombol *upload* ditekan, *code* yang telah dijalin diterjemahkan ke dalam bahasa C (yang pada umumnya sangat susah untuk pemula untuk melakukannya), dan akan melewati *avr-gcc compiler* dan pada akhirnya akan menjadi bahasa yang dapat dimengerti oleh mikrokontroler (Banzi, 2009).

2.8 Sensor Suhu (Temperature) DS18B20

Seperti pada Gambar 2.9 sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC (dulu yang buat adalah Dallas Semiconductor, lalu dicaplok oleh Maxim Integrated Products). Sensor ini mampu membaca suhu dengan ketelitian 9 hingga 12-bit, rentang -55°C hingga 125°C dengan ketelitian ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$). Setiap sensor yang diproduksi memiliki kode unik sebesar 64-Bit yang disematkan pada masing-masing chip, sehingga memungkinkan penggunaan sensor dalam jumlah besar hanya melalui satu kabel saja (single wire data bus/1-wire protocol). Ini merupakan komponen yang luar biasa, dan merupakan batu patokan dari banyak proyek-proyek data logging dan kontrol berbasis temperatur di luar sana. (Andriboko, 2015).

2.8.1 Struktur Sensor DS18B20



Gambar 2.9 Sensor Suhu DS18B20 (Kaskus,2016)

2.8.2 Karakteristik Sensor Suhu DS18B20

Fitur dari sensor suhu DS18B20 Sebagai acuan dan informasi pendukung, sensor ini memiliki fitur utama sebagai berikut:

Antar muka hanya menggunakan satu kabel sebagai komunikasi (menggunakan protokol Unique 1-Wire). Setiap sensor memiliki kode pengenal unik 64-bit yang tertanam di onboard ROM. Kemampuan multidrop yang menyederhanakan aplikasi penginderaan suhu terdistribusi. Tidak memerlukan komponen tambahan. Juga bisa diumpankan daya melalui jalur datanya. Rentang dayanya adalah 3.0V hingga 5.5V. Bisa mengukur temperatur mulai dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$. Memiliki akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$. Resolusi sensor bisa dipilih mulai dari 9 hingga 12 bit. Bisa mengkonversi data

suhu ke 12-bit digital word hanya dalam 750 milidetik (maksimal).Memiliki konfigurasi alarm yang bisa disetel (nonvolatile).Bisa digunakan untuk fitur pencari alarm dan alamat sensor yang temperaturnya diluar batas (temperature alarm condition).Penggunaannya bisa dalam lingkungan kendali termostatis, sistem industri, produk rumahan, termometer, atau sistem apapun yang memerlukan pembacaan suhu.

2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*) 1602

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah modul penampil yang banyak digunakan karena tampilannya menarik. LCD 1602 merupakan modul LCD dengan tampilan 2x16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD seperti pada Gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10 Modul LCD 1602 (Andriboko, 2015)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu komponen yang berfungsi sebagai tampilan suatu data baik karakter huruf ataupun grafik (contoh LCD dapat dilihat pada gambar 2.10). Fungsi dari pin-pin LCD yaitu, pin data dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8bit, pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data, Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data, pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar, pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5Ω , jika tidak digunakan

maka pin tersebut bisa dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 volt.(Andriboko,2015:58).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian tentang “Studi analisis Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Termoelektrik Generator (TEG) Bersekala Kecil” ini dilaksanakan di Kota medan tepatnya di rumah pribadi atau tempat tinggal saya sendiri di jalan tuasan kelurahan Sidorejo Hilir Kecamatan Medan Tembung.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan setelah surat permohonan tugas akhir tersebut sudah dikeluarkan oleh Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2 Bahan dan Alat

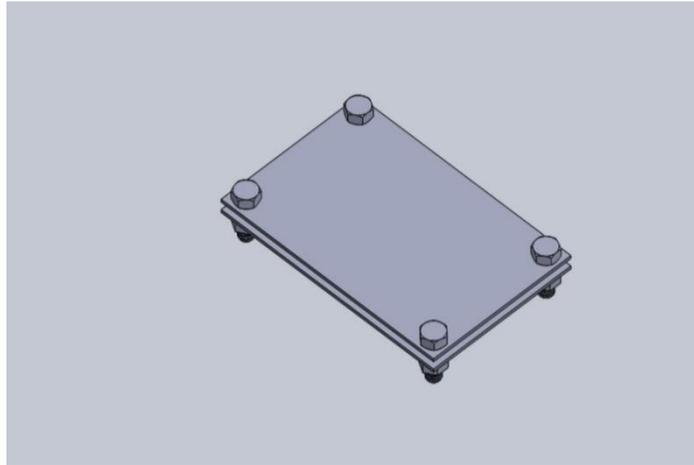
3.2.1 Bahan Penelitian

1. Aluminium (Cu)

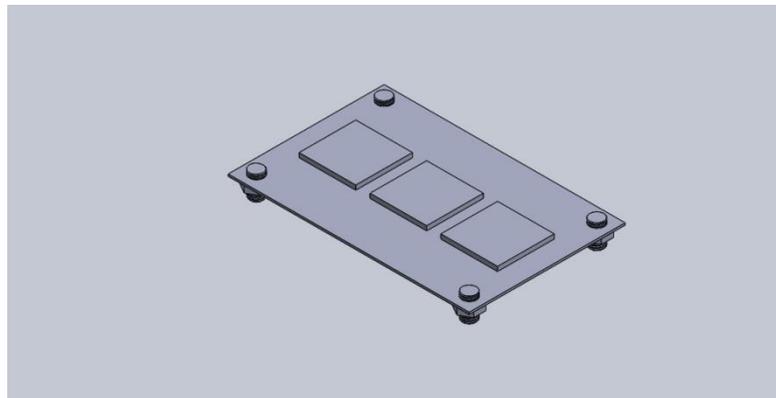
Fungsi Aluminium disini sebagai bahan percobaan yang akan dipakai untuk menyerap energi kalor pada panas yang akan di ubah menjadi energi listrik dengan ukuran 17 cm x 11 cm dengan tebal 1,5 mm seperti pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Bahan Plat Aluminium (Al,Cu)



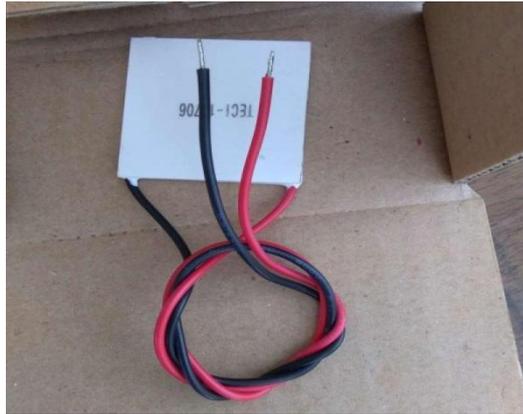
Gambar 3.2 Sketch Rancangan Plat Aluminium



Gambar 3.3 Sketch Rancangan Peltier Pada Aluminium

2. Peltier TEC1-12706

Fungsi Peltier TEC1-12706 di penelitian ini adalah sebagai komponen utama dalam merancang rangkaian Generator Termoelektrik dengan mengkonversikan energi panas dan energi dingin menjadi sumber arus listrik yang bertegangan kecil dengan menggunakan sebanyak 3 element peltier.



Gambar 3.4 Bahan Peltier TEC1-12706

3. Lilin (Paraffin)

Fungsi Lilin (paraffin) berukuran panjang 4 cm dan diameter 1 cm di penelitian ini adalah sebagai alat pemanas semikonduktor Aluminium (Cu) yang akan di leakkan dibawah sisi *hot plate* Peltier TEC1-12706.



Gambar 3.5 Bahan Lilin Paraffin

4. Arduino Uno

Pada Gambar 3.6 Fungsi Arduino Uno adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri



Gambar 3.6 Bahan Arduino Uno (Agung P,2020)

5.LCD (Liquid Crystal Display) 1602

LCD dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan panel LCD yang terdiri dari banyak dot atau titik LCD dan mikrokontroler yang menempel pada bagian belakang panel LCD yang berfungsi untuk mengatur titik-titik LCD sehingga dapat menampilkan huruf, angka, dan simbol khusus yang dapat terbaca seperti pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Bahan LCD-12602

6.Sensor Suhu DS18B20

Fungsi dari sensor suhu ini adalah untuk mengukur suhu objek atau media utama penelitian yang akan dipanaskan oleh lilin (paraffin) yang akan ditampilkan pada Arduino Uno.



Gambar 3.8 Bahan Sensor Suhu DS18B20

3.2.2 Alat Penelitian

1. Multimeter Digital

Fungsi dari Multimeter Digital ini adalah untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (resistansi) seperti pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Bahan Multimeter Digital

2. Pasta Thermal

Fungsi thermal paste adalah untuk menyalurkan panas dari processor ke heatsink. Karena permukaan pada processor dan heatsink tidak rata sehingga butuh penghubung supaya panas bisa ditransfer secara maksimal. Jika tidak memakai thermal Paste, transfer panas/ heat dari prosesor ke HSF jadi tidak sempurna.



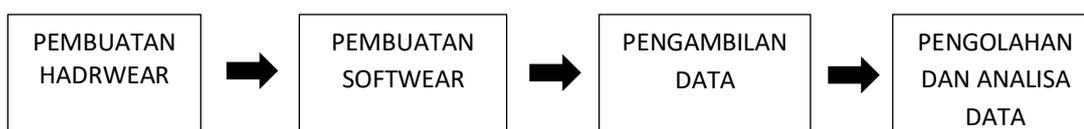
Gambar 3.10 Pasta Bahan Thermal

Dan komponen elektronika pendukung lainnya seperti:

- Resistor 4.7K
- Potensio 10K
- Breadboard
- Kabel Jumper (Male dan Female)
- Kabel Penghubung (Merah dan Hitam).

