

## **TUGAS AKHIR**

# **RANCANG BANGUN SISTEM KONVERSI ENERGI PANAS API MENJADI ENERGI LISTRIK SEBAGAI ALAT CHARGER BATERAI MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**Billy Prandika**  
**1607220059**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Billy Prandika  
NPM : 1607220059  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Perancangan Sistem Konversi Energi Panas Api Menjadi Energi Listrik Sebagai Alat *Charger* Baterai Menggunakan *Thermoelectric*

Bidang ilmu : Energi Baru Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembanding I



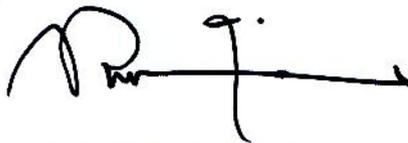
Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

Dosen Pembanding II



Partaon Harahap, S.T, M.T

Dosen Pembimbing



Rimbawati, S.T, M.T

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Billy Prandika  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan / 09 Mei 1996  
NPM : 1607220059  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

“Rancang Bangun Sistem Konversi Energi Panas Api Menjadi Energi Listrik Sebagai Alat *Charger* Baterai Menggunakan *Thermoelectric* ”,

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 Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2021

Saya yang menyatakan,



Billy Prandika

## 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 “Perancangan Sistem Konversi Energi Panas Api Menjadi Energi Listrik Sebagai Alat *Charger* Baterai Menggunakan *Thermoelectric*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Ibunda (Susiani) tercinta, yang dengan cinta dan kasih sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury, S.T, M.T , Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T , Selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T , Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rimbawati, S.T, M.T , Selaku Dosen Pembimbing yang selalu sabar membimbing dan memberikan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd , Selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T , Selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Segenap Bapak atau Ibu dosen serta biro administrasi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Sahabat-sahabat penulis: Dimas Setiawan, S.T , Muhammad Lutfi Fazawi, ST , Fahrul Fauzi, Wahid Muzakkir, Fredy Wandana, Muhammad Ilham, Dicky Hardianto, Ahmad Fauzi.
10. Dan Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro A3 Malam Stambuk 2016.

Proposal 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 Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektron.

Medan, Mei 2021

Billy Prandika

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan masalah.....	3
1.3. Ruang lingkup .....	4
1.4. Tujuan .....	4
1.5. Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2. Landasan Teori.....	12
2.2.1. Thermoelektrik Generator.....	12
2.2.2. Spesifikasi Thermoelektrik .....	15
2.2.3. Prinsip Kerja Thermoelektrik .....	15
2.2.4. Efek-Efek Thermoelektrik .....	17
2.2.4.1 Efek Seebeck.....	17
2.2.4.2 Efek Peltier.....	19
2.2.4.3 Efek Thomson.....	19
2.2.4.4 Efek Joule.....	20
2.2.5 Konsep Konversi Energi Panas.....	20
2.2.6 Sistem Konversi Energi Panas Dengan TEG.....	21
2.2.7 Material Semikonduktor .....	22
2.2.8 Transistor .....	23
2.2.9 Pengertian Dioda.....	24
2.2.10 Kapasitor .....	25
2.2.10.1 Prinsip Filter Kapasitor .....	28
2.2.11 Papan PCB .....	29
2.2.12 Resistor .....	29
2.2.13 Lampu LED.....	30
2.2.14 Kabel Penghubung .....	30
2.2.15 Besi Pendingn / Heatshink .....	30
2.2.16 Voltage Regulator .....	31
2.2.17 Jenis / Tipe IC Regulator Tegangan.....	33
2.2.18 Baterai .....	34
2.2.19 Jenis – Jenis Baterai .....	34
2.2.19.1 Baterai Primer .....	35
2.2.19.2 Baterai Sekunder.....	35
2.2.20 Baterai Ion Lithium.....	35
2.2.21 Proses Kerja Sistem .....	38

<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>39</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	39
3.2 Alat dan Bahan.....	39
3.3 Blok Diagram Sistem .....	40
3.4 Desain Rangkaian Kontrol .....	41
3.5 Diagram alir penelitian.....	42
3.6 Prosedur Penelitian .....	43
3.7 Analisa Data .....	43
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	44
4.2 Pengujian Sistem.....	45
4.2.1 Pengujian Thermoelektrik (PELTIER) .....	46
4.2.2 Pengujian Rangkaian Regulator.....	48
4.2.3 Pengujian Keseluruhan Sistem .....	50
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran .....	52

**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

Gambar 4.1 Pengujian Peltier .....	46
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Tegangan Pada Regulator LM317 .....	48
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan.....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Susunan Termoelektrik Generator .....	13
Gambar 2.2	Rangkaian Ekuivalen Termoelektrik.....	14
Gambar 2.3	Proses Kerja dalam Termoelektrik .....	14
Gambar 2.4	Termoelektrik .....	15
Gambar 2.5	Skema Prinsip Kerja Generator Termoelektrik .....	16
Gambar 2.6	Efek Seebeck .....	18
Gambar 2.7	Transistor.....	23
Gambar 2.8	Dioda Penyearah.....	24
Gambar 2.9	Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh .....	25
Gambar 2.10	Kapasitor Polar .....	26
Gambar 2.11	Kapasitor Variabel.....	26
Gambar 2.12	Kapasitor Nonpolar .....	27
Gambar 2.13	Rangkaian Filter Menggunakan Kapasitor.....	27
Gambar 2.14	Gelombang Output Filter .....	27
Gambar 2.15	Bentuk Fisik Dari Kapasitor.....	28
Gambar 2.16	Papan PCB.....	29
Gambar 2.17	Bentuk Fisik Resistor .....	29
Gambar 2.18	Bentuk Fisik LED Dan Simbol LED.....	30
Gambar 2.19	Besi Pendingin/Heatshink .....	31
Gambar 2.20	Susunan Kaki IC Regulator .....	31
Gambar 2.21	Rangkaian IC Voltage Regulator .....	31
Gambar 2.22	Rangkaian Dioda Zener.....	32
Gambar 2.23	Proses Charging Baterai Lithium .....	37
Gambar 2.24	Proses Discarging Pada Baterai Lithium.....	37
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem Konversi Energi Panas Api Unggun Menjadi Energi Listrik.....	40
Gambar 3.2	Desain Rangkaian Kontrol Sistem Konversi Energi Panas Api Unggun Menjadi Energi Listrik .....	41
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian .....	42
Gambar 4.1	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Yang Dirancang.....	45
Gambar 4.2	Grafik Pengujian Peltier .....	47
Gambar 4.3	Pengukuran Tegangan Pada Output TEG .....	47
Gambar 4.4	Grafik Pengujian Regulator.....	49
Gambar 4.5	Pengukuran Tegangan Pada Output Regulator .....	49
Gambar 4.6	Pengujian Saat Mengisi Baterai Ponsel.....	50

## ABSTRAK

Dengan semakin majunya perkembangan zaman membuat kebutuhan akan energi listrik kian meningkat. Berbagai usaha dilakukan untuk mencari sumber energi listrik baru, salah satunya dengan pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro yang memanfaatkan energi panas. Pemanfaatan energi panas sebagai pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro dapat dilakukan dengan menggunakan elemen termoelektrik. sistem konversi dengan elemen TEG ini adalah dapat digunakan kapan saja selama proses pembakaran dimungkinkan misalnya pagi atau malam , atau dimana saja. Demikian juga bahan bakarnya dapat berupa apa saja yang bisa dibakar misalnya , arang ,kayu, batu bara, cangkang kelapa sawit, dan bahkan sampah. Melihat sifat dan keunggulan komponen tersebut ,penulis berencana mempelajari dan mengembangkan suatu sistem sesuai kemampuan komponen TEG yang ada menjadi sebuah alat yang bermanfaat. Mengingat sifat dan skala komponen TEG maka dapat dimungkinkan untuk membuat sebuah sistem pembangkit super mini yaitu mengubah panas api menjadi listrik.Dengan itu Penelitian mendapatkan tujuan untuk mengetahui karakteristik serta unjuk kerja dari termoelektrik sebagai pembangkit energi listrik. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah sebuah system konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik. Panas dari api akan dimanfaatkan untuk mengisi ulang baterai seperti baterai HT, senter, GPS dan sebagainya. Input atau masukan sistem adalah panas, dalam hal ini adalah panas api misalnya api unggun atau api untuk masak. Komponen input itu sendiri adalah sebuah converter yaitu peltier. Fungsi peltier adalah mengubah langsung panas menjadi listrik. Beberapa peltier diserikan untuk menghasilkan tegangan yang cukup untuk mengisi baterai. Pada bagian output adalah 3,7V.. Pada bagian proses terdapat komponen penstabil tegangan yaitu regulator. Rancangan ini menggunakan IC LM317 sebagai regulator untuk mengolah tegangan keluar system konversi. Tujuan regulasi adalah agar baterai tidak overcharge dan mengakibatkan kerusakan pada baterai.

**Kata Kunci :** *Thermoelectric, Peltier*

## ABSTRACT

*With the advancement of the times, the need for electrical energy is increasing. Various attempts have been made to find new sources of electrical energy, one of which is by generating electric energy with a micro capacity that utilizes heat energy. The utilization of heat energy as a generator of electrical energy with a micro capacity can be done using thermoelectric elements. This conversion system with TEG elements can be used at any time during the combustion process, for example, morning or night, or anywhere. Likewise, the fuel can be anything that can be burned, for example, charcoal, wood, coal, palm oil shells, and even garbage. Seeing the characteristics and advantages of these components, the authors plan to study and develop a system according to the capabilities of the existing TEG components into a useful tool. Given the nature and scale of the TEG component, it can be possible to make a super mini generator system that converts heat from fire into electricity. With this, the research aims to determine the characteristics and performance of the thermoelectric as a generator of electrical energy. The method used in this research is a campfire heat energy conversion system into electrical energy. The heat from the fire will be used to recharge batteries such as HT batteries, flashlights, GPS and so on. The input or system input is heat, in this case the heat of a fire, for example a campfire or a fire for cooking. The input component itself is a converter, namely a peltier. Peltier function is to convert heat directly into electricity. Several peltiers are equipped to generate enough voltage to charge the battery. The output is 3.7V. In the process, there is a voltage stabilizer component, namely the regulator. This design uses the LM317 IC as a regulator to process the output voltage of the conversion system. The purpose of regulation is so that the battery does not overcharge and cause damage to the battery.*

**Key Words :** *Thermoelectric, Peltier*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam pengertian umum, energi adalah suatu kemampuan dalam melakukan kerja. Energi merupakan suatu obyek yang dapat berpindah akibat adanya reaksi fundamental, tetapi energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Kini ketersediaan energi di Indonesia semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya sumber energi, akibat adanya ketidakseimbangan antara kebutuhan dengan jumlah energi yang tersedia. Pada perkembangan teknologi kini, banyak dicanangkan berbagai energi alternatif dan energi baru terbarukan untuk mengurangi dampak terjadinya pemanasan global. (Hasto Sunarno, 2017)

Namun ketersediaan sumber energi baru terbarukan di Indonesia masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Penelitian ini dilakukan berdasar pemanfaatan sumber energi baru terbarukan, khususnya panas bumi untuk menghasilkan energi listrik, yaitu menggunakan generator termoelektrik (TEG) sebagai sumber energi alternatif. Generator termoelektrik dapat mengkonversikan perbedaan temperatur menjadi besaran listrik secara langsung namun TEG masih memiliki beberapa kekurangan, yakni memiliki nilai efisiensi yang rendah yaitu 10%. Hal-hal yang membuat efisiensi berkurang adalah panas yang dikonveksikan pada TEG tidak terserap se-cara sempurna serta sistem pendinginan yang tidak sempurna sehingga TEG tidak dapat bekerja secara maksimal. Hal tersebut yang mendasari penelitian ini, yaitu merancang sistem isolasi panas untuk memaksimalkan kerja modul TEG. Selain itu, dilakukan pemanfaatan hasil daya listrik untuk pengisian aki sebagai penghasil energi alternatif. (Bachtera Indarto, 2017)

Termoelektrik merupakan suatu alat yang berbentuk modul, yang dapat secara langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik. Termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor yang tersusun dengan komposisi tipe-n dan tipe-p. Fenomena termoelektrik ditemukan tahun 1821 untuk pertamakalinya oleh ilmuwan Jerman yaitu Thomas Johann Seebeck. Thomas Seebeck mencoba menyambungkan tembaga dan besi pada suatu rangkaian. Kemudian diantara logam tembaga dan besi tersebut diletakkan sebuah jarum kompas. Fenomena yang terjadi saat kedua logam tersebut dipanaskan yaitu jarum kompas mulai bergerak. Bergeraknya jarum

kompas menyatakan bahwa timbul medan listrik pada kedua logam tersebut akibat dipanaskan salah satu sisinya, oleh karena hal itu, fenomena tersebut disebut efek Seebeck (Shanti Candra Puspita, 2017)

Berbagai usaha dilakukan untuk mencari sumber energi listrik baru, salah satunya dengan pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro yang memanfaatkan energi panas. Pemanfaatan energi panas sebagai pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro dapat dilakukan dengan menggunakan elemen termoelektrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serta unjuk kerja dari termoelektrik sebagai pembangkit energi listrik. Penelitian ini menggunakan termoelektrik tipe TEC1-12706 dengan 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 dan api. Hasil penelitian menunjukkan panas dari matahari dan api dapat menjadi sumber energi listrik dengan kapasitas mikro yang cukup potensial. (Martino, 2018)

Termoelektrik generator adalah (juga disebut Seebeck generator) adalah perangkat generator listrik yang mengkonversi energi panas (perbedaan temperatur) langsung menjadi energi listrik, menggunakan fenomena yang disebut efek Seebeck (bentuk efek termoelektrik). Kajian pada penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan panas api pada menggunakan termoelektrik generator sebagai pembangkit listrik untuk aplikasi pembangkit energi listrik mini dengan memanfaatkan energi panas api unggun. (Haq, 2017)

Pemanfaatannya dapat melalui suatu alat yang dapat mengonversi energi panas menjadi energi listrik, yaitu dengan modul termoelektrik. Kurangnya pemanfaatan modul termoelektrik sebagai pembangkit listrik skala kecil di masyarakat sering diakibatkan karena energi yang dihasilkan oleh sekeping modul termoelektrik cenderung kecil dan keluarannya tidak stabil atau berfluktuasi. diperlukan sebuah rangkaian penstabil tegangan DC skala pico berbasis boost converter yang dapat membuat tegangan keluaran dari modul termoelektrik menjadi stabil pada 5 V. Modul termoelektrik TEC12706 dapat dimaksimalkan kegunaannya, karena ketersediaan dan harganya yang relatif murah untuk dijadikan sebagai pembangkit listrik skala pico. Perangkaiannya dapat dilakukan dengan cara seri dan parallel.

Berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki dan kegunaannya, modul termoelektrik dibagi menjadi dua jenis, yaitu termoelektrik sebagai pendingin (cooler) dan sebagai generator, dimana proses kerjanya menggunakan efek Peltier untuk membuat aliran panas (heat-flux) pada percabangan antara dua jenis material yang berbeda. Konsep Seebeck sebagai efek dari dua buah material logam yang tersambung berada di lingkungan dengan dua temperatur berbeda, maka pada material tersebut akan mengalirkan arus listrik atau gaya gerak listrik. (Rafika, 2016)

Selain bersih dan ramah lingkungan, dengan ini peneliti pemanfaatan panas api unggun, dan sangat bermanfaat bagi yang berada di area hutan. Dengan adanya kondisi tersebut, maka timbul gagasan untuk membuat energi alternatif sederhana dengan memanfaatkan energi panas api unggun. Pemanfaatan panas api unggun perlu menggunakan bahan bakar sebagai sumber energi. Pemanfaatan panas matahari ini juga tidak memberikan hasil gas rumah kaca dan juga limbah ataupun racun yang berlebihan. Dalam pertemuan forum International. (ansyori, 2017)

Berdasarkan latar belakang di atas adapun kelebihan atau keunggulan sistem konversi dengan elemen TEG ini adalah dapat digunakan kapan saja selama proses pembakaran dimungkinkan misalnya pagi atau malam , atau dimana saja. Demikian juga bahan bakarnya dapat berupa apa saja yang bisa dibakar misalnya , arang ,kayu, batu bara, cangkang kelapa sawit, dan bahkan sampah. Melihat sifat dan keunggulan komponen tersebut ,penulis berencana mempelajari dan mengembangkan suatu sistem sesuai kemampuan komponen TEG yang ada menjadi sebuah alat yang bermanfaat. Mengingat sifat dan skala komponen TEG maka dapat dimungkinkan untuk membuat sebuah sistem pembangkit super mini yaitu mengubah panas api menjadi listrik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sebuah alat konversi energi dari panas api unggun menjadi energi listrik.
2. Bagaimana mengatur regulasi tegangan hasil konversi sehingga dapat digunakan sebagai alat *charger batere* yang baik.

### **1.3 Ruang Lingkup**

Agar penelitian tugas akhir ini lebih terarah dan tanpa mengurangi maksud serta tujuannya, maka ditetapkan ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Membahas mengenai perancangan yang menggunakan elemen peltier untuk mengubah panas api unggun menjadi listrik
2. Membahas mengenai energy listrik yang di hasilkan adalah listrik arus (DC) dengan tegangan maksimal 12V.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Merancang sebuah pembangkit listrik mini dengan memanfaatkan energi panas api unggun.
2. Untuk mengetahui cara meningkatkan tegangan dan arus dari thermoelektrik.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari tugas akhir pembuatan sistem adalah sebagai berikut:

1. Dalam keadaan darurat ditengah hutan atau gunung dapat memanfaatkan api unggun untuk menghasilkan listrik dan menghidupkan peralatan seperti GPS, HT, senter, dan sebagainya.
2. Manfaat dari penulisan adalah sebagai sarana pembelajaran untuk mendalami ilmu yang dipelajari untuk mewujudkan sebuah alat yang bermanfaat bagi masyarakat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan**

Salah satu kendala yang dihadapi Indonesia dewasa ini adalah ketidakseimbangan antara kebutuhan konsumsi listrik pelanggan dibandingkan dengan kemampuan PLN dalam menyediakan energi listrik. Begitu juga tentang isu makin menipisnya cadangan minyak. Sebagaimana diketahui bahwa bahan bakar untuk memproduksi sumber energi listrik berasal dari sumber energi fosil seperti batu bara dan bahan bakar minyak lain. Sumber energi fosil sendiri sewaktu-waktu bisa habis jika dilakukan pemakaian terus menerus. Untuk mengatasi hal tersebut maka PLN melakukan penghematan energi listrik kepada konsumen dengan mencari sumber energi alternatif untuk meningkatkan efisiensi sumber energi yang ada. Pembangkit termoelektrik merupakan modul yang dapat menghasilkan listrik dengan memanfaatkan sumber energi panas. Pembangkit termoelektrik ini sangat ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi. Penelitian ini bertujuan untuk memaparkan pemanfaatan sumber energi panas api unggun dengan menggunakan peltier sebagai sumber energi listrik dengan terlebih dahulu mengubah panas menjadi energi listrik. (Ryuanargo, 2013)

Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha. Energi adalah daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan meliputi listrik, energi mekanik dan panas. Sumber energi adalah sebagian dari sumber daya alam antara lain berupa minyak dan gas bumi, batubara, air, panas bumi, gambut, biomasa dan sebagainya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat dimanfaatkan sebagai energi. Banyak negara telah menyadari pentingnya memanfaatkan sumber-sumber energi terbarukan sebagai pengganti energi tidak terbarukan seperti minyak bumi, batubara dan gas yang telah menimbulkan dampak yang sangat merusak terhadap bumi. Dengan semakin menipisnya cadangan sumber energi tidak terbarukan, maka biaya untuk penambangannya akan meningkat, yang berdampak pada meningkatnya harga jual ke masyarakat. Pada saat yang bersamaan, energi tidak terbarukan akan melepaskan emisi karbon ke atmosfer, yang menjadi penyumbang besar terhadap pemanasan global. Kehancuran lingkungan adalah

salah satu alasan efisiensi bagi manusia untuk mempertimbangkan kembali cara-cara yang menjamin kenyamanan lingkungan hidup. Emisi gas rumah kaca yang berlebihan, yang tidak hanya berkontribusi pada pemanasan global tetapi juga untuk polusi dunia, dianggap menjadi penyebab langsung dari beberapa anomali yang disebabkan setiap spesies yang hidup di bumi (Ashmore, 2017).

Penggunaan sumber energi terbarukan merupakan solusi dalam menjawab tantangan krisis energi yang terjadi. Untuk memanfaatkan energi panas matahari diperlukan suatu teknologi yang dapat memusatkan panas matahari ke satu titik. Pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan tersebut salah satunya adalah dengan mengembangkan teknologi thermoelectric generator dengan menggunakan kompor surya sebagai wadah atau media agar energi panas yang masuk dapat di pusatkan ke satu titik agar mampu memanaskan kolektor termoelektrik tersebut. Prinsip dasar dari thermoelectric generator adalah mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung dengan memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi di lingkungan menjadi energi listrik. Semakin besar beda suhu antara kedua sisi pada modul thermoelectric generator, maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh elemen tersebut. Teknologi termoelektrik merupakan teknologi yang relatif efisien, ramah lingkungan, tahan lama, serta mampu menghasilkan energi dalam skala kecil hingga skala besar jika dikembangkan dengan lebih lanjut dapat menjadi solusi sumber energi listrik alternatif. Untuk menghasilkan arus dan tegangan, sebuah modul termoelektrik cukup diletakkan pada dua daerah (sisi panas dan dingin), sehingga ketika terjadi perbedaan suhu antara kedua permukaan termoelektrik tersebut maka akan timbul tegangan listrik. (Ayong Hiendro, 2019)

Pada tahun 2017 Jojo Sumarjo, Aa Santosa dan Muhammad Imron Permana melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan sumber panas pada kompor menggunakan 10 Termoelektrik Generator dirangkai secara seri untuk aplikasi lampu penerangan”. Pada penelitian ini menggunakan 10 buah Termoelektrik TEG – SP1848-27145SA dengan media pembakaran berupa kayu bakar, Gas elpiji dan Spirtus. Media pembakaran tersebut mempengaruhi output tegangan yang berbeda. Media pembakaran untuk menghasilkan suhu panas masih belum ramah lingkungan karena menggunakan energi konvensional. Dengan adanya salah satu permasalahan tersebut telah mendorong rencana peneliti membuat tentang “Prototipe pembangkit

listrik termoelektrik generator menggunakan penghantar panas aluminium, kuningan dan seng” ini, akan diteliti terkait efisiensi rancang bangun generator termoelektrik yang memanfaatkan bahan yang sederhana untuk bisa mengkonversi energi panas menjadi listrik. Sumber panas yang digunakan pada penelitian ini yaitu sinar matahari. Sinar matahari yang difokuskan kebagian penerima panas pada rancangan hingga diperoleh perbedaan suhu panas dan suhu dingin yang akan dikonversikan menjadi energi listrik dengan metode efek seebeck. Sehingga nantinya mampu memberikan suatu rekomendasi alat penghasil listrik yang murah dan sederhana.( Muhammad Ady Pradana, 2020)

Menghadapi situasi ini, komunitas manusia telah memutuskan untuk mengambil inisiatif dan mendorong mengembangkan teknologi baru yang tidak didasarkan pada proses polusi. Solusi Energi Terbarukan menjadi jawaban terhadap permintaan kebutuhan di Indonesia.serta mempromosikan solusi praktis dan berkelanjutan yang bisa langsung diadopsi oleh masyarakat yang menjadi prioritas bagi bangsa Indonesia. Thermoelectric jenis TEC 12706 sebagai salah satu produk thermoelectric yang tersedia di pasaran, memiliki kemampuan mengkonversi energi panas menjadi energy listrik atau sebaliknya. TEC 12706 terdiri dari sekumpulan semikonduktor tipe-p dan tipe-n yang dihubungkan dalam sebuah rangkaian tertutup, dibungkus dengan material keramik, berdimensi  $40 \times 40 \times 5$  mm<sup>3</sup>. TEC 12706 berfungsi sebagai pendingin di salah satu sisi dan sebagai pemanas sisi lainnya apabila diberi aliran listrik arus searah, namun apabila alat ini di kedua sisinya diberi suhu yang berbeda, maka akan menghasilkan listrik arus searah. Pada saat perbedaan suhunya semakain besar maka tegangan dan arus listrik yang dihasilkan semakin besar pula.(Wulandar, 2018)

Prinsip ini dikenal dengan nama ‘efek Seebeck’ yang merupakan fenomena kebalikan dari efek peltier TEC (Thermoelectric Cooling). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi listrik yang bersumber dari elemen termoelektrik sebanyak empat buah dengan tipe TEC 12706 dan tipe TEG SP 1848. Sumber panas disimulasikan dengan menggunakan heater tegangan 60 volt, sedangkan sisi pendinginan menggunakan fan kecepatan 3,5 m/s. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Thermoelectric tipe TEG SP 1848 menghasilkan daya maksimum 0,055 W, arus 0,279 A, sedangkan tipe TEC 12706 menghasilkan daya maksimum 0,109 W

arus 0,147 A, dengan perbedaan temperatur rata-rata 14,87 °C. Kinerja elemen termoelektrik TEG tipe SP 1848 lebih besar potensi listrik yang dihasilkan dibandingkan TEC 12706. (Maini, 2016)

Konsep seebeck menggambarkan bahwa jika dua buah material logam (biasanya semi konduktor) yang tersambung berada di lingkungan dengan dua temperatur 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. Elemen, 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 electron-elektron untuk dapat bergerak bebas. Apabila batang logam dipanaskan dan didinginkan pada dua kutub batang logam tersebut, electron pada sisi panas logam akan bergerak aktif dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan pada sisi bagian dingin logam.(Khalid, 2016).

Aplikasi TEG sudah pernah diujikan pada kompor kayu. Cedar dan Drummond (2016). mempresentasikan design untuk memperbaiki sistem perpindahan kalor kompor dengan menambahkan blower dan memasang generatort hermoelektri untuk memanfaatkan sebagian panas hasil pembakarannya menjadi sumber energi listrik alternatif. Penelitian lain yang memanfaatkan penggunaan modul termoelektrik untuk pembangkitan energi listrik yang diaplikasikan di kompor kayu dilakukan Nuwayhid (2016) dengan menggunakan modul thermoelektrik pendingin, kompor mampu membangkitkan daya 100W pada temperatur permukaan kompor 100oC– 300oC. (Sumarjo, 2017).

Dasar dari generator termoelektrik adalah termokopel dari efek Seebeck. Termoelektrik ini terdiri dari termoelemen tipe-p dan tipe-n yang terhubung secara seri dari sisi elektrikal dan paralel dari sisi termal. Modul termoelektrik mengubah panas menjadi listrik. daya listrik yang dihasilkan dari sebuah modul tergantung pada jumlah termokopel dalam modul, konfigurasi, sifat bahan , kondisi termal,

sifat elektris dari lapisan kontak, dan perbedaan suhu pada modul. (Rafsanjani, 2017).

Efek ini menyatakan bahwa terdapat penyerapan atau pelepasan panas bolak-balik dalam konduktor homogen yang terkena perbedaan suhu panas dan perbedaan listrik secara simultan [10]. Beberapa komponen elektronika yang dapat digunakan adalah IC SDB6285 yang memiliki frekuensi yang konstan, dapat mengubah pulsa modulasi frekuensi secara otomatis, dengan fitur under-voltage lockout yang berarti tidak dapat bekerja pada tegangan minimal 2 V dan maksimal 24 V, serta mampu menghasilkan tegangan keluaran hingga 28 V. Untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan, dibutuhkan IC battery charging TP4056 yang dapat bekerja pada tegangan 4 hingga 8 V. Untuk dapat menaikkan tegangan diperlukan sistem boost converter yang sudah tertanam pada fungsi IC SDB6285, tetapi jika tegangan masukan lebih dari 5 V juga dapat diturunkan dengan sistem sederhana pembagi tegangan. (Fajria, 2017).