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan Alir yang dilakukan pada penelitian ini melalui empat tahap utama yaitu sebagai berikut:



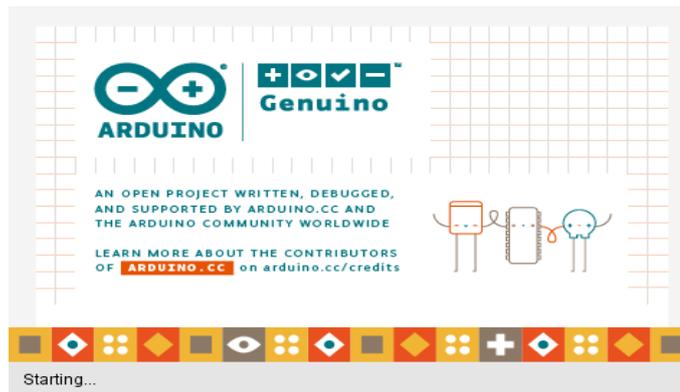
3.4 Rancangan Alat Penelitian

3.4.1 Pembuatan Hardware

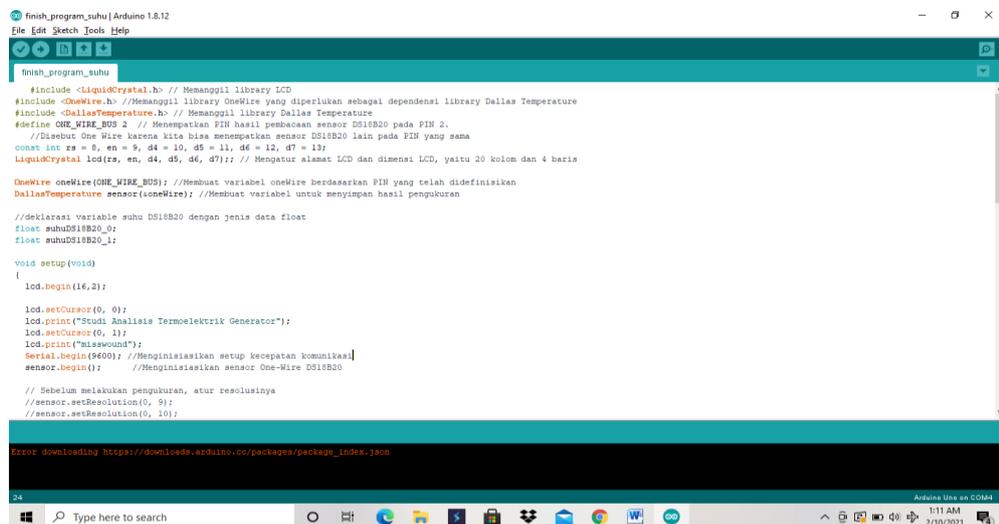
Hardware sistem generator termoelektrik akan dibuat dengan menggunakan alat dan bahan yang ada di point 3.2. Semua alat dan bahan tersebut akan dirangkai menjadi perangkat fisik yang akan digunakan sebagai prosesor dan actuator sistem generator termoelektrik sederhana.

3.4.2 Pembuatan Software

Pembuatan *software* sistem generator termoelektrik ini menggunakan pemrograman Arduino IDE, dengan tujuan untuk mengontrol dan menampilkan perbedaan suhu yang dideteksi oleh sensor suhu, kemudian suhu tersebut diinput dan diolah oleh Arduino IDE dan ditampilkan di LCD 1602 untuk mempermudah pembacaan suhu yang aktif pada rangkaian seperti ada Gambar 3.9 dan 3.10 berikut.



Gambar 3.11 Starting Arduino IDE (Tangkapan layar laptop)

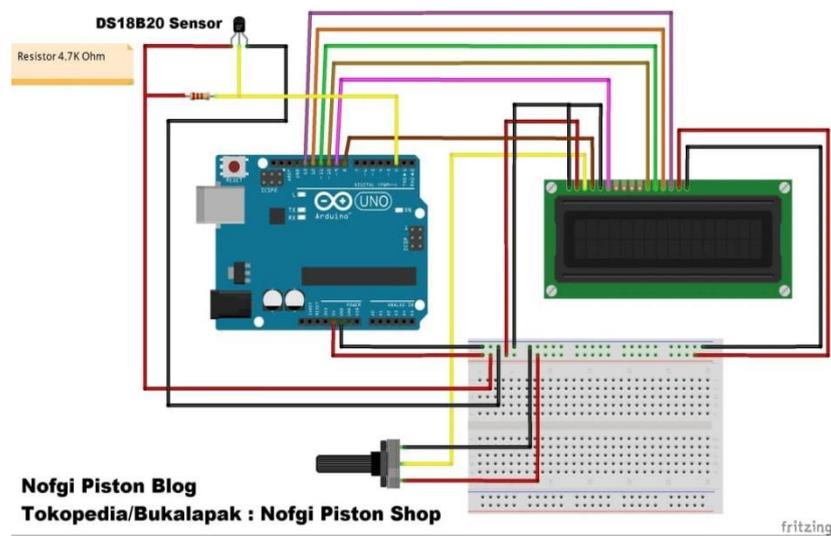


Gambar 3.12 Layar Kerja pemrograman Arduino (Tangkapan layar laptop)

Untuk dapat membuat software yang dapat mengontrol hardware sistem akuisisi data, maka diperlukan pemahaman tentang apa saja penyusun hardware sistem generator termoelektrik tersebut. Komponen penyusun utama sistem pembacaan suhu yaitu berupa papan mikrokontroler arduino uno yang digunakan sebagai processor hardware, heatshink dan peltier sebagai actuator dan sensor

suhu sebagai alat untuk sensing suhu pada rancangan. Untuk software yang dapat mengontrol jalannya hardware sistem generator termoelektrik seperti proses pembacaan suhu diperlukan diagram jalannya dan aliran jalannya program yang mampu mengontrol hardware sehingga mampu bekerja seperti sensor pada umumnya.

Diagram alir pembuatan software pemograman pembacaan suhu dengan menggunakan LCD 1602 yang dibuat dengan aplikasi LIFA (*Lab VIEW Interface For Arduino*), seperti pada Gambar 3.11 sebagai berikut :



Gambar 3.13 Diagram pemograman pembacaan suhu dengan menggunakan LCD

(Tangkapan Layar Laptop)

3.5 Prosedur Penelitian

Mempersiapkan rangkaian alat Generator Termoelektrik yang akan di uji dengan menggunakan sumber energi panas dari Lilin (Paraffin) yang akan memanaskan Lempengan Aluminium (Cu) dan akan diserap oleh bagian *Hot Plate* pada bahan Pelitier, dan Air Dingin (H₂O) yang akan diletakkan pada bagian *Cool Plate* yang kemudian akan dialirkan ke perangkat Arduino Uno dengan sistem *Seebck Effect* dan akan diukur oleh Sensor suhu, dan Multimeter digital

Melakukan pengambilan data yang akan diurutkan dengan susuai urutan waktu percobaan yaang ditentukan dengan menempatkan bagian-bagian temperature dan waktu pengujian pada table yang akan dibuat pada waktu pengujian alat sedang berlangsung.

Tabel 3.1 Data Pengujian bahan Aluminium (17 cm x 11 cm rangkaian seri)

No	Pengujian	Waktu (Detik)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
1	1 Buah Lilin (Pengujian 1)							

No	Pengujian	Waktu (Detik)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
1	2 Buah Lilin (Pengujian 2)							

No	Pengujian	Waktu (Detik)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
1	3 Buah Lilin (Pengujian 3)							

Mengolah atau Menganalisa data percobaan penelitian dan mendapatkan kelebihan dan kekurangan pada pemakaian alat pembangkit listrik alternatif tersebut pada bagian kesimpulan atau hasil penelitian tersebut.

Pengolahan data pada penelitian ini yaitu dilakukan dengan cara manual, dimana untuk menghitung output daya yang dihasilkan oleh setiap rancang dan menganalisa dari bahan yang memiliki efisiensi tinggi. Untuk menghitung daya (P) yang dihasilkan oleh rancangan generator termoelektrik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$(P = V \times I) \quad (3.1)$$

Dengan P adalah daya (Watt), V adalah tegangan keluaran (Volt), dan I adalah arus (A).

Untuk menghitung nilai efisiensi dari generator termoelektrik dapat dihitung menggunakan rumus :

$$E = \left(\frac{I \times v}{Q_{hot}} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana P adalah daya (Watt), dan I adalah arus (Ampere) dan V adalah tegangan (Volt). Dan dapat juga ditentukan jika nilai arus (I), tegangan (V) dan banyaknya kalor yang masuk (Q_{hot}). Diperoleh nilai efisiensi maksimal peltier (Emaks) (Klara, 2016).

$$Emaks = \text{efisiensi} (\%) \quad (3.3)$$

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan menciptakan salah satu alat alternatif pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi panas lilin (Parafin) sebagai pengganti energi panas untuk dikonveksikan menjadi energi listrik. Penelitian ini dilakukan di dalam ruangan rumah. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi bahan (Aluminium) terhadap efisiensi konduktivitas panasnya untuk membangkitkan energi listrik ketika di panas yang ditimbulkan oleh lilin yang diberikan kepada bahan aluminium, dan mengetahui gradien suhu antara suhu panas dan suhu dingin yang dihasilkan oleh bahan-bahan tersebut terhadap pancaran panas yang dihasilkan lilin dengan variasi jarak dan waktu yang sama. Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi suhu panas dan suhu dingin dari bahan, arus dan tegangan serta daya yang dihasilkan oleh sistem generator termoelektrik sederhana.

Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler berbasis arduino yang terdiri dari dua bagian yaitu bagian hardware (Arduino Uno) yang digunakan sebagai pengolah masukan dari beberapa sensor dan beberapa masukan lainnya, dan software (Arduino IDE) yang digunakan sebagai program atau sistem perintah dengan menuliskan *sketch* dalam Bahasa C yang akan di *upload* ke hardware Arduino Uno. Sebagai inputan kedalam arduino uno, pada penelitian ini juga digunakan dua buah sensor DS18B20 sekaligus dalam sekali pengukuran untuk mempermudah pembacaan suhu yang diukur.

Pada penelitian ini dilakukan empat pengukuran yaitu pengukuran suhu, tegangan dan arus, serta daya. Pengukuran pertama adalah pengukuran suhu dingin (T_c) yang dipasang pada bagian dingin sistem generator termoelektrik dan Suhu panas (T_h) yang dipasang pada bagian panas sistem generator termoelektrik dengan menggunakan sensor DS18B20 yang bersumber dari panas api lilin (Parafin). Hasil yang terbaca oleh sensor dihitung dan diproses oleh mikrokontroler kemudian hasilnya akan ditampilkan melalui LCD 1602 dalam bentuk digital. Pengukuran yang kedua adalah mengukur nilai tegangan (V) dan Arus (I) yang dihasilkan sistem generator termoelektrik dengan menggunakan

multimeter digital. Bagian dingin sistem generator termoelektrik digunakan air sebagai insulator agar tetap dingin dan menjaga gradien suhu antara dua bagian sistem. Dipasang juga beberapa komponen pendukung seperti bodi sensor dari akrilik dan kotak hitam, serta beberapa kabel penghubung.

Sistem kontrol yang digunakan adalah arduino. *Board* arduino adalah board mikrokontroler yang mempunyai kemampuan dalam chip kecil (*mikrokontroler*). Chip ini sekitar 1000 kali lebih hebat dari *Macbook*, tetapi Arduino mempunyai harga yang jauh lebih murah dan sangat bermanfaat untuk membangun perangkat yang menarik. Dengan chip hitam dengan 28 kaki, chip tersebut adalah IC Mikrokontroler 328, yang merupakan bagian yang sangat penting dari *board* Arduino Uno. Tim Arduino telah menempatkan komponen-komponen yang dibutuhkan oleh mikrokontroler untuk bekerja dengan baik dan dapat berkomunikasi dengan PC. Selanjutnya digunakan Arduino IDE.

Arduino IDE adalah singkatan dari (*Intergrated Development Environment*) yang merupakan program spesial yang bekerja di PC yang dapat membantu pengguna *board* arduino untuk menulis "*Sketch*" yang akan dikirim ke *board* arduino dalam model bahasa yang sederhana menurut *Processing language* (www.processing.org). Ketika tombol *Upload* ditekan, *code* yang telah ditulis di terjemahkan ke dalam bahasa C (yang pada umumnya sangat susah untuk pemula untuk melakukannya), dan akan melewati *avr-gcc compiler* dan pada akhirnya akan menjadi bahasa yang dapat dimengerti oleh mikrokontroler.

4.1.1 Alat Pembuatan Sensor Suhu

Semua komponen sensor maupun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah komponen elektronika yang mempunyai nilai aliran listrik, dan rentan sekali terhadap goyangan maupun benda-benda lain yang dapat merusak rangkaian tersebut. Sehingga digunakan tempat yang sesuai dengan kebutuhan alat tersebut. Pada penelitian ini digunakan akrilik dan kotak hitam sebagai tempat rangkaian elektronika dan beberapa alat pendukung lainnya, agar aman dari pengaruh terjadinya kerusakan. Kotak yang digunakan pada penelitian ini berbahan dasar plastik, sehingga tidak mudah pecah. Pembuatan sensor ini berfungsi untuk mempermudah pembacaan nilai suhu yang dihasilkan oleh rancangan. Sensor yang digunakan adalah sensor DS18B20. Dalam hal ini,

komponen utama yang digunakan adalah sebuah modul arduino yang berfungsi memprogram/mengolah suhu yang dideteksi oleh sensor dan sebuah LCD yang digunakan sebagai penampil nilai suhu yang dibaca oleh sensor. Berikut adalah hasil pembuatan alat pembaca suhu:



Gambar 4.1 Rancangan Alat Pembaca Suhu

4.1.2 Pemograman Arduino

Sistem mikrokontroler berbasis arduino ini, terletak pada IC Atmega 328 yang memegang kendali utama dalam operasi semua kegiatan perangkat sensor maupun intruksi-intruksi lain yang berhubungan dengan sistem. Tidak hanya itu, komunikasi perkembangan pada arduino ini juga mampu menampilkan monitor langsung dari nilai pembacaan sensor, sehingga penggunaan arduino ini sangat efisien dan praktis untuk pengoprasian sebuah alat otomasi. Intruksi dan olah data menggunakan software Arduino IDE yang di dalamnya terdapat *sketch* atau *coding intruction* sebagai pembacaan sensor maupun pengolahan data yang diterima. *Sketch* pemograman yang akan dimasukkan ke arduino IDE untuk rancangan pembaca sensor suhu adalah sebagai berikut :

```

#include <LiquidCrystal.h> // Memanggil library LCD
#include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan
sebagai dependensi library Dallas Temperature
#include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas
Temperature
#define ONE_WIRE_BUS 2 // Menempatkan PIN hasil pembacaan sensor
DS18B20 pada PIN 2.
//Disebut One Wire karena kita bisa menempatkan sensor DS18B20 lain
pada PIN yang sama
const int rs = 8, en = 9, d4 = 10, d5 = 11, d6 = 12, d7 = 13;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7); // Mengatur alamat LCD dan
dimensi LCD, yaitu 20 kolom dan 4 baris

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Membuat variabel oneWire
berdasarkan PIN yang telah didefinisikan
DallasTemperature sensor(&oneWire); //Membuat variabel untuk
menyimpan hasil pengukuran

//deklarasi variable suhu DS18B20 dengan jenis data float
float suhuDS18B20_0;
float suhuDS18B20_1;

void setup(void)
{
  lcd.begin(16,2);

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Studi Analisis Termoelektrik Generator");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("misswound");
  Serial.begin(9600); //Menginisiasikan setup kecepatan komunikasi
  sensor.begin(); //Menginisiasikan sensor One-Wire DS18B20

```

```

// Sebelum melakukan pengukuran, atur resolusinya
//sensor.setResolution(0, 9);
//sensor.setResolution(0, 10);
//sensor.setResolution(0, 11);
sensor.setResolution(0, 12);

//sensor.setResolution(1, 9);
//sensor.setResolution(1, 10);
//sensor.setResolution(1, 11);
sensor.setResolution(1, 12);

delay(2000);
}

void loop(void)
{

sensor.requestTemperatures(); // Perintah konversi suhu
//Membaca data suhu dari sensor #0 dan mengkonversikannya ke nilai
Celsius
suhuDS18B20_0 = sensor.getTempCByIndex(0);
suhuDS18B20_1 = sensor.getTempCByIndex(1);
// suhuDS18B20 = (suhuDS18B20*9/5) + 32;
// suhuDS18B20 = suhuDS18B20 = 273.15;

Serial.print("Sensor P : ");
//Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuDS18B20_0, 4); //Presisi 4 digit

```

```
Serial.println(" °C");
```

```
Serial.print("Sensor D : ");
```

```
//Serial.println(suhuDS18B20, 1); //Presisi 1 digit
```

```
//Serial.println(suhuDS18B20, 2); //Presisi 2 digit
```

```
//Serial.println(suhuDS18B20, 3); //Presisi 3 digit
```

```
Serial.println(suhuDS18B20_1, 4); //Presisi 4 digit
```

```
Serial.println(" °C");
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Temp P");
```

```
lcd.setCursor(7, 0);
```

```
lcd.print(suhuDS18B20_0, 4);
```

```
lcd.print((char)223);
```

```
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Temp D");
```

```
lcd.setCursor(7, 1);
```

```
lcd.print(suhuDS18B20_1, 4);
```

```
lcd.print((char)223);
```

```
lcd.print("C");
```

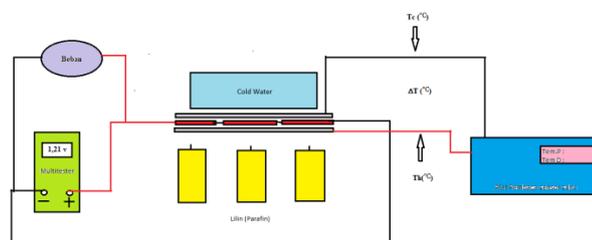
```
}
```

4.1.3 Pembuatan Sistem Generator Termoelektrik

Pembuatan sistem generator termoelektrik ini merupakan rangkaian utama yang digunakan untuk mengkonversi energi panas menjadi energi listrik. Dalam pembuatan sistem ini, pada bagian ini bahan yang digunakan adalah aluminium (Cu). Satu rangkaian terdapat masing-masing dua buah plat dengan ukuran masing- masing 17 cm x 11 cm untuk bagian *hot plate*, dan 17 cm x 11 cm untuk bagian *cooling plate* atau berukuran sama. Di antara kedua plat tersebut diletakkan peltier yang akan mengkonversi energy panas menjadi listrik. Bagian *hot plate* adalah untuk menerima panas dari api yang di hasilkan oleh lilin (Parafin), sedangkan bagian lainnya (*colling plate*) untuk bagian dingin rangkaian. Bagian dingin generator di pasang sebuah kotak aluminium berisi air sebagai insolator agar suhu bagian dinginnya tetap lebih rendah dari suhu panasnya. Gambar 4.2 menjelaskan hasil dari rancangan sistem generator termoelektrik yang siap digunakan.