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 temperature. (A. Roekettino, 2017) Prinsip kerja generator termoelektrik, material penyusun termoelektrik memiliki peran masing-masing untuk mengalirkan energi panas sehingga dapat menimbulkan beda potensial. Disimpulkan bahwa panas atau kalor pada salah satu sisi dialirkan dan dibuang ke sisi lainnya, sehingga terjadi aliran arus, ketika terjadi arus maka terciptalah beda potensial yang memunculkan nilai tegangan listrik. Pada termoelektrik besarnya nilai tegangan adalah sebanding dengan gradient temperature. Nilai beda potensial atau tegangan yang dihasilkan berubah sebanding dengan perubahan temperatur, karena semakin besar temperatur maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. (Puspita, 2017)

Generator termoelektrik adalah suatu pembangkit listrik yang didasarkan pada efek Seebeck, yang pertama kali ditemukan pada tahun 1821 oleh Thomas Johann Seebeck. Aplikasi penggunaan generator termoelektrik dapat digunakan secara luas terutama pada pembangkit-pembangkit yang membutuhkan energi

panas sebagai sumber energi utama yang nantinya akan dikonversikan menjadi energi listrik. Elemen peltier 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. (Bangun, 2017)

Penyerapan panas dari lingkungan dilakukan oleh sisi dingin peltier kemudian dibuang pada sisi panasnya. Dari sifat ini kita mampu merumuskan bahwa panas yang diterima dari peltier akan dikonversi menjadi tegangan sementara selebihnya dibuang pada sisi panas peltier. Pendingin thermoelektrik pada percobaan ini memberikan ide untuk menjadikan salah satu sisinya lebih dingin sehingga dapat menurunkan suhu suatu benda. Thomas Johann Seebeck adalah orang yang pertama kali menemukan bahwa gaya gerak listrik dapat diciptakan ketika terdapat 2 sambungan logam yang berbeda material pada temperatur yang tidak sama. Dalam percobaannya pada tahun 1822, Ia menghubungkan besi dan tembaga dalam sebuah rangkaian sementara diantara keduanya terdapat jarum. Ketika salah satu logam dipanaskan, ternyata jarum tersebut bergerak. Setelah diselidiki hal itu dikarenakan aliran listrik yang mengalir pada logam timbul medan magnet sehingga menggerakkan jarum tersebut. Fenomena ini akhirnya disebut dengan Seebeck Effect. (Hendrawan, 2017)

Bahnya menjadi energy listrik yang tentunya menggunakan pengubah atau pengkonversi yang dapat merubah dari energy panas menjadi energy listrik yang dinamakan generator. Modul peltier bisa dimanfaatkan sebagai generator panas dengan mengaplikasikan prinsip efek seebeck. Berdasarkan dari prinsip-prinsip diatas dalam upaya penciptaan energy terbarukan yang ramah lingkungan maka perlu diadakannya penelitian untuk mengetahui efektifitas dari modul peltier yang mana memanfaatkan kedua prinsip diatas, yaitu efek seeback dan efek peltier, yang kedua prinsip tersebut bisa ditemukan pada bahan semikonduktor termoelektrik peltier. (Abdurrohman, 2016)

Apabila termoelektrik generator didekatkan pada benda panas maka akan terjadi proses heat transfer dari benda panas tersebut ke termoelektrik generator dan termoelektrik akan mengkonversi panas yang terjadi menjadi energi listrik. Perbedaan suhu antara benda panas dengan termoelektrik dapat dihitung

menggunakan persamaan rumus perpindahan panas konduksi dan konveksi dimana kita dapat mengetahui laju perpindahan panas yang terjadi sehingga menghasilkan energi listrik. Perpindahan panas secara konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu material. (Susanto, 2018)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang prototype pembangkit listrik dan Mengoptimalkan pemanfaatan energi panas api unggun untuk kebutuhan manusia kedepan nya dan dengan memanfaatkan generator thermoelectric. Melihat sifat dan keunggulan komponen tersebut ,penulis berencana mempelajari dan mengembangkan suatu sistem sesuai kemampuan komponen TEG yang ada menjadi sebuah alat yang bermanfaat. Mengingat sifat dan skala komponen TEG maka dapat dimungkinkan untuk membuat sebuah sistem pembangkit super mini yaitu mengubah panas api menjadi listrik. Dalam hal ini , penulis mengambil kasus yang cocok untuk itu misalnya pada sebuah kegiatan perjalanan ke hutan atau pegunungan . Dimana perjalanan membutuhkan waktu yang panjang dan tidak tersedia energi backup kecuali batere. Suatu saat penggunaan alat bantu elektronik seperti senter, radio komunikasi (H.T.) perangkat GPS akan kehabisan batere dan tidak dapat digunakan. Berdasarkan pengalaman tersebut ide ini muncul yaitu bagaimana menghasilkan energi listrik pada situasi seperti itu dimana energi satu-satunya yang memungkinkan adalah api unggun. Dengan adanya elemen TEG maka panas api unggun memungkinkan untuk diubah menjadi listrik dan dimanfaatkan sebagai alat pengisi ulang batere alat-alat elektronik tersebut. Listrik yang dihasilkan selain untuk men cas batere juga dimungkinkan untuk menghidupkan lampu penerangan kecil atau kipas angin mini pada perkemahan dan sebagainya. (Pramana, 2019)

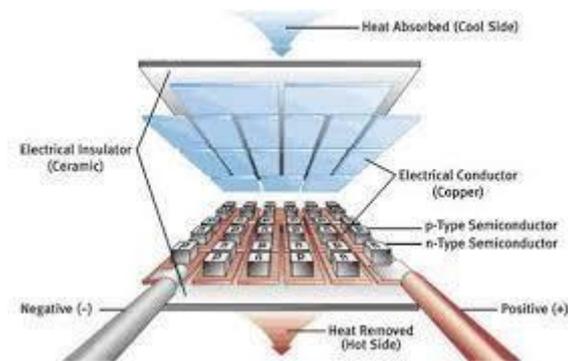
Penelitian ini menggunakan termoelektrik tipe TEC1-12706 dengan aluminium sebagai penerima panas dan heatsink sebagai media pendingin. Variasi penelitian meliputi antara lain rangkaian termoelektrik tanpa beban dan berbeban yang dirangkai seri. Sumber panas yang dipilih yaitu api. Unggun Hasil penelitian menunjukkan panas dari api unggun dapat menjadi sumber energi listrik dengan kapasitas mikro yang cukup potensial. 3 buah modul termoelektrik yang dirangkai secara seri menghasilkan tegangan sebesar 1.5 V pada suhu sekitar 100 derajat

celsius Untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi maka membutuhkan beberapa pertier diserikan. ketika plat aluminium menyerap panas api unggun dengan beda temperatur antara sisi panas dan sisi dingin. Dari hasil ini dapat disimpulkan, termoelektrik dapat menghasilkan listrik dengan memanfaatkan energi panas api unggun. (Ansyori, 2017)

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Thermoelektrik Generator (TEG)**

Fenomena termoelektrik pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh ilmuwan Jerman, Thomas Johann Seebeck. Ia 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. Belakangan diketahui, hal ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas. Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek Seebeck. Penemuan Seebeck ini memberikan inspirasi pada Jean Charles Peltier untuk melihat kebalikan dari fenomena tersebut. Dia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1934 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier. Efek Seebeck dan Peltier inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik Thermoelectric generator (TEG) merupakan teknologi pembangkit listrik dengan menggunakan energi panas (kalor).Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (Thermoelectric Generator), atau sebaliknya dari listrik menghasilkan dingin (Thermoelectric Cooler).Sebuah perangkat modul termoelektrik menghasilkan tegangan ketika ada suhu yang berbeda di setiap sisi. Sebaliknya, bila termoelektrik diberi tegangan listrik, maka akan menciptakan perbedaan suhu. Termoelektrik itu sendiri merupakan sebuah alat yang dapat digunakan sebagai pembangkit tegangan listrik dengan memanfaatkan konduktivitas atau daya hantar panas dari sebuah lempeng logam.

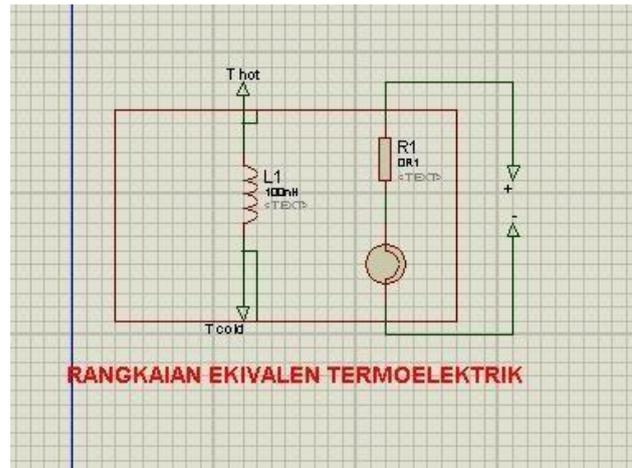


Gambar 2.1 Struktur Elemen Peltier

Sumber : Jurnal Pasaribu, F, I, Roza, I, Efendi, Y. (2019).

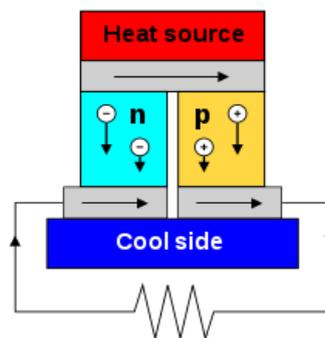
Namun pada prinsip termoelektrik, jika di panaskan salah satu sisinya dan sisi lain panasnya dibuang, maka akan menghasilkan tegangan. Elemen termoelektrik terdiri dari semikonduktor tipe N dan tipe P yang bagian atas dan bawah dilapisi dengan konduktor tembaga sebagai penghubung satu sama lain antara tipe N dan tipe P. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Pada dasarnya generator termoelektrik terdiri dari tiga komponen dasar menurut (Vasquez,dkk.2017) yaitu :

- a. Struktur penompang , yaitu tempat dimana komponen 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. Komponen 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.



Gambar 2.2 Rangkaian Ekivalen Termoelektrik

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, sebuah termoelektrik diwakili oleh rangkaian thermoelectric generator (TEG) diletakkan diantara 2 reservoir suhu yaitu sisi panas ( $T_h$ ) dan sisi dingin ( $T_c$ ). Kedua suhu ini ( $\Delta T$ ) berpengaruh pada besaran energi panas ( $Q_H$ ) yang diserap oleh termoelektrik serta besaran tegangan dan arus yang akan dihasilkan. Sebuah TEG dikarakteristikan dengan adanya hambatan listrik isothermal ( $R$ ), konduktansi termal ( $K$ ) dan koefisien seebeck ( $S$ ). Komponen pengoversi energy ini beroperasi memanfaatkan seeback effect. Seperti yang menunjukkan gambar 2.3 dibawah ini :



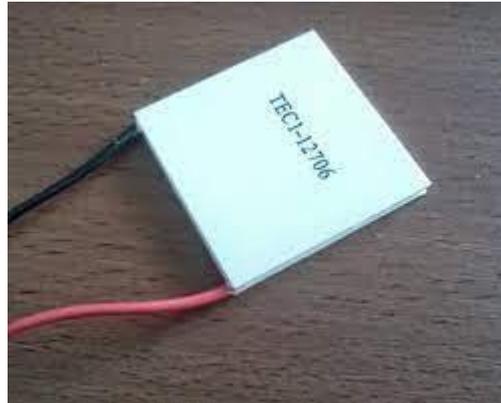
Gambar 2.3 proses kerja dalam modul termoelektrik

Sumber : Jurnal Pasaribu, F, I, Roza, I, Efendi, Y. (2019).

Kinerja termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dan terjadi panas pada permukaan sebaliknya.

### 2.2.2 Spesifikasi Thermoelektrik

Banyak macam thermoelectric yang ada dipasaran, namun yang masuk dan ada di Indonesia tidak begitu banyak. Salah satu model yang ada dipasaran seperti gambar berikut :



Gambar 2.4 Thermoelektrik

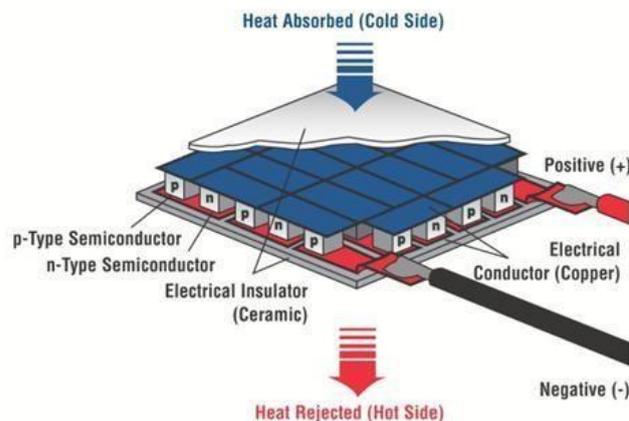
*Sumber : Jurnal Pasaribu, F, I, Roza, I, Efendi, Y. (2019).*

Adapun spesifikasinya seperti berikut:

- Dimentions : 40 x 40 x 3.9mm
- I<sub>max</sub> - 7A
- V<sub>max</sub> - 15.4V
- Q<sub>cmax</sub> - 62.2W
- 1.7 Ohm resistance
- Max Operating Temp: 180°C
- Min Operating Temp: - 50°C

### 2.2.3 Prinsip Kerja Termoelektrik

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan *efek seebeck* yaitu jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satunya ujungnya kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan maka akan terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain (Muhaimin, 1993). Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (*Thermoelectric generator*) atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (*Thermoelectric Cooler*). 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 di sekitarnya akan terserap.



Gambar 2.5 Skema prinsip kerja generator termoelektrik

Sumber : Jurnal Pasaribu, F, I, Roza, I, Efendi, Y. (2019).

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, sebuah termoelektrik menunjukkan aliran electron dari semikonduktor tipe- p menuju semikonduktor tipe-n. agar elektron pada tipe-p dapat mengalir, maka elektron akan menyerap kalor yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin. Pelepasan kalor ke lingkungan terjadi pada sisi panas sehingga electron pada tipe-n dapat mengalir menuju semikonduktor tipe-p.