Gambar 4.2 Rancangan Sistem Generator Termoelektrik



Gambar 4.3 Rangkaian Sistem Generator Termoelektrik

4.2 Pengambilan Data

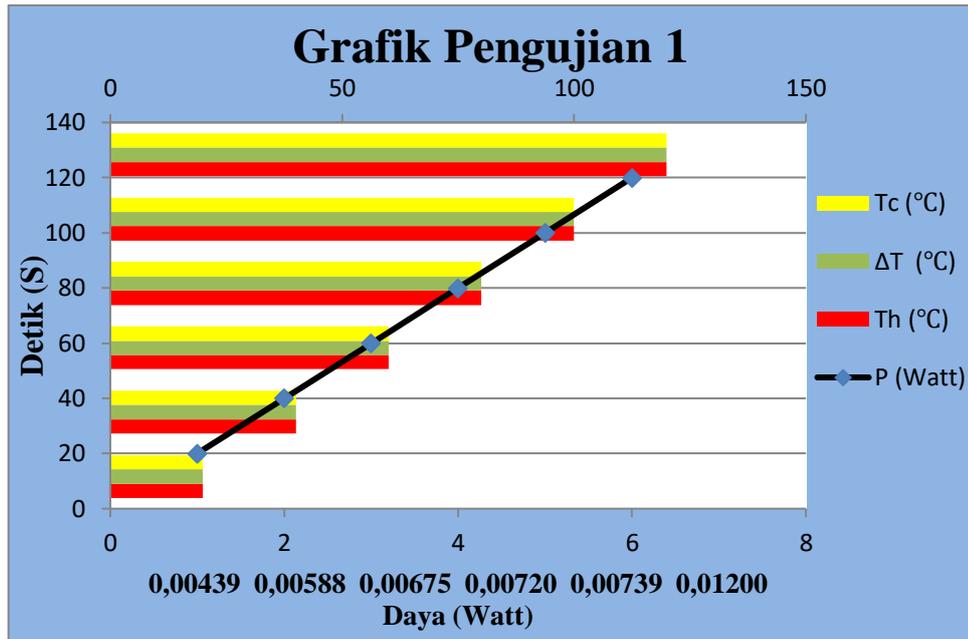
Pengambilan data dilakukan pada satu bahan Aluminium (Cu) yang di panaskan oleh api dari lilin (Parafin) selama dua menit pengukuran dengan rentang waktu 20 detik pengukuran. Dengan tiga variasi banyak sumber paparan panas lilin untuk plat berukuran 17 cm x 11 cm dari sistem generator termoelektrik. Variasi rangkaian peltier ini menggunakan rangkain seri (tiga buah peltier). Pengukuran kenaikan suhu diukur setiap pertambahan waktu selama dua puluh detik awal sampai waktu dua menit sehingga terdapat 6 hasil pengukuran, untuk menghitung waktunya menggunakan stopwatch HP. Sebelum pengukuran, pastikan semua alat baik dari sensor, sistem generator termoelektrik dan multimeter digital serta lilin dalam keadaan siap, dan sensor suhu telah terkalibrasi. . Sensor suhu diatur pada nilai suhu ruangan kemudian dipasang pada bagian panas dan dingin dari sistem untuk mengetahui suhu awal pada sistem, setelah itu sensor suhu secara otomatis akan terkalibrasi. Setelah sensor terkalibrasi, dimulai pengukuran pada suhu awal dari sistem dengan menggunakan aluminium tersebut, kemudian didata nilai keluaran dari sensor yang ditampilkan pada LCD, dan nilai tegangan serta arus yang ditampilkan di multimeter digital setiap 20 detik pengukuran selama 2 menit.

4.2.1 Hasil Pengujian Sistem Generator Termoelektrik Dengan Bahan Aluminium (Cu).

***Pengujian 1**

Tabel 4.1 Data pengujian 1 sistem pada rancangan berbahan aluminium dengan peltier dirangkaian Seri.

No	Pengujian	Waktu (Detik)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
1	1 Buah Lilin (Pengujian1)	20	34,00	30,50	4,50	1,21	0,00363	0,00439
		40	35,00	30,00	5,00	1,40	0,00420	0,00588
		60	35,50	29,50	6,50	1,50	0,00450	0,00675
		80	37,00	29,00	8,00	1,55	0,00465	0,00720
		100	38,50	29,50	9,00	1,57	0,00471	0,00739
		120	39,50	29,50	10,00	2,00	0,00600	0,01200



Gambar 4.4 Grafik hubungan perbedaan suhu dengan daya pada rancangan berbahan aluminium dengan peltier dirangkai seri dengan menggunakan sumber panas 1 lilin.

Dari grafik diatas menjelaskan bahwa,semakin lama waktu pengujian maka semakin tinggi daya yang dihasilkan oleh rancangan sistem generator tersebut,pada waktu awal daya menghasilkan sebesar 0,00439 watt dan pada akhir waktu pengujian daya menghasilkan sebesar 0,01200 watt untuk pengujian tahap 1.

Untuk mencari banyaknya kalor yang masuk (Q_{hot}) pada plat aluminium dapat dinyatakan oleh perhitungan tersebut:

$$T_c = 39.50^{\circ}\text{C}$$

$$T_h = 29.50^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 10.00^{\circ}\text{C}$$

$$K = 202 \text{ W/m.C}$$

$$A = 187 \text{ cm}^2 = 0.0187\text{m}^2$$

$$\rightarrow Q_t = K A. \Delta T/L \tag{4.1}$$

$$Q_t = (202).(0,0187).(10)/(0,0015)$$

$$Q_t = 25.000 \text{ watt atau}$$

$$Q_t = Q/t$$

$$Q/t = 25 \text{ Kj/detik}$$

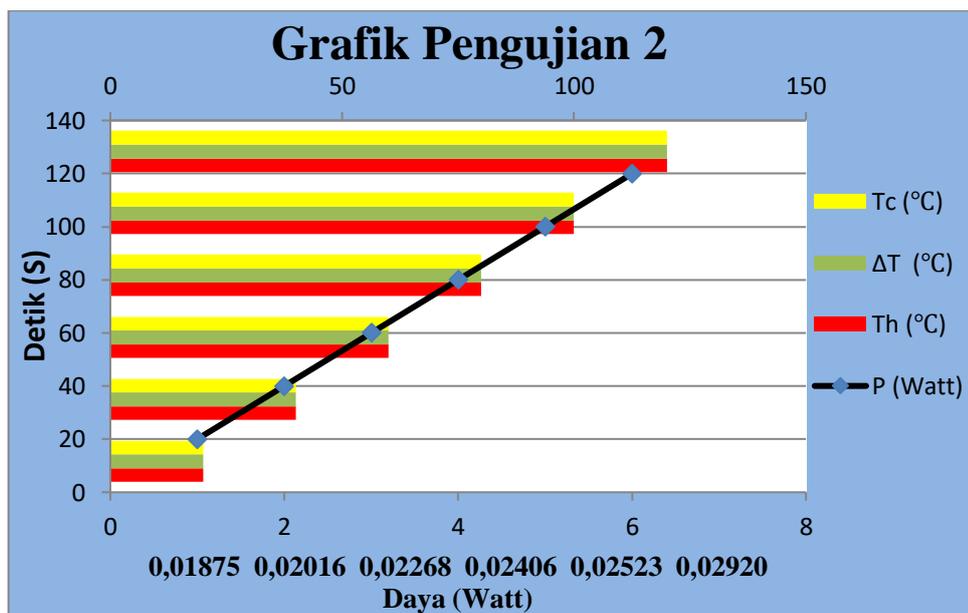
$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/detik}$$

Jadi panas yang melewati plat aluminium pada pengujian 1 adalah 25 Kj/detik.

*Pengujian 2

Tabel 4.2 Data pengujian 2 sistem pada rancangan berbahan aluminium dengan peltier dirangkaian Seri.

No	Pengujian	Waktu (Detik)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
1	2 Buah Lilin (Pengujian2)	20	34,00	30,00	4,00	2,50	0,00750	0,01875
		40	35,00	29,50	5,50	2,65	0,00795	0,02106
		60	36,50	29,50	6,50	2,75	0,00825	0,02268
		80	37,50	28,00	9,50	2,83	0,00849	0,02406
		100	39,00	27,00	12,00	2,90	0,00870	0,02523
		120	40,50	26,50	14,00	3,12	0,00936	0,02920



Gambar 4.5 Grafik hubungan perbedaan suhu dengan daya pada rancangan berbahan aluminium dengan peltier dirangkai seri dengan menggunakan sumber panas 2 lilin.

Dari grafik diatas menjelaskan bahwa,semakin lama waktu pengujian maka semakin tinggi daya yang dihasilkan oleh rancangan sistem generator tersebut,pada waktu awal daya menghasilkan sebesar 0,01875 watt dan pada akhir

waktu pengujian daya menghasilkan sebesar 0,02920 watt untuk pengujian tahap 2.