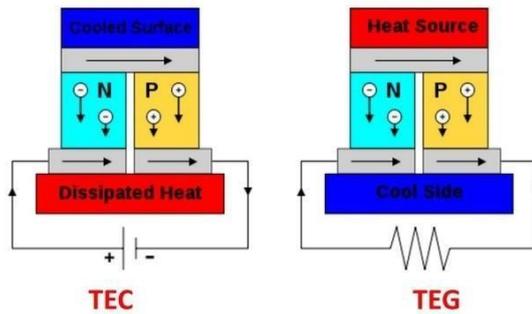
## 2.2.4 Efek-efek Termoelektrik

### 2.2.4.1 Efek seebeck

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan *efek seebeck* yaitu jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satunya ujungnya kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan maka akan terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain (Muhaimin, 1993). Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (*Thermoelectric generator*) atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (*Thermoelectric Cooler*). 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 di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara tidak diperlukan compressor pendingin seperti halnya di mesin-mesin pendingin konvensional. *Efek seebeck* pertama kali diamati oleh dokter *Thomas Johan Seebeck*, pada tahun 1821. Ketika dia mempelajari fenomena ini terdiri dari dalam produksi tenaga listrik antara dua semikonduktor ketika diberikan perbedaan suhu .panas dipompa ke satu sisi pasangan dan ditolak dari sisi berlawanan. Sebuah arus listrik yang dihasilkan sebanding dengan gradient suhu antara sisi panas dan sisi dingin. Tidak ada energi mencegah proses konversi. Untuk alasan ini pembangkit listrik termoelektrik diklasifikasikan langsung sebagai daya konversi. *Efek seebeck* terjadi ketika suatu logam dengan beda temperature antara kedua ujungnya. Ketika logam tersebut di sambung maka akan terjadi beda potensial diantara kedua ujungnya. Efek ini digunakan dalam aplikasi termokopel.

### Prinsip Kerja Termoelektrik



Gambar 2.6 Efek Seebeck

Sumber : Jurnal Pasaribu, F, I, Roza, I, Efendi, Y. (2019).

Koefesien *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. Koefesien *seebeck* tergantung pada perbedaan suhu dan perbedaan tegangan yang dihasilkan tergantung dari nilai koefesien seebeck. Perbedaan tegangan dinyatakan dalam persamaan (1) :

$$V = S \times \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- V = Tegangan
- S = Koefisien Seebeck
- $\Delta T$  = Perbedaan Temperatur panas dan dingin

Dan Koefesien seebeck dapat dinyatakan dalam persamaan (2) :

$$S = V \Delta T \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- S = Koefisien Seebeck
- V = Tegangan
- $\Delta T$  = Perbedaan Temperatur panas dan dingin

#### 2242 Efek Peltier

Elemen peltier adalah merupakan bagian penting dari thermoelectric generator, 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 (A) telah didapatkan, besar daya peltier dapat dihitung berdasarkan persamaan (3) :

$$P = V.I \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Dan untuk menghitung arus dapat digunakan persamaan (4) :

$$I = V.R \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

I= Arus (Ampere)

V= Tegangan (Volt)

Pada saat arus mengalir melalui thermocouple, temperature junction akan berubah dan panas akan diserap pada satu permukaan, sementara permukaan yang lainnya akan membuang panas. Jika sumber arus dibalik, maka permukaan yang panas akan menjadi dingin dan begitu juga sebaliknya. Gejala ini disebut efek peltier yang merupakan dasar pendinginan termoelektrik. Dari percobaan diketahui bahwa perpindahan panas sebanding terhadap arus yang mengalir.

#### 2243 Efek Thompson

Dalam logam seperti seng dan tembaga, jika dia lebih bersuhu panas pada potensial yang lebih tinggi dan bersuhu dingin pada ujung potensial yang lebih rendah, ketika arus bergerak dari ujung panas ke ujung dingin, arus bergerak

dari potensial rendah ke potensial tinggi, sehingga ada emisi panas. Hal ini disebut efek Thompson positif. Dalam logam seperti kobalt, nikel, dan besi yang memiliki ujung dingin pada potensial yang lebih tinggi dan ujung panas pada potensial yang lebih rendah, ketika arus bergerak dari potensial rendah ke potensial tinggi, ada penyerapan panas, *Efek seebeck* merupakan perpaduan dari efek peltier dan efek *Thompson*.

#### 2244 Efek Joule

Perpindahan panas dari sisi dalam pendingin ke sisi luarnya akan mengakibatkan timbulnya arus listrik dalam rangkaian tersebut karena adanya efek seebeck, maka hal inilah yang dinamakan efek joule. Dalam hal ini sesuai dengan hukum ohm.

### 2.2.5 Konsep Konversi Energi Panas

Perpindahan panas atau heat transfer merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energy yang terjadi karena adanya perbedaan temperature diantara benda atau material. Energi yang berpindah ini dinamakan kalor atau panas (heat). Panas akan berpindah dari medium yang bertemperatur lebih tinggi ke medium yang temperaturnya lebih rendah.

- a Perpindahan Panas Secara konduksi Perpindahan panas konduksi adalah merupakan perpindahan panas yang terjadi pada suatu media padat atau media fluida yang diam akibat adanya perbedaan temperature antara permukaan yang satu dengan permukaan yang lain pada media tersebut. Perpindahan panas secara konduksi juga dapat dikatakan sebagai transfer energy dari sebuah benda yang memiliki temperature energy yang besar menuju ke benda yang memiliki temperature yang lebih rendah.
- b Perpindahan Panas Secara Konveksi Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau fluida yang diam menuju fluida yang mengalir atau bergerak, Juga bisa sebaliknya dari suatu permukaan media padat atau fluida yang bergerak menuju ke fluida yang diam akibat adanya perbedaan temperatur. Perpindahan panas secara konveksi dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:
  1. Konveksi Paksa Konveksi paksa terjadi akibat oleh gaya luar dimana fluida dialirkan oleh media lain seperti fan, pompa atau kompressor.

2. Konveksi Bebas atau konveksi Alamiah Konveksi alamiah terjadi dimana pergerakan fluida secara alamiah disebabkan oleh adanya gaya apung (buoyancy force) yang meningkat karena perbedaan densitas fluida tersebut.

3. Perpindahan Panas Secara Radiasi Perpindahan panas dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, pada perpindahan panas secara radiasi terjadi karena radiasi elektromagnetik atau daerah - daerah hampa.

### 2.2.6 Sistem Konversi Energi Panas dengan Termoelektrik

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari kompor surya dan modul thermoelectric generator ialah lamanya waktu sinaran matahari dan besarnya intensitas radiasi termal matahari, persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan adalah

- Kalor yang diserap oleh kompor surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$$Qu = m \cdot Cp \cdot (Th - Tc) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

**Qu** = Kalor yang diserap oleh panggangan ikan

**m** = Laju aliran massa udara (kg/s)

**Cp** = Panas jenis udara (J/kg.°C)

**Th** = Temperatur Panas (°C)

**Tc** = Temperatur Dingin (°C)

- Untuk menghitung efisiensi kompor surya dapat digunakan persamaan (6) :

$$\eta = \frac{Qu}{I_T A_c} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

$\eta$  = efisiensi ( % )

**Qu**= Kalor yang diserap ( Joule)

**I<sub>T</sub>**= Intensitas radiasi kalor (W/m<sup>2</sup> )

**A<sub>c</sub>** = Luas permukaan ( m<sup>2</sup> )

- Energi yang diterima oleh modul thermoelectric generator digunakan persamaan (7) dengan rumus :

$$Q = M.C.\Delta T \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

Q = Kalor yang diserap ( Joule)

M = massa benda ( kg )

C = Kalor jenis ( J / kg oC )

$\Delta T$  = Perbedaan suhu ( oC )

### 2.2.7 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. Material semikonduktor disebut tipe-p jika memiliki pembawa muatan yang bernilai positif sedangkan tipe-n jika memiliki pembawa muatan yang bernilai negatif.(Zeng, Y,J,et al,2017).

Efek termoelektrik adalah peristiwa pengkonversian secara langsung dari energi panas menjadi energi listrik atau sebaliknya karena beda suatu material. Material generator termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor dari tipe-p dan tipe-n. Material tipe-p adalah material yang kekurangan electron dan tipe-n adalah kelebihan electron. Ketika material tersebut. diberikan beda suhu, maka electron akan bergerak dari sisi panas menuju sisi yang bersuhu lebih dingin. Pengkonversian dari 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.

a. Karakteristik Aluminium Aluminium mempunyai masa jenis  $2,7 \text{ kg/cm}^3$ , titik leleh lebih dari  $658^\circ\text{C}$  dan tidak korosif. Daya hantar aluminium sebesar  $35 \text{ m/ohm mm}^3$  atau kira-kira 61,4% dari daya hantar tembaga, tahanan listriknya sebesar 64,94% hantaran listrik koefisien temperature yaitu 0,0042 per  $^\circ\text{C}$ . aluminium mudah dibentuk karena lunak, kekuatan tariknya hanya  $9\text{km/mm}^3$ . untuk itu jika

aluminium digunakan sebagai penghantar yang dimensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium (yulianti,2016:28)

b. Karakteristik Seng (Zn) Pemurnian diperoleh secara elektrolisis dari bahan oksidasi seng (Zn). Penemuan mencapai kadar 97,75% Zn. Warnanya abu-abu muda dengan titik cair 419°C dan titik didih 906°C. dalam teknik listrik seng banyak dipakai untuk bahan selongsong element kering (kutub negative), batang-batang (elektroda) element galvanis. Tahanan jenisnya 0,12 ohmm<sup>3</sup>/m. dalam penjualan, seng sering kali dijual dalam bentuk pelat yang rata atau bergelombang, dan juga dalam bentuk kawat dan tuangan dalam bentuk balok (Vogel,1990).

c. Karakteristik Kuningan Kuningan adalah paduan logam tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan kadar tembaga antara 55%- 95% massa. Logam kuningan dapat diperoleh dari proses pengecoran (Foundry). Cara pengecoran ini adalah salah satu-satunya cara yang bisa digunakan dalam industri logam kecil ataupun industri besar. Pemanfaatan logam kuningan khususnya pada industri sangatlah menguntungkan yang diperoleh adalah logam kuningan memiliki sifat tahan korosi. Meskipun demikian, bahan kuningan juga memiliki kekurangan salah satunya adalah biaya perawatannya yang cukup mahal.

### 2.2.8 Transistor

Transistor adalah komponen semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, di mana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya.



Gambar 2.7 Transistor

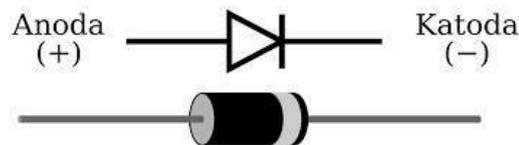
Sumber : A. A. Rafsanjani, E. Kurniawan, Y. (2017)

Fungsi Transistor :

1. Penguat Tegangan , Penguat Arus, Penguat Daya
2. Saklar, Sensor Suhu
3. Regulator tegangan
4. Osilator / Pembangkit sinyal
5. Modulator Sinyal

### 2.2.9 Pengertian Dioda

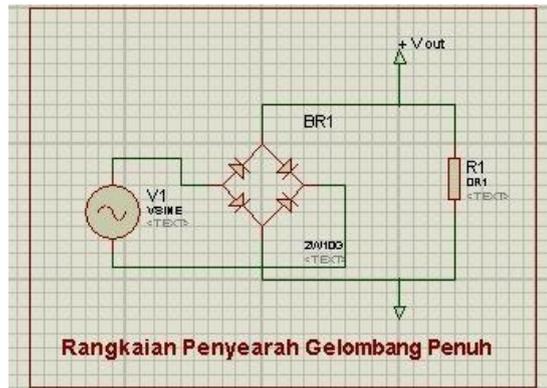
Dioda adalah suatu bahan semikonduktor yang tersusun atas 'pn *junction*', dan didesain sedemikian rupa sehingga mampu menghasilkan arus pada satu arah saja<sup>[13]</sup>. Dioda terdiri dari dua kutub, yaitu kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda). Dioda hanya akan menghantarkan arus searah saja, dari kutub anoda ke kutub katoda. Hal ini dikarenakan struktur dioda yang terbuat dari sambungan semikonduktor P dan N.



Gambar 2.8 Dioda Penyearah.

Sumber : A. A. Rafsanjani, E. Kurniawan, Y. (2017)

Rangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak – balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Komponen yang digunakan rectifier untuk menyearahkan gelombang adalah dioda yang dikonfigurasi forward bias, karena dioda memiliki karakteristik yang melewatkan arus listrik hanya ke satu arah dan menghambat arus listrik ke arah sebaliknya. Rangkaian penyearah gelombang penuh yang menggunakan jembatan (*bridge*) dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.9 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

Dapat dilihat pada gambar 2.8 diatas menunjukkan rangkaian penyearah gelombang penuh atau disebut dengan jembatan westone. Gambar tersebut menunjukkan pada panah berwarna hijau : Penyearah setengah gelombang siklus positif dan pada panah berwarna hitam : Penyearah setengah gelombang siklus negative. Rangkaian penyearah terdiri dari dioda *bridge*, yaitu empat buah dioda yang dirangkai membentuk sebuah jembatan.dioda *bridge* digunakan sebagai penyearah arus bolak-balik satu gelombang penuh. Owen Bishop (2016) menyatakan bahwa selama setengah siklus positif, dioda D1 dan dioda D2 diberi bias maju, sehingga keduanya menghantarkan arus. Sementara dioda D3 dan dioda D4 diberi bias mundur sehingga keduanya tidak menghantarkan arus.

### 2.2.10 Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C” adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik.Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif.

Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.berikut adalah jenis-jenis kapasitor:

### 1. Kapasitor Polar

Sesuai dengan namanya kapasitor ini memiliki polaritas pada kedua kakinya yaitu polaritas positif (+) dan polaritas negatif (-). Kapasitor ini termasuk dalam kelompok kapasitor yang memiliki nilai kapasitas yang tetap dan memiliki nilai kapasitas yang besar.



Gambar 2.10 Kapasitor Polar

*Sumber : A.A. Bur And R. Pramana, Y. (2017)*

### 2. Kapasitor Variabel

Kapasitor variabel adalah kapasitor yang nilai kapasitas-nya dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Oleh karena itu kapasitor ini di kelompokkan ke dalam kapasitor yang memiliki nilai kapasitas yang tidak tetap.



Gambar 2.11 Kapasitor Variabel

*Sumber : A.A. Bur And R. Pramana, Y. (2017)*

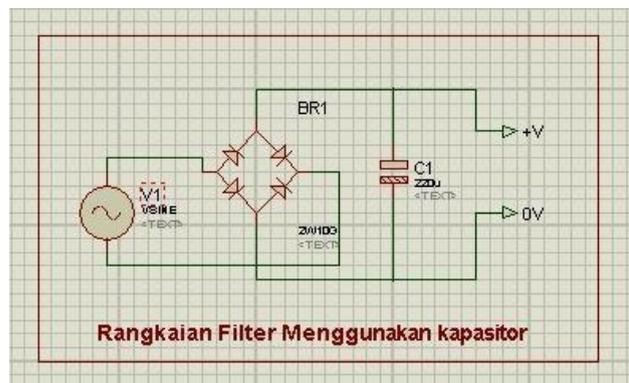
### 3. Kapasitor Nonpolar

Kapasitor nonpolar merupakan jenis kapasitor yang memiliki kapasitas yang tetap, kapasitor ini memiliki kapasitas yang tidak terlalu besar serta tidak dibedakan antara kaki positif dan negatifnya.

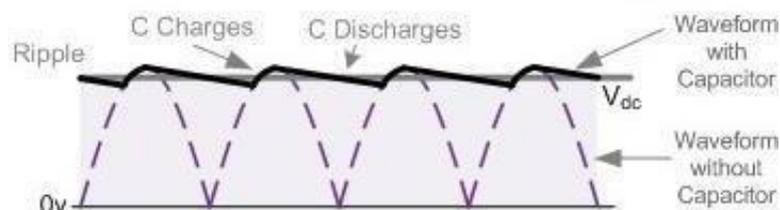


Gambar 2.12 Kapasitor Nonpolar

Sumber : A.A. Bur And R. Pramana, Y. (2017)



Gambar 2.13 Rangkaian filter menggunakan kapasitor.



Gambar 2.14 Gelombang output filter.

Sumber : A. A. Rafsanjani, E. Kurniawan, Y. (2017)

### 22.10.1 Prinsip Filter Kapasitor

Prinsip filter kapasitor adalah Ketika beban menarik arus dari rangkaian, tegangan akan jatuh perlahan-lahaan namun akan kembali lagi ke puncak oleh pulsa berikutnya. Hasilnya adalah gelombang DC dengan sedikit riak gelombang. Kapasitor yang digunakan bernilai 4700 uF atau lebih apabila arus yang ditarik oleh beban tidak terlalu besar, tegangan output yang dihasilkan akan setara gelombang DC murni. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik.

Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan. Gambar 2.14 dibawah ini menunjukkan contoh dari bentuk kapasitor.

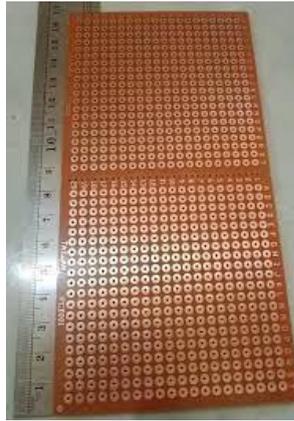


Gambar 2.15 Bentuk fisik dari kapasitor

*Sumber : A.A. Bur And R. Pramana, Y. (2017)*

### 2.2.11 Papan PCB

PCB adalah singkatan dari *Printed Circuit Board* yang dalam bahasa Indonesia sering diterjemahkan menjadi Papan Rangkaian Cetak atau Papan Sirkuit Cetak. Seperti namanya yaitu Papan Rangkaian Tercetak (*Printed Circuit Board*), PCB adalah Papan yang digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen Elektronika dengan lapisan jalur konduktornya.



Gambar 2.16 Papan PCB

*Sumber : A.A. Bur And R. Pramana, Y. (2017)*

### 2.2.12 Resistor

Resistor merupakan komponen elektronik yang memiliki dua pin dan didesain untuk mengatur tegangan listrik dan arus listrik. Resistor mempunyai nilai resistansi (tahanan) tertentu yang dapat memproduksi tegangan listrik di antara kedua pin dimana nilai tegangan terhadap resistansi tersebut berbanding lurus dengan arus yang mengalir.

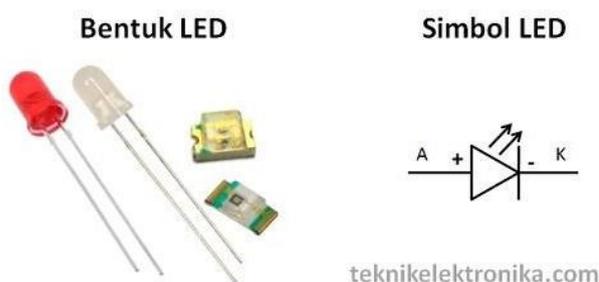


Gambar 2.17 Bentuk fisik dari resistor

*Sumber : A.A. Bur And R. Pramana, Y. (2017)*

### 2.2.13 Lampu LED

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya.



Gambar 2.18 Bentuk Fisik LED Dan Simbol LED

Sumber : A.A. Bur And R. Pramana, Y. (2017)

### 2.2.14 Kabel Penghantar

Kabel Penghantar atau listrik adalah media untuk menyalurkan energi listrik. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor. Isolator di sini adalah bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari bahan thermoplastik atau thermosetting, sedangkan konduktornya terbuat dari bahan tembaga ataupun aluminium.

### 2.2.15 Besi Pendingin /Heatsink

*Heat sink* yang baik seharusnya memiliki nilai hambatan termal yang rendah. Hal ini dikarenakan kemampuan *heat sink* untuk mengalirkan kalor yang tidak diinginkan dan mencegah terjadinya *overheat* akan menentukan juga nilai dari *coefficient of performance* (COP) dari sistem pendingin termoelektrik. Dapat dilihat pada gambar 2.19 dibawah ini :

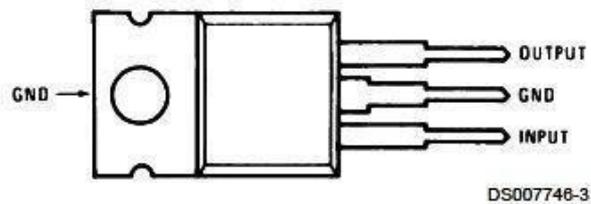


Gambar 2.19 Besi pendingin /heatsink

Sumber : Jurnal Pasaribu, F, I, Roza, I, Efendi, Y. (2019).

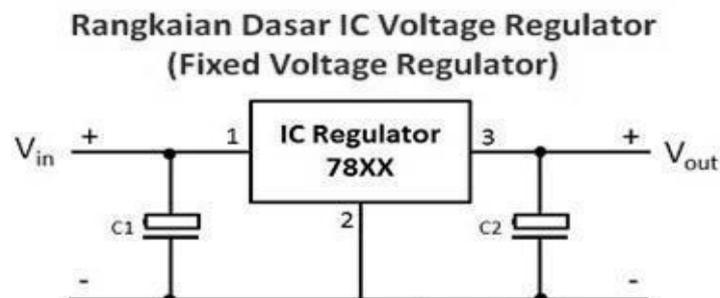
### 2.2.16 Voltage Regulator

Regulator merupakan komponen yang berfungsi sebagai filter tegangan agar sesuai yang diinginkan. Regulator berfungsi untuk mengatur kestabilan arus yang mengalir ke rangkaian elektronika. Regulator memiliki seri yang berbeda – beda. Seri LM78XX merupakan seri regulator dengan tiga terminal yang menghasilkan tegangan output tetap XX Volt. Susunan kaki IC Regulator yang digunakan pada catu daya.



Gambar 2.20 Susunan Kaki Ic Regulator 78XX

Sumber : Jurnal Masid,M, Susanto, A.F. Rahman, And I. N. Martini, Y. (2018)

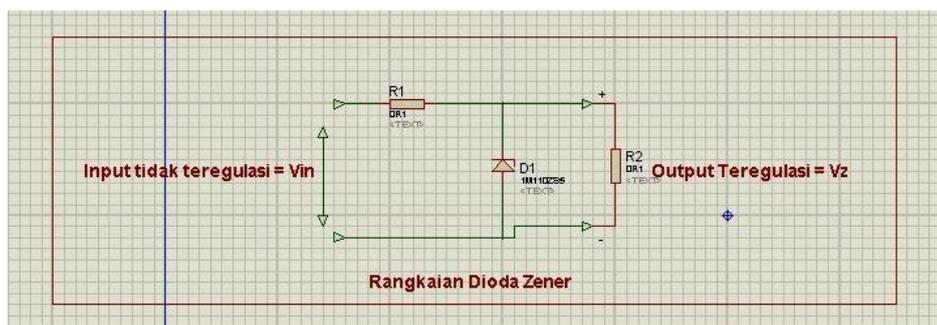


Gambar 2.21 Rangkaian IC Voltage Regulator

Sumber : Jurnal Masid,M, Susanto, A.F. Rahman, And I. N. Martini, Y. (2018)

Regulator tegangan Rangkaian Ic *Voltage* Regulator ini menggunakan prinsip dioda zener yang bekerja pada daerah *breakdown*. Dioda zener adalah salah satu jenis dioda yang memiliki sisi eksklusif pada daerah *breakdown*nya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai stabilizer atau pembatas tegangan. Struktur dioda zener sama dengan pada umumnya, hanya konsentrasi doping saja yang berbeda. Kurva karakteristik dioda zener juga sama seperti dioda pada umumnya, namun pada daerah *breakdown* dimana pada saat bias mundur mencapai tegangan *breakdown* maka arus dioda naik dengan cepat seperti pada gambar karakteristik dioda zener dibawah.

Daerah *breakdown* inilah yang menjadi referensi untuk penerapan dari dioda zener. Sedangkan pada dioda biasa daerah *breakdown* merupakan daerah kritis yang harus dihindari dan tidak diperbolehkan pemberian tegangan mundur sampai pada daerah *breakdown*, karena bisa merusak dioda biasa. Titik *breakdown* dari suatu dioda zener dapat dikontrol dengan memvariasi konsentrasi doping. Konsentrasi doping yang tinggi, akan meningkatkan jumlah pengotoran sehingga tegangan zenernya ( $V_z$ ) akan kecil. Demikian juga sebaliknya, dengan konsentrasi doping yang rendah diperoleh  $V_z$  yang tinggi. Pada umumnya dioda zener dipasaran tersedia mulai dari  $V_z$  1,8 V sampai 200 V, dengan kemampuan daya dari  $\frac{1}{4}$  hingga 50 W.



Gambar 2.22 Rangkaian Dioda Zener.

Dioda zener dipasang paralel atau *shunt* dengan L dan R. Regulator ini hanya memerlukan sebuah dioda zener terhubung seri dengan resistor  $R_S$ . Perhatikan bahwa dioda zener dipasang dalam posisi reverse bias. Dengan cara pemasangan

ini, diode zener hanya akan berkonduksi saat tegangan reverse bias mencapai tegangan breakdown dioda zener. Penyearah berupa rangkaian diode tipe jembatan (bridge) dengan proses penyaringan atau filter berupa filter-RC. Resistor seri pada rangkaian ini berfungsi ganda. Pertama, resistor ini menghubungkan C1 dan C2 sebagai rangkaian filter. Kedua, kapasitor ini berfungsi sebagai resistor seri untuk regulator tegangan (dioda zener). Dioda zener yang dipasang dapat dengan sembarang dioda zener dengan tegangan breakdown misal dioda zener 9 volt.

Tegangan output transformer harus lebih tinggi dari tegangan breakdown dioda zener, misalnya untuk penggunaan dioda zener 9 volt maka gunakan output transformer 12 volt. Tegangan breakdown dioda zener biasanya tertulis pada body dari dioda tersebut. Rangkaian regulator tegangan ini kemudian dikemas dalam bentuk sirkuit terintegrasi (IC). IC regulator tegangan yang banyak dijumpai di pasaran antara lain IC regulator keluarga 78xx dan LM317.

### **2.2.17 Jenis / Tipe IC regulator tegangan**

#### *a) Fixed voltage regulator (78xx/79xx series)*

IC Regulator jenis ini merupakan regulator yang tegangan keluaran-nya telah ditentukan sehingga tidak banyak komponen tambahan untuk merangkai regulator menggunakan IC ini. Contoh IC regulator ini yang paling populer adalah keluarga 78xx (positif) dan 79xx (negatif). Tanda “xx” merupakan besar tegangan keluaran yang diatur oleh IC tersebut, misalnya : 7812 / 7912 menghasilkan tegangan keluaran sebesar +12VDC / -12VDC. 7824 / 7924 menghasilkan tegangan keluaran sebesar +24VDC / -24VDC

#### *b) Adjustable voltage regulator (LM317 series)*

Adjustable Voltage Regulator IC merupakan jenis regulator tegangan yang dapat kita tentukan keluaran tegangan-nya atau bisa juga dibuat sebagai regulator tegangan variabel. Jenis IC yang sering digunakan sebagai Adjustable Voltage Regulator ini adalah IC regulator LM317 (positif) dan LM337 (negatif). Rentang tegangan yang mampu diatur oleh IC regulator ini adalah 1,2V sampai dengan 37V. Pada power supply penggunaan regulator adalah untuk memberikan stabilitas output pada suatu power supply. Output tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan berubah harganya saat dioperasikan. Adanya

perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada power supply. Pada sebagian peralatan elektronik, terjadinya perubahan catu daya akan berakibat cukup serius. Untuk mendapatkan pencatu daya yang stabil diperlukan regulator tegangan. Regulator tegangan untuk suatu power supply paling sederhana adalah menggunakan dioda zener.

### **2.2.18 Baterai**

Baterai merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui proses elektrokimia. Ada dua macam sel elektrokimia, yaitu:

#### 1. Sel volta ( sel galvani)

Dalam sel ini, energi kimia diubah menjadi energi listrik atau reaksi redoks menghasilkan arus listrik dimana katoda sebagai elektroda positif yang menerima elektron dari rangkaian luar serta mengalami proses reduksi pada proses elektrokimia, dan anoda sebagai elektroda negatif

#### 2. Sel Elektrolisis

Dalam sel ini, energi listrik diubah menjadi energi kimia atau arus listrik menghasilkan reaksi redoks. Dimana katoda sebagai elektroda negatif, dan anoda sebagai elektroda positif. Contohnya penyepuhan logam.

### **2.2.19 Jenis-jenis baterai**

Berdasarkan kemampuannya untuk dikosongkan (*discharged*) dan diisi ulang (*recharged*), baterai dibagi menjadi dua, yaitu Baterai primer dan Baterai sekunder.