Untuk mencari banyaknya kalor yang masuk (Q_{hot}) pada plat aluminium dapat dinyatakan oleh perhitungan tersebut:

$$T_c = 40.50^{\circ}\text{C}$$

$$T_h = 26.50^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 14.00^{\circ}\text{C}$$

$$K = 202 \text{ W/m.C}$$

$$A = 187 \text{ cm}^2 = 0.0187\text{m}^2$$

$$\rightarrow Q_t = K A. \Delta T/L \tag{4.2}$$

$$Q_t = (202).(0,0187).(14)/(0,0015)$$

$$Q_t = 34.900 \text{ watt atau}$$

$$Q_t = Q/t$$

$$Q/t = 34,9 \text{ Kj/detik}$$

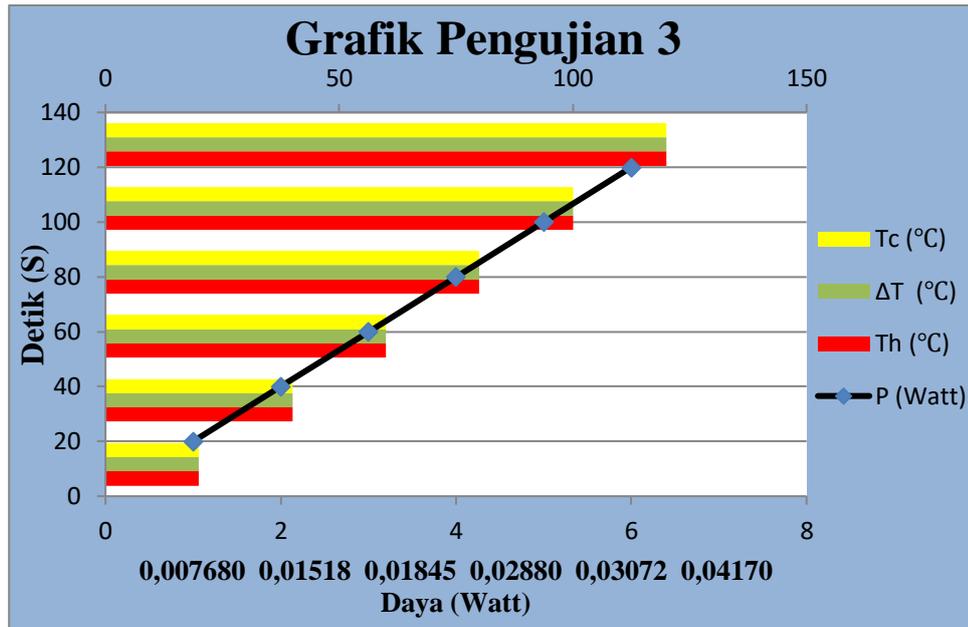
$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/detik}$$

Jadi panas yang melewati plat aluminium pada pengujian 2 adalah 34,9 Kj/detik.

***Pengujian 3**

Tabel 4.3 Data pengujian 3 sistem pada rancangan berbahan aluminium dengan peltier dirangkaian Seri.

No	Pengujian	Waktu (Detik)	T_h ($^{\circ}\text{C}$)	T_c ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	V (Volt)	I (A)	P (Watt)
1	3 Buah Lilin (Pengujian3)	20	30,50	25,00	4,50	1,60	0,00480	0,00768
		40	32,50	25,50	7,00	2,25	0,00675	0,01518
		60	34,50	26,50	8,00	2,48	0,00744	0,01845
		80	38,50	28,00	9,50	3,00	0,00900	0,02880
		100	42,00	29,00	11,00	3,20	0,00960	0,03072
		120	43,00	31,00	12,00	3,70	0,01110	0,04107



Gambar 4.6 Grafik hubungan perbedaan suhu dengan daya pada rancangan berbahan aluminium dengan peltier dirangkai seri dengan mnggunakan sumber panas 3 lilin.

Dari grafik diatas menjelaskan bahwa,semakin lama waktu pengujian maka semakin tinggi daya yang dihasilkan oleh rancangan sistem generator tersebut,pada waktu awal daya menghasilkan sebesar 0,007680 watt dan pada akhir waktu pengujian daya menghasilkan sebesar 0,04170 watt untuk pengujian tahap 3.

Untuk mencari banyaknya kalor yang masuk (Q_{hot}) pada plat aluminium dapat dinyatakan oleh perhitungan tersebut:

$$T_c = 43.00^{\circ}\text{C}$$

$$T_h = 31.00^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 12.00^{\circ}\text{C}$$

$$K = 202 \text{ W/m.C}$$

$$A = 187 \text{ cm}^2 = 0.0187\text{m}^2$$

$$\rightarrow Q_t = K A. \Delta T/L \tag{4.3}$$

$$Q_t = (202).(0,0187).(12)/(0,0015)$$

$$Q_t = 29.993 \text{ watt atau}$$

$$Q_t = Q/t$$

$$Q/t = 29,9 \text{ Kj/detik}$$

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/detik}$$

Jadi panas yang melewati plat aluminium pada pengujian 3 adalah 30 Kj/detik.

4.2.2 Perhitungan Secara Seri

Tabel 4.4 Pengujian Terhadap Rangkaian Seri

Waktu (Detik)	T _h (°C)	T _c (°C)	ΔT (°C)	V (Volt)
20	34,00	30,50	4,50	1,21
40	35,00	30,00	5,00	1,40
60	35,50	29,50	6,50	1,50
80	37,00	29,00	8,00	1,55
100	38,50	29,50	9,00	1,57
120	39,50	29,50	10,00	2,00

*Perhitungan dengan Menggunakan 1 Peltier

$$I = \frac{v}{R} \rightarrow I \frac{1,21}{1000} = 0,00121 \text{ A} \quad (4.4)$$

Keterangan : I = Arus (A)

V = Tegangan (V)

R = Hambatan (Ω)

*Perhitungan dengan menggunakan 3 Peltier.

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0,00121 + 0,00121 + 0,00121 = 0,00363$$

Sesuai percobaan tersebut telah diperoleh hasil yang berupa data pengukuran, ditampilkan pada Tabel diatas menggunakan rangkaian seri yang menunjukkan nilai pada Arus (I) dan Tegangan (V) akan meningkat seiring bertambahnya Peltier yang digunakan. Serta selisih antara T.D (Titik Dingin) dan T.P (Titik Panas) akan mempengaruhi hasil pengukuran, semakin besar selisihnya maka semakin besar pula Arus dan Tegangan yang dihasilkan.

4.2.3 Analisis Hasil dari Percobaan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap kenaikan suhu yang terjadi pada elemen dalam menghasilkan energi listrik dan pengaruh suhu terhadap peltier. Kemudian dari energi listrik yang dihasilkan peltier tersebut dibandingkan dengan datasheet peltier untuk memperoleh nilai ketepatan keluaran.

A. Perhitungan Daya Input dan Output

Diketahui :

- $$\begin{aligned} P_{\text{Input}} = P &= V \times I && (4.5) \\ &= 3,70 \times 0,04107 \\ &= 0,0151959 \text{ W} \end{aligned}$$

Keterangan : P = Daya (W)
= Arus (A)
= Tegangan (V)

Tabel 4.5 Hasil dari perhitungan Daya Input Secara Seri

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (P)
39,50	2,00	0,00600	0,012
40,50	3,12	0,00936	0,029
43,00	3,70	0,01110	0,041

Dari tabel diatas menunjukkan tentang besaran daya yang dikeluarkan dari sumber panas (Lilin) dengan melakukan perkalian antara Tegangan dan Arus menggunakan Multitester Digital atau sumber panas bagi peltier.

- P. Output

Perhitungan Secara Seri dengan menggunakan rumus $P = V \times I$ maka didapatkan hasil $P = 1,21 \times 0,00121$

$$P = 0,002$$

Keterangan P = Daya (W)

I = Arus (A)

V = Tegangan (V)

Tabel 4.6 Hasil dari Perhitungan Output Daya Peltier Secara Seri

Th (°C)	Tc (°C)	Daya (W) (3 buah peltier)
39,50	29,50	0,004
40,50	26,50	0,009
43,00	31,00	0,013

Dari table 4.6 memperlihatkan besaran Daya (W) yang dihasilkan oleh peltier yang diperoleh dari perhitungan 3 buah peltier dengan menggunakan rumus besaran Tegangan dikali dengan besaran Arus sehingga menghasilkan besaran daya tersebut.

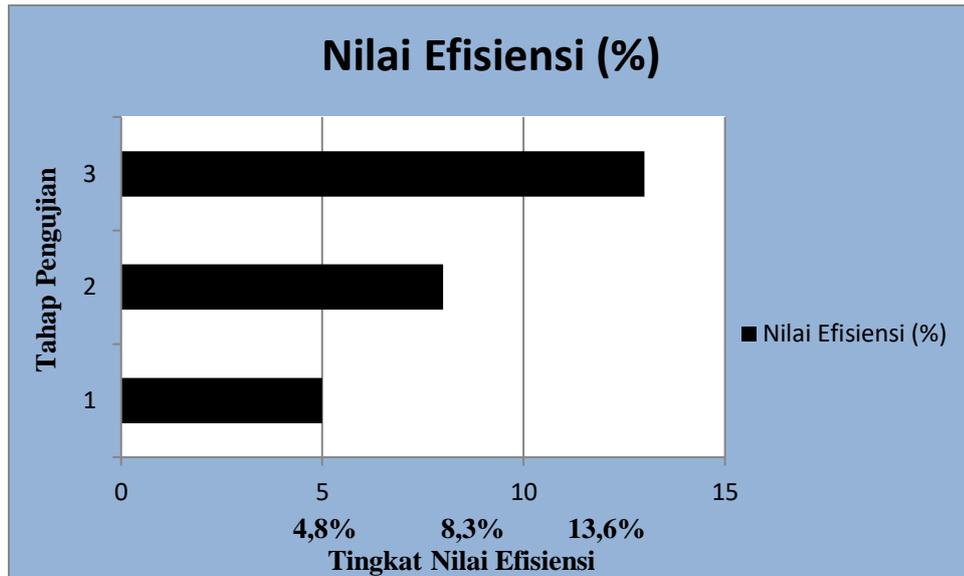
C. Perhitungan Efisiensi Daya

Untuk menentukan efisiensi maksimum dari sistem egenerator termoelektrik dapat digunakan rumus berikut:

$$E = \left(\frac{I \times v}{Q_{hot}} \right) \times 100\% \quad (4.6)$$

Tabel 4.7 Efisiensi dari rancangan sistem generator termoelektrik

No	Pengujian	Qhot (Kj/detik)	V (Volt)	I (A)	Efisiensi (%)
1	Pengujian 1	25,0	2,00	0,600	4,8
2	Pengujian 2	34,9	3,12	0,936	8,3
3	Pengujian 3	29,9	3,70	1,110	13,6



Gambar 4.7 Efisiensi maksimum dari rancangan sistem generator termoelektrik terhadap semua variasi percobaan.

Grafik tersebut menjelaskan bahwa rancangan sistem generator menggunakan sumber panas sebanyak 3 buah lilin memiliki nilai efisiensi paling tinggi dengan angka sebesar 13,6% dibandingkan dengan sumber panas 1 lilin dengan angka sebesar 4,8%, semakin besar nilai panas nya semakin besar pula energi yang listrik yang dihasilkan element peltier.

4.3 Pembahasan

Hubungan antara perbedaan temperature dengan output daya yang dihasilkan oleh rancangan sistem generator termoelektrik dengan menggunakan bahan aluminium (Cu) dan variasi banyak sumber panas lilin dengan rangkaian seri termoelektrik generator dapat dilihat pada gambar 4.3 sampai pada gambar 4.5. Pada gambar 4.3 menggunakan rancangan beban aluminium dengan rangkaian seri dengan menggunakan sumber panas dari 1 lilin dengan durasi waktu 20 sampai 120 detik dengan ukuran plat aluminium 17 cm x 11 cm, gambar 4.4 dengan menggunakan dua lilin sumber panas, gambar 4.5 menambah kembali sumber panas menjadi tiga lilin.

Hasil grafik-grafik tersebut dapat dilihat bahwa hubungan antara perbedaan suhu dengan daya yang dihasilkan oleh sistem generator termoelektrik berbanding lurus dan bersifat linear. Ketika rancangan menghasilkan perbedaan suhu yang semakin besar, maka daya yang dihasilkan juga semakin besar. Gambar 4.5

menjelaskan bahwa pada rancangan dengan tiga buah peltier yang dirangkai secara seri, terlihat bahwa pada pengujian sistem dengan variasi sumber panas generator termoelektrik, suhu panas lebih cepat merambat dan meningkat dan menghasilkan selisih suhu dengan sumber panas sebanyak tiga lilin dibanding dengan satu sumber panas lilin. Hal ini menyebabkan perbedaan efektifitas output daya yang dihasilkan lebih besar.

Hasil dari setiap penelitian pada pengujian sistem waktu pengujian terakhir perbedaan suhu dari sistem semakin besar, hal ini disebabkan karena *hot plate* semakin memanas karena sumber panas atau lilin semakin banyak menjadi tiga buah lilin yang semakin meningkatkan nilai panas pada aluminium dan juga perbedaan waktu pengujiannya yang tidak terlalu jauh sehingga tidak memungkinkan nilai dingin bisa merambat ke bagian *hot plate*. Namun di satu sisi lilin sebagai sumber panas yang dihasilkan semakin lama semakin mencair menyebabkan terjadinya nilai titik panas semakin lambat naik, karena titik sumbu api semakin lama semakin merendah karena mencair diakibatkan dari panas api lilin tersebut.

Hasil-hasil tersebut menjelaskan bahwasannya semakin banyak lilin atau sumber panas yang dipakai dengan sistem generator termoelektrik, maka semakin cepat pula *hot plate* mengalami pemanasan yang menyebabkan perbedaan suhu antara *hot plate* dan *cooling plate* lebih besar, sehingga dapat menghasilkan arus dan tegangan serta daya listrik yang lebih besar pula. Perbedaan rancangan sistem generator termoelektrik pada tiga variasi sumber panas pada rangkaian peltier, ketika tiga buah rangkaian peltier dirangkai secara seri menghasilkan arus dan tegangan serta daya yang lebih besar, dimana tegangan minimal sebesar 1,21 volt dan tegangan maksimal sebesar 3,70 volt, arus minimum sebesar 0,00363 ampere dan arus maksimum sebesar 0,01110 ampere, serta daya minimal 0,01200 watt dan daya maksimal sebesar 0,04107 watt. Untuk daya input pada rangkaian seri ini rangkaian sistem generator termoelektrik ini mampu menghasilkan daya maksimal sebesar 0,041 watt dan daya output maksimal sebesar 0,013 watt. Pada pengujian tahap satu, panas yang melewati plat aluminium dengan ukuran 17 cm x 11 cm x 1,5 mm sebesar 25,0 Kj/detik, pada tahap dua panas yang melewati plat aluminium sebesar 30,9 Kj/detik, dan pada tahap akhir panas yang melewati plat

aluminium tersebut sebesar 29,9 KJ/detik, nilai ini di cari untuk mendapatkan jumlah nilai kalor yang masuk (Qhot)

Daya listrik yang dihasilkan oleh sistem generator termoelektrik tidak terlalu besar, maka perlu penambahan beberapa element peltier untuk menghasilkan daya listrik yang lebih besar. Jika 3 buah peltier di rangkai secara seri menghasilkan tegangan 3,70 volt, maka untuk mendapatkan tegangan sebesar 12 volt harus menambahkan 6 buah peltier lagi yang dirangkai secara seri.

Berdasarkan analisis dari modul termoelektrik yang digunakan, dapat diketahui bahwa semakin tinggi input energi panas yang masuk kedalam sebuah modul termoelektrik maka akan semakin besar pula output arus dan tegangan listrik keluaran yang dihasilkan. Pada kasus pengujian sistem ini ketika sumber panas lilin diperbanyak atau lebih dari satu di arahkan pada aluminium dengan diameter 17 cm x 11 cm x 1,5 mm dengan 3 peltier di rangkai secara seri perbedaan suhu dari sistem sebesar 12,00°C menghasilkan tegangan listrik keluaran maksimal sebesar 3,70 volt. Energi panas yang mengalir pada aluminium berinteraksi dengan modul termoelektrik. Keluaran tegangan listrik ini terjadi karena adanya perbedaan suhu antara sisi panas dengan sisi dingin dari modul termoelektrik (peltier) tersebut.

Suhu pada bagian *cooling plate* pasti akan mengalami panas, untuk mengurangi pemanasan pada bagian *cooling plate* perlu ditambahkan air. Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu contoh untuk menciptakan sebuah alat yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif, dengan proses yang sederhana dan dari bahan-bahan yang bisa dijangkau oleh semua orang, apabila dibuat dan dikembangkan dalam skala pabrik, akan menghasilkan sistem yang lebih bagus dan sangat efisien. Manusia memiliki akal untuk mengembangkan potensi yang ada dalam dirinya untuk mengembangkan potensi alam yang ada di sekitarnya, kemudian bisa dimanfaatkan menjadi sebuah sistem yang sangat fungsional untuk manusia lainnya.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian tentang rancang bangun sistem generator termoelektrik sederhana sebagai pembangkit energi listrik dengan menggunakan metode *seebeck effect* ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh perbedaan temperature antara hot plate dan cooling plate terhadap daya yang dihasilkan dari rancangan tersebut sangat berkaitan, dimana ketika semakin perbedaan temperatur (ΔT) antara sisi dingin dengan sisi panas dari rancangan, maka semakin besar pula arus dan tegangan yang dihasilkan.

2. Perbedaan antara rancangan sistem generator termoelektrik yang menggunakan sumber panas lilin dengan tiga variasi sumber panas terhadap output daya listrik yang dihasilkan oleh rancangan tersebut, dari ketiga variasi sumber panas lilin tersebut, ketika tiga buah peltier di rangkai menjadi rangkaian seri menghasilkan V_{maks} sebesar 3,70 volt dan daya listrik sebesar 0,04107 watt dan memiliki selisih antara suhu panas dan suhu dingin sebesar 12,00 °C dapat dinyatakan pada sumber panas tiga lilin dan plat aluminium dengan diameter 17 cm x 11 cm bahwa rancangan berbahan aluminium dan rangkaian seri peltier mampu menghasilkan tegangan dan daya listrik yang lebih besar.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini yang bisa penulis sampaikan kepada pembaca, insulator yang digunakan adalah air, ketika panas oleh api lilin itu di arahkan maka air itu lama kelamaan akan panas, sehingga akan mempengaruhi suhu di sisi dingin. Agar suhu dingin tetap dalam keadaan dingin, airnya diganti dengan yang baru atau bisa ditambahkan dengan es batu. Semakin rendah suhu di sisi dingin, dan semakin panas suhu di sisi panas, maka akan semakin besar arus dan tegangan serta daya listrik yang dihasilkan. Semoga bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

Andriboko, Armansyah, dkk. 2015. *Peningkatan Kinerja Komputer Dengan Kestabilan Temperatur Terkendali Berbasis Mikrokontroler*. Manado: Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT.