#### **2.2.19.1 Baterai Primer**

Yang termasuk kedalam baterai primer adalah baterai yang tidak dapat diisi ulang atau dengan penggunaan sekali saja. Setelah kapasitas baterai habis, baterai tidak dapat dipakai kembali. Pada umumnya baterai primer murah, mudah digunakan sebagai sumber listrik untuk peralatan portabel, memiliki densitas energi listrik yang besar dengan kecepatan discharge yang rendah dan tidak memerlukan perawatan. Beberapa contoh baterai jenis ini adalah baterai alkalin, baterai seng-karbon (baterai kering), dan baterai merkuri.

## 22.192 **Baterai Sekunder**

Yang termasuk kedalam baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang (charge). Baterai jenis ini disebut juga sebagai baterai penyimpan / *storage battery*. Beberapa contoh baterai sekunder adalah baterai Timbel-Asam (Aki), baterai Ni-Cd, dan baterai ion Lithium. Baterai sekunder diaplikasikan dalam dua kategori, yaitu:

- a. Sebagai alat penyimpan energi. Umumnya baterai jenis ini tersambung dengan jaringan listrik permanen dan tersambung dengan jaringan listrik primer saat digunakan.

### 2.2.20 **Baterai Ion Lithium**

#### 1. Pengertian Baterai Ion Lithium

*Lithium Ion Battery* atau baterai lithium ion merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang. Baterai lithium-ion memiliki kemampuan penyimpanan energi tinggi persatuan volume.

#### 2. Bagian Utama Pada Lithium Ion Battery

*Lithium Ion Battery* pada umumnya memiliki empat komponen utama yaitu elektroda positif (katoda), elektroda negatif (anoda), elektrolit, dan separator.

##### a. Elektroda Negatif (Anoda)

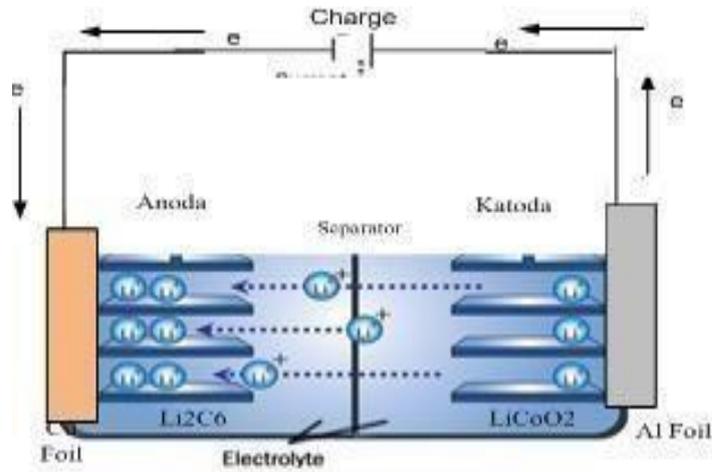
Anoda merupakan elektroda yang berfungsi sebagai pengumpul ion lithium serta merupakan material aktif. Material yang dapat dipakai sebagai anoda harus memiliki karakteristik antara lain memiliki kapasitas energi yang besar, memiliki kemampuan menyimpan dan melepas muatan atau ion yang bagus, memiliki tingkat siklus pemakaian yang lama, mudah untuk dibuat, aman dalam pemakaian atau tidak beracun, dan harganya murah. Material anoda yang paling umum adalah beberapa bentuk karbon biasanya grafit dalam bentuk serbuk. Grafit mempunyai kepadatan energi secara teori yang dihasilkan adalah berkisar 372 mAh/g. Selain grafit, material berbasis karbon yang dapat digunakan untuk anoda yaitu *soft carbon*, *graphene*, dan *hard carbon*. Material lain yang dapat berperan sebagai anoda antara lain lithium titanium oxide (LTO) dengan kepadatan energi yang dihasilkannya 175 mAh/g. Material ini aman dipakai serta memiliki tingkat siklus pemakaian yang cukup lama.

#### b. Elektroda Positif ( Katoda)

Katoda merupakan elektroda yang berfungsi sebagai pengumpul ion serta material aktif. Pada katoda terjadi reaksi setengah sel yaitu reaksi reduksi yang menerima elektron dari sirkuit luar sehingga reaksi kimia reduksi terjadi pada elektroda ini. Katoda dan anoda memiliki fungsi yang sama namun, perbedaannya adalah katoda merupakan elektroda positif. Material katoda harus memiliki karakteristik yang harus dipenuhi antara lain material tersebut terdiri dari ion yang mudah melakukan reaksi reduksi dan oksidasi, memiliki konduktifitas yang tinggi, memiliki kapasitas energi yang tinggi, memiliki kestabilan yang tinggi, harganya murah dan ramah lingkungan. Pada tahun 1980 material  $\text{LiCoO}_2$  menjadi kandidat material pertama yang digunakan sebagai katoda pada LIBs. Kerapatan energi yang dimiliki  $\text{LiCoO}_2$  sebesar 140 mAh/g. Kelemahan pada material ini yaitu memiliki kestabilan yang rendah dan harganya mahal. Sejalan dengan peningkatan performa katoda, beberapa penelitian yang dilakukan antara lain membuat katoda dari  $\text{LiMO}_2$  (M = Co (Cobalt); Ni (Nikel); Mn (Mangan)).  $\text{LiMO}_2$  tersebut dibentuk dalam bentuk layer-layer. Adapula material yang digunakan sebagai katoda dibentuk dalam bentuk spinel  $\text{LiM}_2\text{O}_4$  (M: Mn (Mangan)) ; serta olivine  $\text{LiMPO}_4$  (M : Fe) (Bo, Xu, 2012).

#### c. Elektrolit

Elektrolit adalah bagian yang berfungsi sebagai penghantar ion lithium dari anoda ke katoda dan dari katoda ke anoda. Karakteristik elektrolit yang penting untuk diperhatikan antara lain konduktivitas, tidak beracun, dan harganya yang murah. Elektrolit ini terbagi dalam dua jenis yaitu elektrolit cair dan elektrolit padat. Kedua jenis ini memiliki kelebihan serta kekurangannya. Kelebihan dari elektrolit cair antara lain memiliki konduktivitas ionik yang besar, harga yang murah, dan aman. Namun kekurangannya adalah memiliki performa siklus pemakaian yang rendah yaitu hanya berkisar 25 kali siklus. Beberapa material yang dapat digunakan sebagai elektrolit cair antara lain  $\text{LiNO}_3$ ,  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiPF}_6$ . Sedangkan elektrolit padat keuntungannya yaitu memiliki konduktivitas yang besar serta dapat tahan lama dibandingkan dengan elektrolit cair. Gambar 2.23 dibawah ini menunjukkan proses charging pada baterai lithium.

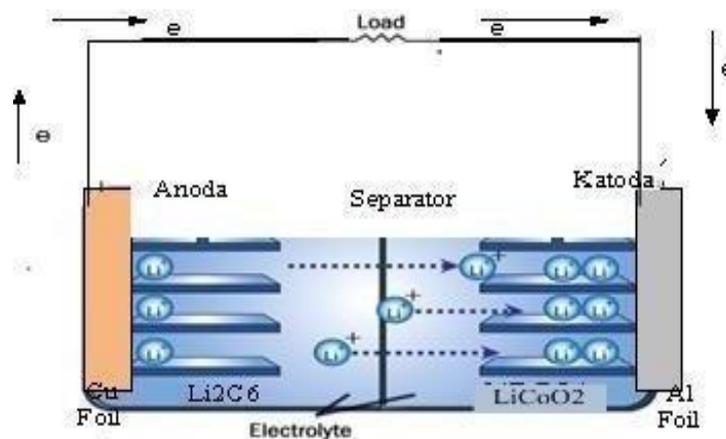


Gambar 2.23 Proses charging baterai lithium

Sumber : A. R. Fajria, B. Priyanto, I. Pakaya, Y. (2017)

Pada proses discharging, material anoda akan terionisasi, menghasilkan ion lithium bermuatan positif dan bermigrasi kedalam elektrolit menuju komponen katoda, sementara elektron yang diberikan akan dilepaskan bergerak melalui rangkaian luar menuju katoda. Ion lithium ini akan masuk kedalam katoda melalui mekanisme interkalasi.

Pada gambar 2.24 dibawah ini menunjukkan proses discharging pada baterai lithium.



Gambar 2.24 Proses Discharging pada baterai lithium

Sumber : A. R. Fajria, B. Priyanto, I. Pakaya, Y. (2017)

### **2.2.21 Proses Kerja Sistem**

Panas api yang berasal dari api unggun diberikan pada elemen peltier. Peltier akan mengubah panas menjadi listrik DC. Dari tiga elemen listrik tersebut listrik dikumpulkan dan diregulasi sebagai proses stabilisasi. Output tegangan setelah regulasi diratakan oleh kapasitor dan disimpan ke baterai. Setelah penuh baru dapat digunakan oleh pengguna.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat Dan Waktu**

Dalam pelaksanaannya penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan merancang alat langsung di Lab. Teknik Umsu yang berada di Jalan Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Kec. Medan Timur Kota Medan. dan waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari bulan maret s/d agustus 2020.

#### **3.2 Alat Dan Bahan**

Alat yang digunakan untuk menganalisis dan mengolah data dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### 3.2.1 Alat Penelitian

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

- Obeng (+) (-)
- .Tang potong
- Tang biasa (kombi)
- Tang jepit
- Alat ukur multimeter
- Bor listrik
- Grinda listrik
- Isolasi
- Pisau
- Thermo meter
- Meteran
- Solder dan timah
- Gunting

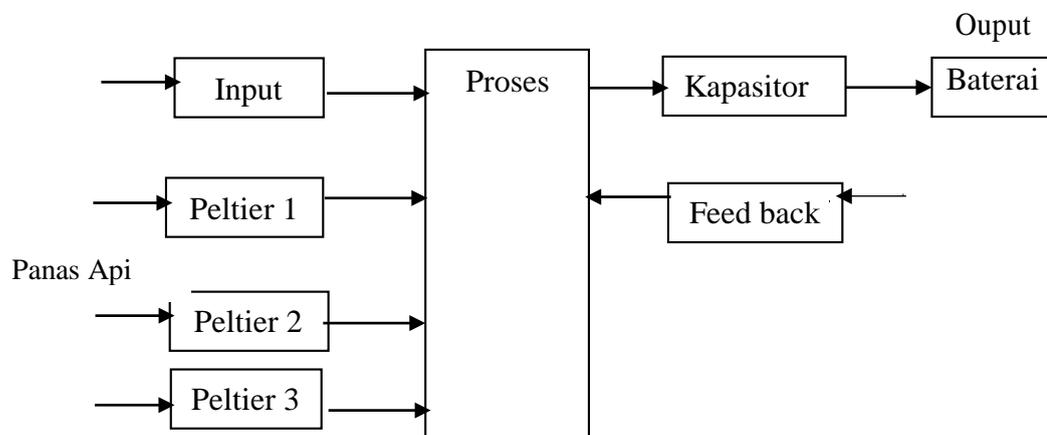
### 3.2.2 Bahan Penelitian

Beberapa Bahan yang digunakan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini diantara lain sebagai berikut :

- Thermo Electric Generator berfungsi sebagai generator untuk mengubah energi panas menjadi listrik.
- Kabel penghantar dan terminal untuk menghantarkan listrik
- Besi pendingin /heatsink untuk mendinginkan sisi dinding agar termoelektrik tetap dingin.
- Resistor, kapasitor dan diode serta IC voltage regulator berfungsi untuk menstabilkan tegangan
- Batere litium ion untuk media menyimpan tegangan
- Besi plat 2 mm untuk media penghantar panas yang menuju ke termoelektrik

### 3.3 Blok Diagram Sistem

Gambar 3.1 dibawah ini menunjukkan blok diagram sistem konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik.



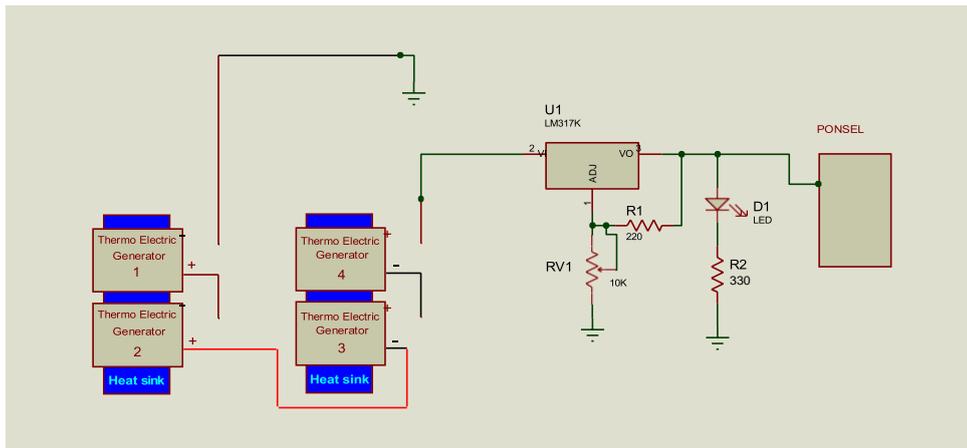
Gambar 3.1 Blok Diagram sistem konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik.

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa Input sistem adalah panas yaitu, panas api yang diberikan pada elemen peltier. Peltier akan mengubah panas menjadi listrik DC. Dari empat elemen listrik tersebut listrik dikumpulkan dan diregulasi

sebagai proses stabilisasi. Output tegangan setelah regulasi diratakan oleh kapasitor dan disimpan ke baterai. Setelah penuh baru dapat digunakan oleh pengguna.

### 3.4 Desain Rangkaian Kontrol

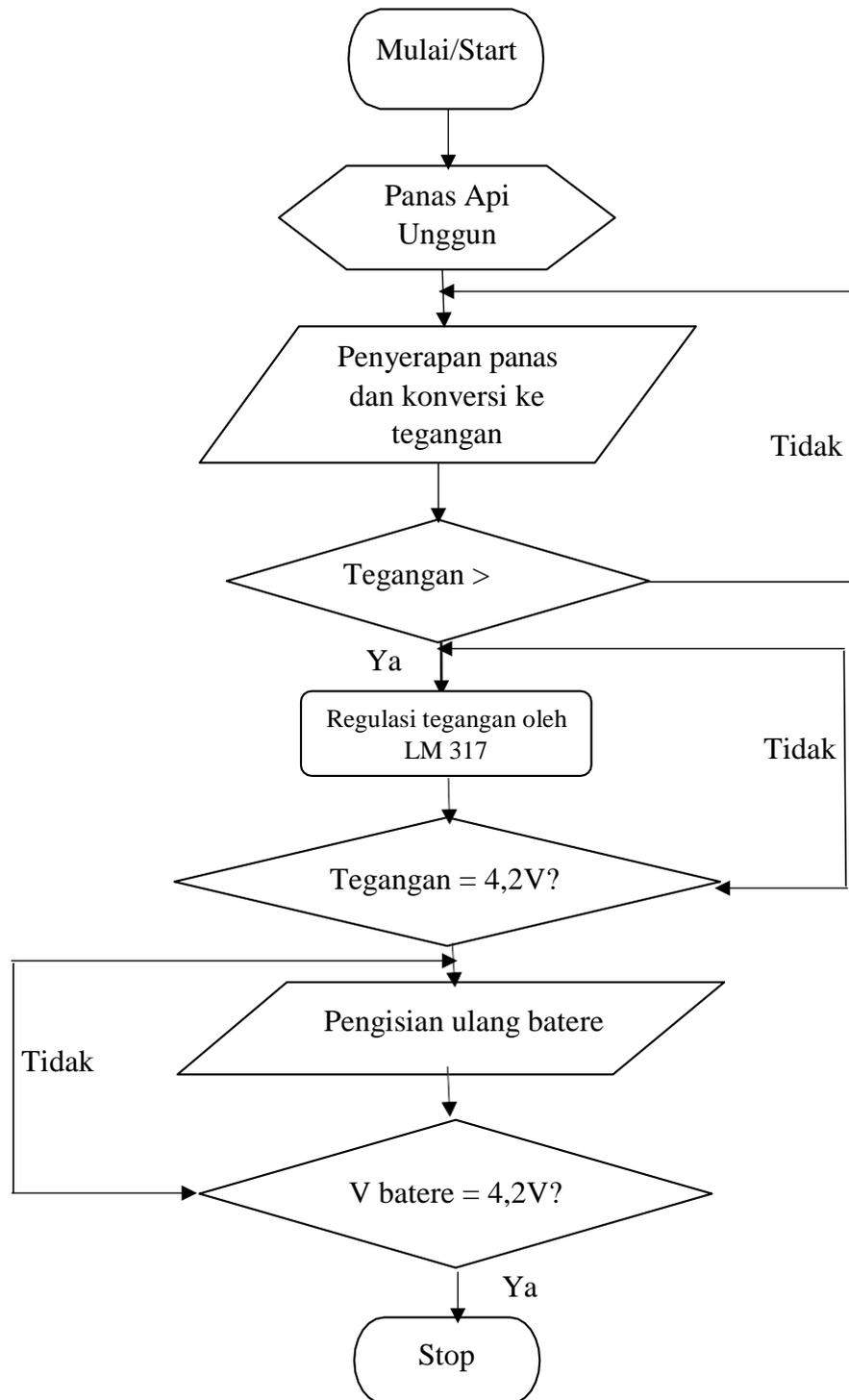
Gambar 3.2 dibawah ini menunjukkan desain rangkaian kontrol sistem konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik.



Gambar 3.2 Desain rangkaian kontrol sistem konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik

Gambar diatas menunjukkan desain rangkaian kontrol sistem konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik Dalam hal ini yaitu sebuah system konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik. Panas dari api akan dimanfaatkan untuk mengisi ulang baterai seperti baterai HT, senter, GPS dan sebagainya. Input atau masukan sistem adalah panas, dalam hal ini adalah panas api misalnya api unggun atau api untuk masak. Komponen input itu sendiri adalah sebuah converter yaitu peltier. Fungsi peltier adalah mengubah langsung panas menjadi listrik. Beberapa peltier diserikan untuk menghasilkan tegangan yang cukup untuk mengisi baterai. Pada bagian output adalah 3,7V. Baterai ini umumnya digunakan untuk lampu senter dan peralatan elektronik lainnya. Pada bagian proses terdapat komponen penstabil tegangan yaitu regulator. Rancangan ini menggunakan IC LM317 sebagai regulator untuk mengolah tegangan keluar system konversi. Tujuan regulasi adalah agar baterai tidak overcharge dan mengakibatkan kerusakan pada baterai.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

### **3.6 Prosedur Penelitian**

Penelitian dan pengambilan data direncanakan akan dilakukan pada bulan april s/d Mei 2020 bertempat di Halaman Kampus Pendopo UMSU Medan. Adapun Langkah – langkah yang harus diketahui dalam melaksanakan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut :

1. Menentukan tema dengan cara melakukan studi literatur untuk memperoleh berbagai teori dan konsep untuk mendukung penelitian yang akan dilaksanakan.
2. Menyiapkan Alat dan Bahan penelitian.
3. Melakukan penelitian Bagaimana merancang sebuah alat konversi energi dari panas api unggun menjadi energi listrik. Dan mengatur regulasi tegangan hasil konversi sehingga dapat digunakan sebagai alat charger batere yang baik.
4. Mengumpulkan data hasil penelitian tersebut.
5. Mengolah data hasil penelitian.
6. Melakukan analisa pada data hasil penelitian.
7. Menarik Kesimpulan dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilaksanakan.
8. Selesai.

### **3.7 Analisa Data**

Analisa data merupakan bagian yang sangat penting dalam metode ilmiah karena analisa data yang tepat memberi arti dan makna yang berguna dalam memecahkan masalah penelitian, sehingga akan di dapat suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Proses analisa dimulai dengan menyusun seluruh data yang tersedia dari dokumentasi yang ada. Kemudian data hasil penelitian dianalisa secara tepat agar kesimpulan yang diperoleh secara benar dan sesuai dengan apa yang telah dilakukan

## **BAB IV**

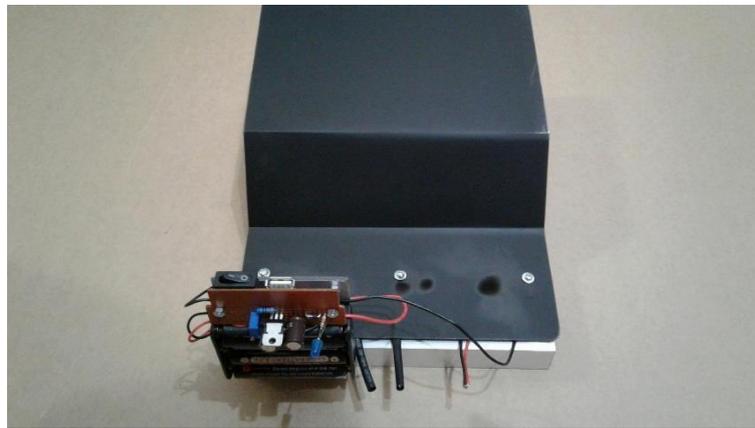
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Penelitian**

Hasil penelitian ini adalah suatu alat yang berfungsi mengubah panas menjadi listrik yaitu sebuah sumber panas. Basis alat adalah sebuah komponen yang dapat mengkonversi panas menjadi listrik yaitu termo electric atau pada umumnya disingkat “TEG”. Dengan memanfaatkan kemampuan beberapa buah TEG yang diserikan dapat dibuat sebuah sistem pembangkit listrik kecil. Karena sistem yang dibuat berkapasitas kecil maka output yang dihasilkan hanya dapat digunakan untuk menghidupkan lampu LED atau untuk mengisi baterai ponsel. Penggunaan sistem pembangkit ini ditujukan pada kondisi darurat dimana sulit memperoleh energi listrik seperti dipedalaman, di hutan, di gunung, di pantai atau ditengah laut. Contohnya para pendaki gunung yang baterai handy talky nya telah habis maka cara mendapatkan listrik dengan alat ini adalah membuat api unggun sehingga menghasilkan panas. Alat ini didekatkan pada api unggun dan sistem konversi akan terjadi. Panas diubah menjadi listrik dan digunakan untuk mengisi baterai atau menyalakan lampu senter.

Cara kerja alat adalah dengan menyerap panas yang ada dan mengubahnya menjadi listrik. Komponen termo electric generator berbentuk kepingan dengan 2 sisi. Salah satu sisi dipanaskan dan sisi lain harus didinginkan karena komponen tersebut bekerja mendeteksi perbedaan suhu dua titik atau sisinya. Akibat perbedaan suhu tersebut akan timbul beda potensial pada kedua ujung nya dan disalurkan keluar oleh kabel penghantar. Sisi panas ditempelkan pada sumber panas dengan perantara logam sedangkan sisi dingin ditempelkan pada sebuah pendingin aluminium. Setelah memperoleh beda suhu di kedua sisi maka tegangan akan keluar melalui kabel penghantar. Perlu diketahui, tegangan keluaran untuk satu elemen TEG adalah sangat kecil sehingga membutuhkan beberapa elemen diserikan agar dapat memberikan daya dan tegangan yang cukup. Hasil seri akan menambah tegangan keluaran. Setelah melalui beberapa tahapan, tegangan keluar melalui 2 kabel dimana satu berpolaritas positif dan satu negatif. Kedua kabel tersebut dihubungkan pada rangkaian regulator yaitu regulator tegangan

LM317. Regulator tegangan berfungsi menstabilkan tegangan dan membatasi output tegangan agar tidak melebihi 5V karena tegangan cas ponsel yang dibutuhkan hanya 5V. Regulator LM317 bekerja mengatur tegangan dengan prinsip feedback . Bila tegangan output lebih tinggi maka IC akan menstabilkannya kembali dan bila lebih rendah dari 5V , ic akan menaikkannya. Output LM317 diratakan oleh sebuah kapasitor perata agar riak riak atau gelombang menjadi rata. setelah melalui kapasitor arus disalurkan melalui soket usb dan kabel data keponsel. Demikianlah hasil rancangan ini bekerja dengan memanfaatkan panas knalpot terbuang menjadi arus listrik bermanfaat. Selanjutnya pada bab ini akan dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui hasil atau kinerja rancangan.



Gambar 4.1 Pembangkit listrik tenaga panas yang dirancang.

## 4.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan setelah semua komponen tersedia dan peralatan pengukuran juga telah dipersiapkan seperti termometer, voltmeter, amper meter, dan lain-lain. Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi pengujian input, pengujian elemen TEG, pengujian hasil regulasi dan output. Pengujian dilakukan dengan mengukur ,menghitung dan menganalisa data hasil pengukuran. Berikut adalah data hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing komponen.

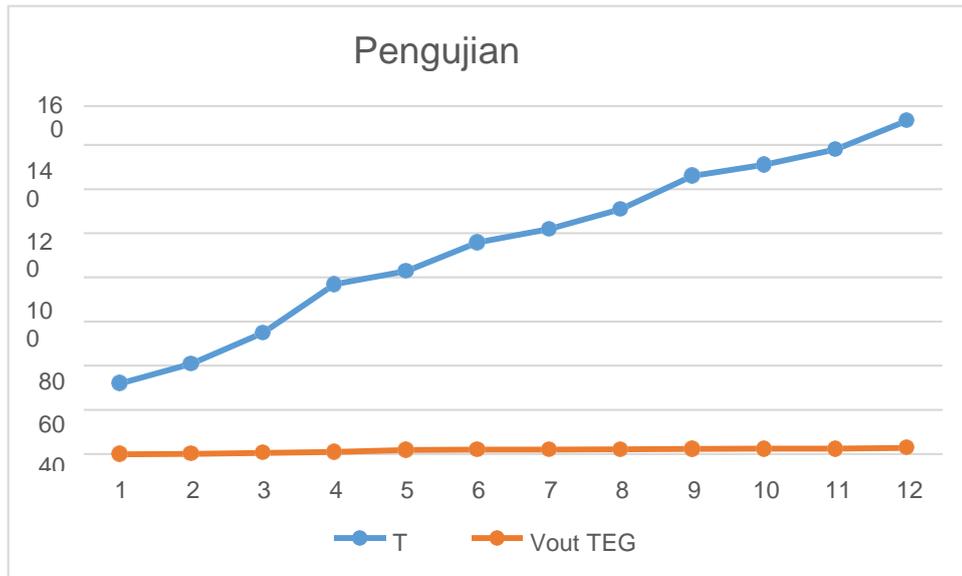
#### 4.2.1 Pengujian Termo Electric (PERTIER)

Pengujian Pertier dilakukan dengan memberikan masukan dan mengukur keluaran yang dihasilkan. Dalam hal ini input PERTIER adalah panas yang dihasilkan oleh sumber panas misalnya api unggun. Output PERTIER diukur dengan voltmeter. Pengukuran dilakukan pada masukan yaitu dengan termometer dan keluaran dengan voltmeter. Data hasil pengukuran PERTIER adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Pengujian PELTIER

T(°C)	Vout TEG(V)
32	0.12V
41	0.23V
55	0.67V
77	1.09V
83	1.97V
96	2.18V
102	2.21V
111	2.31V
126	2.40V
131	2.54V
138	2,63V
151	2,88V

Dari tabel dapat dilihat bahwa pada suhu 32 °C Tegangan thermoelektrik menghasilkan 0,12 volt, maka dari itu semakin tinggi perbedaan suhu maka semakin besar tegangan keluarannya. Dan pada suhu 151°C Tegangan thermoelektrik menghasilkan 2,88 volt. Sehingga dapat dikatakan tegangan output berbanding lurus dengan panas yang diserap oleh elemen TEG.



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Peltier

Dari grafik 4.2 diatas menunjukkan semakin panas suhu yang dihasilkan maka semakin besar pula tegangan output TEG. maka dari itu semakin tinggi perbedaan suhu maka semakin besar tegangan keluarannya. Sehingga dapat dikatakan tegangan output berbanding lurus dengan panas yang diserap oleh elemen TEG.



Gambar 4.3 Pengukuran tegangan pada output TEG.