F. Keith dan A. Priyono.1998. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas, edisi ke-3*. Jakarta: Erlangga

G. Min, D.M. Roe, 1994. *thermoelectrics, Peltier devices as generator*, CRC Press LLC, Florida, 1994, p.479.

Giancoli, Douglas, C. 2001. *Fisika Jilid 1*. Jakarta: Erlangga

Giancoli, Douglas, C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

K. Umurani, A. Siregar dan S.Al-Amin,2020 .*Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja*. Program Studi Teknik Mesin,Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

K. Umurani, A.R.Nasution dan D.Irwansyah,2021 .*Perpindahan Panas Dan Penurunan Tekanan Pada Saluran Segiempat Dengan Rusuk V 90 Derajat*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Klara, Sherly dan Sutrisno, 2016. *Pemanfaatan Panas Gas Buang Mesin Diesel Sebagai Energi Listrik*. Volume 14, No. 1. Hal. 113-128. Makassar

Koestur, Raldi Artono. 2002. *Perpindahan Kalor Untuk Mahasiswa Teknik*. Jakarta: UI Press

Pramesti, R. 2007. *Mata Kuliah Biologi Dasar*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

Putra, Nandy. Dkk. 2009. *Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik Untuk Kendaraan Hibrid*. VOL. 13, NO. 2. MAKARA. Depok: Fakultas Teknik, UI.

Ansyori,Dkk,2017 *Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Seeback Effect Skripsi*.Fakultas Teknik,Universitas Islam Negeri Malang

Renda Febrian. Dkk 2016 *Perhitungan Efisiensi Peltier TEG (Thermoelectric Generator) SP-1848 Menggunakan Perbandingan Suhu Panas Dan Dingin Sebagai Energi Alternatif* Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang Jl. MT Haryono 193 Malang 65144, Indonesia

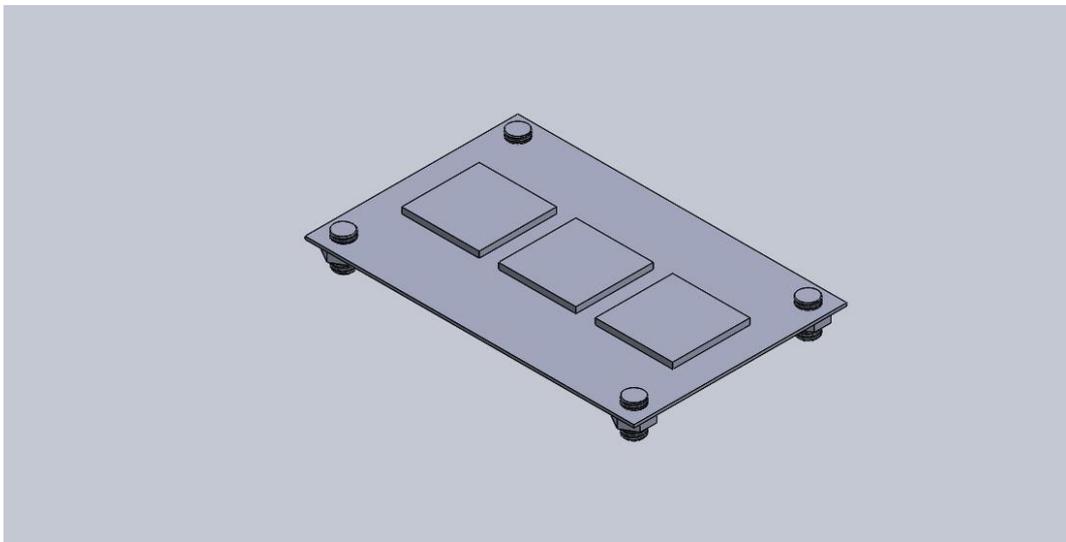
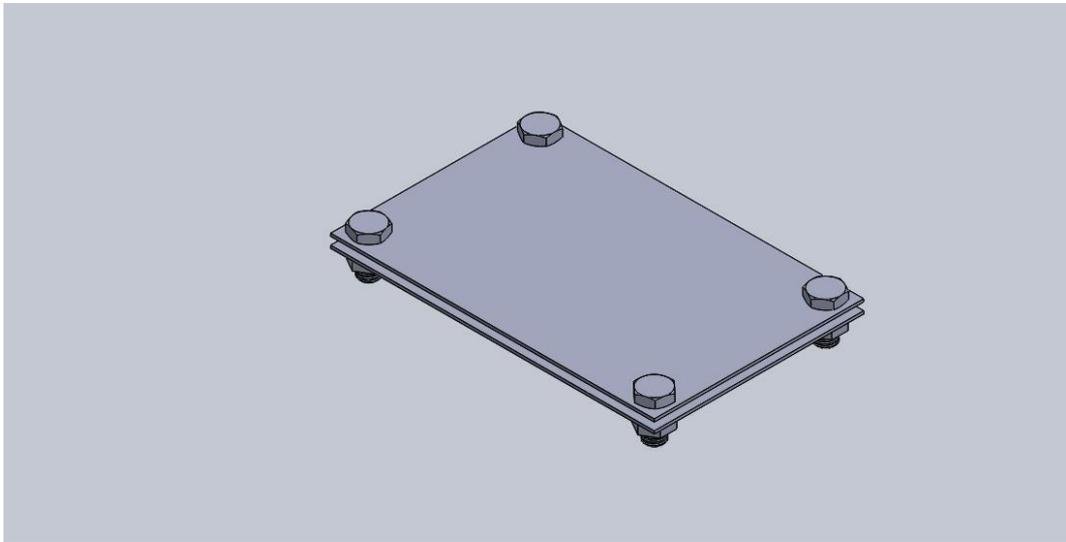
Sugiyanto, Soeadgihardo Siswantoro. 2014. *Pemanfaatan Panas Pada Kompor Gas Lpg Untuk Pembangkitan Energi Listrik Menggunakan Generator Thermoelektrik*. Volume 7 Nomor 2. Hal. 100-105. Yogyakarta.

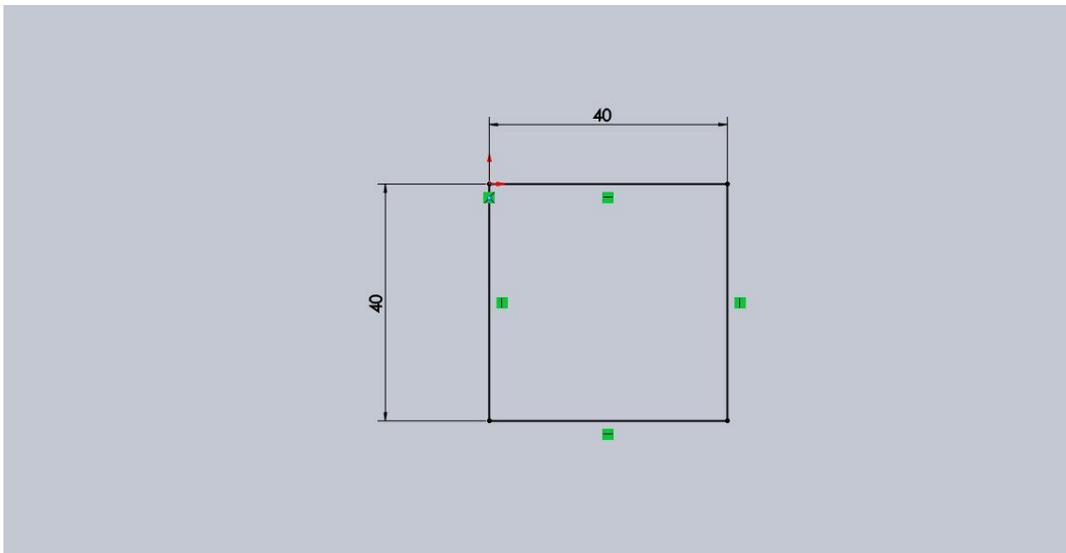
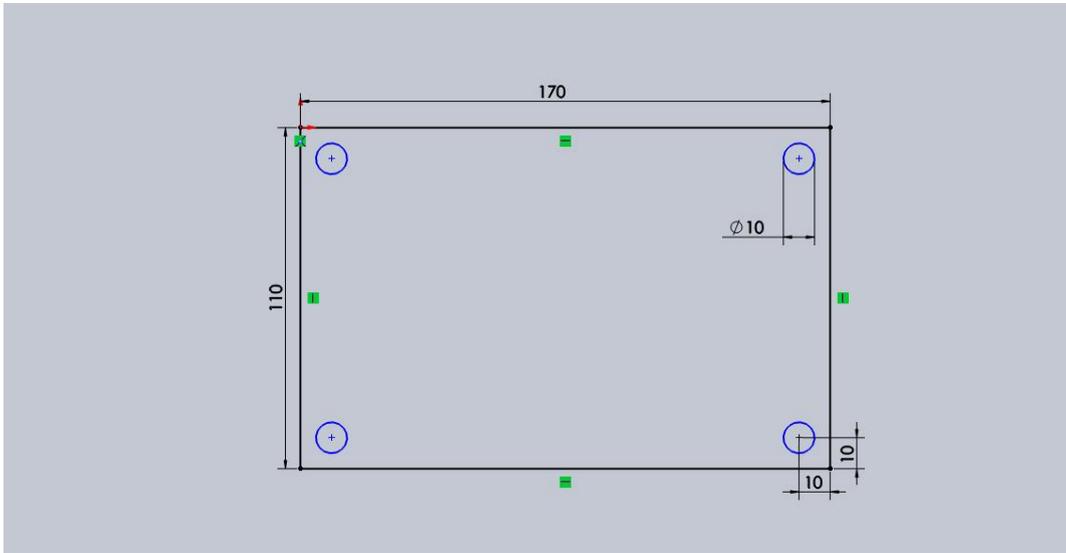
Vasquez, J., dkk. 2002. *State of the Art of Thermoelectric Generator Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobiles*. Spain: Pamplona

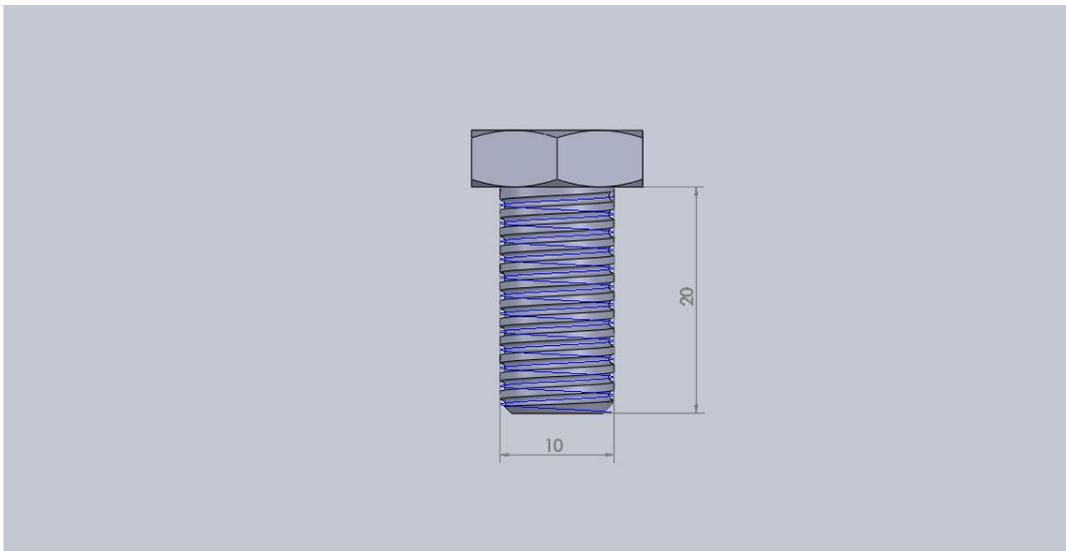
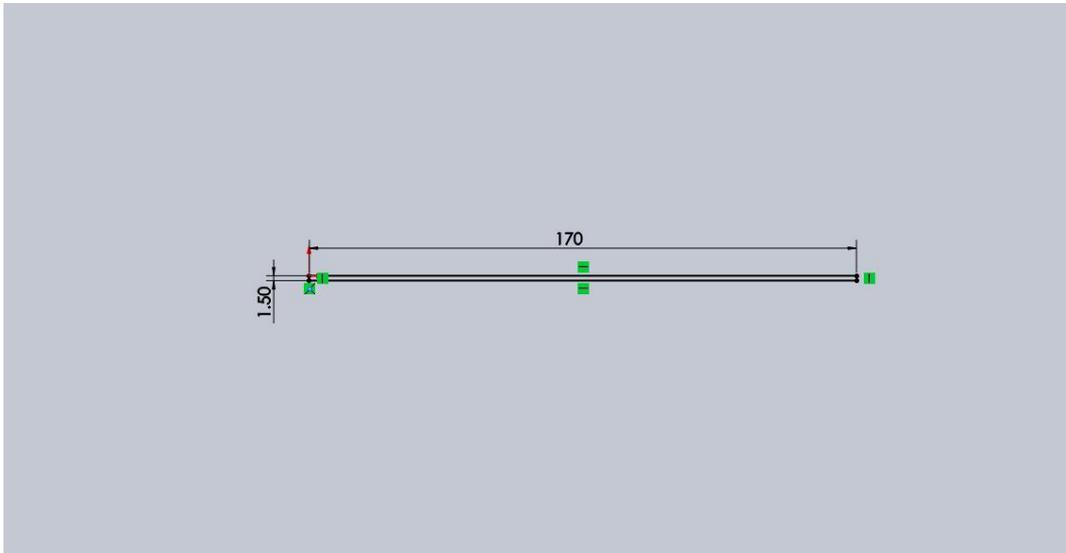
Yulianti, Devi. 2016. *Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas*. Lampung: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan IPA Universitas Lampung.

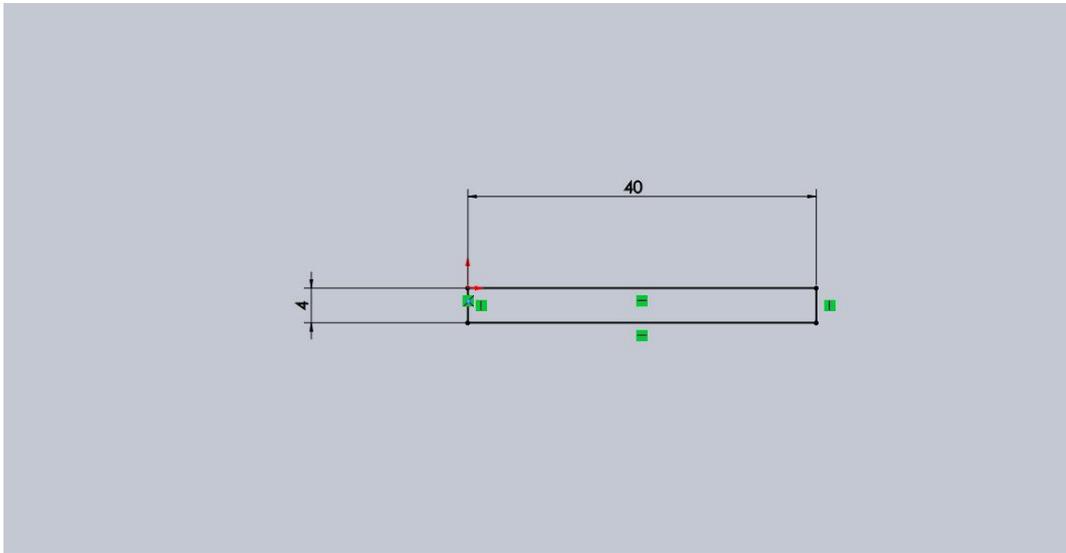
Zeng, Y. J., dkk. 2007. *Study on the Hall Effect and Photoluminescence of N-Doped P-Type ZnO Thin Film*. Materials Letters. Vol. 61 pp.41-44.

LAMPIRAN





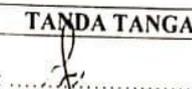
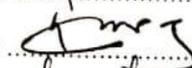




**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 - 2021**

Peserta seminar

Nama : Firman Alwi Arif Nst
 NPM : 1607230076
 Judul Tugas Akhir : Studi Analisis Pembangkit Listrik Alternatif Dengan –
 Menggunakan Termoelektrik Generator (TEG) Berskala
 Kecil.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	:	H, Muharnif.S.T.M.Sc	
Pemanding – I	:	Munawar A Siregar.S.T.M.T	
Pemanding – II	:	Khairul Umurani.S.T.M.T	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230029	NAZARUDDIN	
2	1607230128	Bintang Maulana	
3	1507230212	Muhammad Dau D.	
4	1507230060	PITRANANDANA KARPANU	
5	1507230111	MUBADI AL EASHA	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 10 Ramadhan 1442 H
 22 April 2021M

Kaprodi



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Firman Alwi Arif Nst
NPM : 1607230026
Judul T.Akhir : Studi Analisis Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Meng-
Gunakan Termoelektrik Generator (TEG) berskala Kecil.

Dosen Pembimbing - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

lihat catatan dan pengelasan
saat seminar

- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 10 Ramadhan 1442 H
22 April 2021 M



Dosen Pembimbing - I

Munawar A Siregar.S.T.M.T



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/IIU/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631063
http://fatok.umsu.ac.id fatok@umsu.ac.id umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUKUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 663/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 7 April 2021 dengan ini Menetapkan :

- Nama : FIRMAN ALWI ARIF
- Npm : 1607230076
- Program Studi : TEKNIK MESIN
- Semester : X (SEPULUH)
- Judul Tugas Akhir : STUDI ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF DENGAN MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG) BERSKALA KECIL

- Pembimbing : H. MUHARNIF, ST, M.Sc

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 24 Sya'ban 1442 H
07 April 2021 M

Dekan

Muhammad Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Studi Analisis Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Menggunakan Termoelektrik Generator (TEG) Bersekala Kecil.

Nama : Firman Alwi Arif Nasution
NPM : 1607230076

Dosen Pembimbing : H. Muharnif, S.T., M.Sc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	15-01-2020 Rabu	Penambahan rumus, energi panas	f
2	16-01-2020 Kamis	Apa yang diukur dalam pengambilan data	f
3	18-01-2020 Sabtu	Memperbaiki format laporan	f
4	20-01-2020 Senin	ACC, Seminar Proposal	f
5	09-03-2021 Selasa	Perbaikan Grafik	f
6	16-03-2021 Selasa	Perbaikan hitungan	f
7	30-03-2021 Selasa	ACC, Seminar Hasil	f

x

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A.DATA PRIBADI

Nama :
Jenis Kelamin : Firman Alwi Arif Nasution
Tempat Tanggal Lahir : Pematang Siantar 26 Agustus 1999
Alamat : Jl.P.Sidempuan GG.Restu P.Siantar
Agama : Islam
E-Mail : firmanalwi269@gmail.com
No.Hp : 085296673038

B.RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1.SD Negeri 122341 Pematang Siantar Tahun 2004-2010
- 2.SMP Swasta Taman Siswa Pematang Siantar Tahun 2010-2013
- 3.SMK Swasta Taman Siswa Pematang Siantar Tahun 2013-2016
- 4.Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016-2021