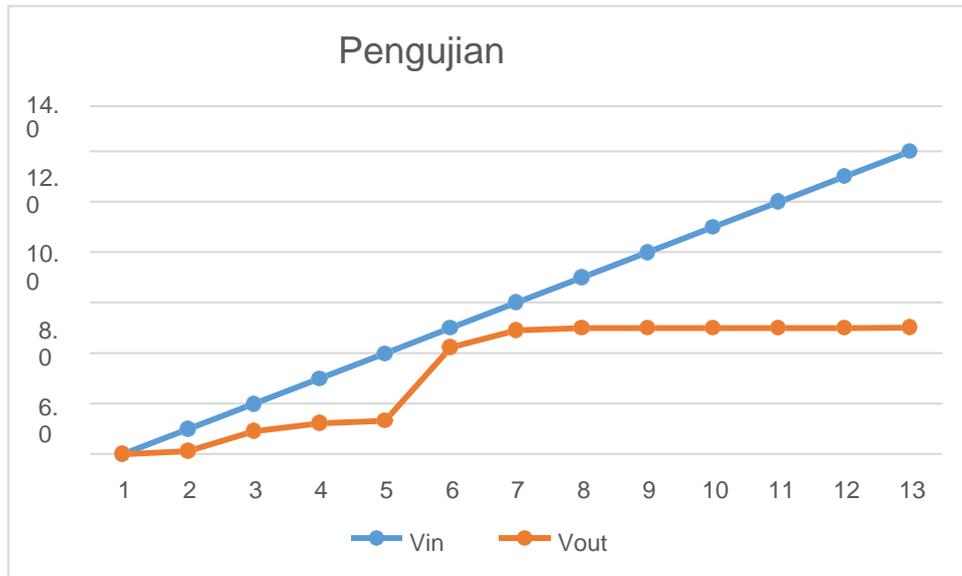
#### 4.2.2 Pengujian Rangkaian Regulator

Rangkaian regulator berfungsi mentabilkan tegangan pada satu titik tertentu. Dalam rancangan ini regulator diatur untuk menstabilkan tegangan pada titik 5V. Untuk input pada pengujian ini digunakan power supply variabel yaitu power supply yang dapat diatur tegangan nya. Input dan output regulator diukur dengan voltmeter dimana tegangan input divariasikan oleh power supply. Berikut adalah tabel hasil pengujian regulator LM317.

Tabel 4.2 Hasil pengujian tegangan pada regulator LM317

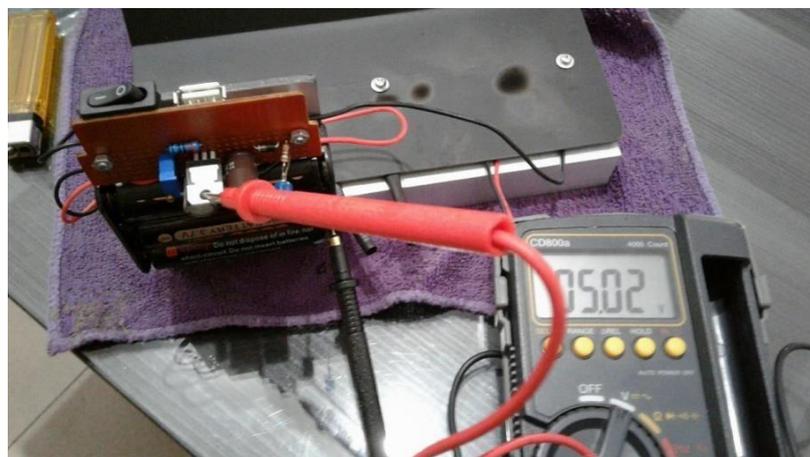
Vin (V)	Vout(V)
0,0	0,0
1,0	0,13
2,0	0,91
3,0	1,23
4,0	1,32
5,0	4,24
6,0	4,92
7,0	5,00
8,0	5,00
9,0	5,01
10,0	5,01
11,0	5,01
12,0	5,02

Dari tabel dapat dilihat bahwa regulator tidak bekerja saat tegangan masuk masih dibawah 5V. Saat tegangan masuk diatas 5V regulator akan mulai bekerja meregulasi tegangan pada 5V. Walaupun tegangannya terus naik, output regulator tetap mempertahankan 5V sehingga tidak melampaui 5V. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa regulator LM317 bekerja sesuai fungsinya.



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Regulator

Dari grafik 4.4 diatas menunjukkan pada tegangan input 0,0 maka output yang dihasilkan adalah 0,0 juga. Dan pada tegangan input 12 volt maka output yang dihasilkan adalah 5,02 volt. Dengan demikian bahwa regulator tidak bekerja saat tegangan masuk masih dibawah 5V. Saat tegangan masuk diatas 5V regulator akan mulai bekerja meregulasi tegangan pada 5V. Walaupun tegangannya terus naik, output regulator tetap mempertahankan 5V sehingga tidak melampaui 5V. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa regulator LM317 bekerja sesuai fungsinya.



Gambar 4.5 Pengukuran tegangan pada output regulator.

### 4.2.3 Pengujian keseluruhan sistem

Pengujian keseluruhan dilakukan setelah semua komponen sistem dirakit dan disatukan. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sumber panas seperti api unggun. Setelah api menyala, alat pembangkit didekatkan pada bara api yaitu dibagian sisi panas. Kemudian ukur panas yang mengalir di plat pemanas tersebut dengan termometer digital dan pada output pembangkit diukur dengan voltmeter. Pada awalnya tegangan belum ada yaitu masih 0V. Setelah tunggu beberapa detik tegangan mulai muncul walaupun masih kecil. Setelah agak lama kemudian tegangan terus naik hingga melebihi 5V pada output TEG sedangkan pada output regulator tetap 5V karena telah diregulasi oleh LM317. Pada saat tegangan regulator sama dengan 5V, proses cas batere dapat dilakukan yaitu dengan menghubungkan kabel charger dengan alat dan ponsel. Indikator cas pada ponsel akan menyala yaitu tampilan display batere akan muncul sedang mengisi. Proses ini terus berlangsung selama api unggun tetap menyala atau tetap panas. Setelah api unggun padam, beberapa saat kemudian tegangan pembangkit mulai turun. Demikianlah hasil uji alat rancangan secara keseluruhan yang membuktikan bahwa alat bekerja sesuai fungsinya. Berikut disajikan tabel hasil pengujian yang dilakukan.



Gambar 4.6 Pengujian saat mengisi batere ponsel.

Tabel 4.3 Hasil pengujian alat secara keseluruhan

Kondisi api unggun	Waktu (Menit)	Temperatur Plat pembangkit (°C)	Output TEG (V)	Output Regulator(V)	Kondisi charger
hidup	0	29	0,00	0,00	Off
hidup	1	45	0,41	0,00	Off
hidup	4	78	6,32	4,93	On
hidup	7	97	7,67	4,99	On
hidup	11	177	8,81	5,00	On
hidup	16	189	9,33	5,01	On
hidup	21	192	9,52	5,01	On
Mati	26	83	7,28	5,01	On
Mati	37	47	0,34	0,0	Off

Dari tabel diatas dapat dilihat pada kondisi api unggun hidup dengan waktu 0 menit dan temperature suhu 29°C, maka output Regulator 0,00 dan kondisi charger off. Pada waktu 1 menit dengan suhu 45°C, maka output regulator masih tetap pada tegangan 0,00 dan kondisi charger tetap off. Setelah waktu 4 menit suhu pun semakin lama semakin panas dengan suhu 78°C. maka output TEG menghasilkan 6,32 volt dan output regulator 4,93, dengan kondisi charger on.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Vout TEG terhadap beban (HP)

T(°C)	Vout TEG(V)	Arus pada R 1k ohm(mA)
29	0,01	0,0
33	0,09	0,0
43	0,21	0,19
59	0,50	0,48
68	0,87	0,80
80	1,32	1,29
97	1,89	1,83
102	2,01	1,99
119	2,10	2,02
127	2,24	2,21
136	2,31	2,28
141	2,46	2,45
145	2,52	2,49
157	2,63	2,61
162	2,68	2,66
179	2,82	2,87

Dapat dilihat pada tabel 4.4 diatas, menunjukan bahwa pada saat suhu 29°C menghasilkan Vout TEG sebesar 0.01 V, dan pembebanan masih sebesar 0,0 mA. Kemudian pada saat suhu sebesar 102°C tegangan yang dihasilkan sebesar 2,01 V sehingga pembebanan mampu mencapai 1,99 mA. Sehingga dapat dikatakan bahwasanya ketika suhu dari TEG berbanding lurus dengan Vout TEG yang dihasilkan dan pembebanan yang dapat dicapai juga semakin besar.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Untuk mendapatkan tegangan dan arus yang cukup dapat dilakukan dengan menserikan beberapa elemen yang akan meningkatkan tegangan keluaran. Dengan demikian rangkaian seri beberapa elemen peltier dibutuhkan untuk meningkatkan tegangan pada alat ini agar digunakan untuk mengisi ulang batere ponsel.
2. Pada kondisi api unggun hidup dengan waktu 0 menit dan temperature suhu  $29^{\circ}\text{C}$ , maka output Regulator 0,00 dan kondisi charger off. Pada waktu 1 menit dengan suhu  $45^{\circ}\text{C}$ , maka output regulator masih tetap pada tegangan 0,00 dan kondisi charger tetap off. Setelah waktu 4 menit suhu pun semakin lama semakin panas dengan suhu  $78^{\circ}\text{C}$ . maka output TEG menghasilkan 6,32 volt dan output regulator 4,93, dengan kondisi charger on.

#### **5.2. Saran**

1. Membutuhkan penelitian dan pengembangan lebih lanjut agar alat rancangan dapat dimamfaatkann sebagai alat konversi yang lebih besar dan efisien.
2. Menggunakan pendingin yang lebih baik agar tegangan yang dihasilkan lebih maksimal dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. Gunadarma, "Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin," vol. 10, no. 4, pp. 180–185, 2013.
- D. Wulandari, "Thermoelectric Generator Dengan Variasi Perubahan Suhu," vol. 05, pp. 66–72, 2018.
- T. Mesin, F. Teknik, and U. Riau, "Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (TEG) Dengan Pendinginan Menggunakan Udara," vol. 5, no. 1, pp. 7–11, 1848.
- M. Yusuf, "Memanfaatkan Limbah Panas Mesin Mobil City Car Menggunakan Modul Thermoelectric Cooler ( TEC )," pp. 1–6, 2018.
- M. Khalid, M. Syukri, and M. Gapy, "Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik," vol. 1, no. 3, pp. 57–62, 2016.
- J. Sumarjo, A. Santosa, and M. I. Permana, "Pemanfaatan Sumber Panas Pada Kompor Menggunakan 10 Thermoelectric Generator Dirangkai Secara Seri," vol. 11, no. 2, pp. 123–128, 2017.
- A. A. Rafsanjani, E. Kurniawan, F. T. Elektro, U. Telkom, and B. Converter, "Desain Dan Implementasi Generator Thermoelectric Sebagai Sumber Energi Alternati Untuk Keperluan Darurat Desain And Implementation Thermoelectric Generator," vol. 4, no. 3, pp. 3311–3316, 2017.
- A. R. Fajria, B. Priyanto, and I. Pakaya, "Rancang Bangun Penstabil Tegangan pada Pembangkit Termoelektrik Skala Pico Berbasis Boost Converter," vol. 2, no. 2, pp. 117–124, 2017.
- N. Putra, R. A. Koestoer, M. Adhitya, A. Roekettino, and B. Trianto, "Kendaraan Hibrid," vol. 13, no. 2, pp. 53–58, 2009.
- S. C. Puspita, H. Sunarno, and B. Indarto, "Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki," pp. 2–5, 2017.
- R. Bangun, D. A. N. Karakteristik, and N. I. Kamal, "Sinar Matahari," pp. 317–322.

- S. Effect, D. Current, C. Effect, V. Hasil, and C. Dengan, "1.PENDAHULUAN Thermoelektrik adalah perangkat yang bekerja dengan," pp. 161-166, 2016
- Noorly Evalina, M. Khairil Riza, Arfis A, And Rimbawaty," Pemanfaatan Bahan Bakar Sampah Plastik Dengan Menggunakan Pembangkit Listrik Hot Air Stiring Engine," pp.71-78, 2019
- Pasaribu, F, I, Roza, I, Efendi, Y. (2019). Memanfaatkan panas exhaust sepeda motor sebagai sumber energi listrik memakai thermoelectric. *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*. 3 (1): 13-29
- M. Masid, T. B. Susanto, A. F. Rahman, and I. N. Martini, "Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF BERBASIS THERMOELEKTRIK GENERATOR (TEG)," vol. 1, no. 2, pp. 1-8, 2018.
- A. A. Bur and R. Pramana, "Prototype Pembangkit Listrik Memanfaatkan Energi Panas Matahari Menggunakan Thermoelektrik."

## Rancang Bangun Sistem Konversi Energi Panas Api Menjadi Energi Listrik Sebagai Alat Charger Baterai Menggunakan Termoelektrik

**Billy Prandika<sup>1</sup>, Rimbawati, S.T., M.T<sup>2</sup>**

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jl. Kapt. Mughtar Basri No. 110-112, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Medan, Sumatera Utara, Indonesia  
e-mail: billyprandika1996@gmail.com

**Abstrak**— Dengan semakin majunya perkembangan zaman membuat kebutuhan akan energi listrik kian meningkat. Berbagai usaha dilakukan untuk mencari sumber energi listrik baru, salah satunya dengan pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro yang memanfaatkan energi panas. Pemanfaatan energi panas sebagai pembangkit energi listrik dengan kapasitas mikro dapat dilakukan dengan menggunakan elemen termoelektrik. sistem konversi dengan elemen TEG ini adalah dapat digunakan kapan saja selama proses pembakaran dimungkinkan misalnya pagi atau malam, atau dimana saja. Demikian juga bahan bakarnya dapat berupa apa saja yang bisa dibakar misalnya, arang, kayu, batu bara, cangkang kelapa sawit, dan bahkan sampah. Melihat sifat dan keunggulan komponen tersebut, penulis berencana mempelajari dan mengembangkan suatu sistem sesuai kemampuan komponen TEG yang ada menjadi sebuah alat yang bermanfaat. Mengingat sifat dan skala komponen TEG maka dapat dimungkinkan untuk membuat sebuah sistem pembangkit super mini yaitu mengubah panas api menjadi listrik. Dengan itu, Penelitian mendapatkan tujuan untuk mengetahui karakteristik serta unjuk kerja dari termoelektrik sebagai pembangkit energi listrik. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah sebuah sistem konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik. Panas dari api akan dimanfaatkan untuk mengisi ulang baterai seperti baterai HT, senter, GPS dan sebagainya. Input atau masukan sistem adalah panas, dalam hal ini adalah panas api misalnya api unggun atau api untuk masak. Komponen input itu sendiri adalah sebuah converter yaitu peltier. Fungsi peltier adalah mengubah langsung panas menjadi listrik. Beberapa peltier diserikan untuk menghasilkan tegangan yang cukup untuk mengisi baterai. Pada bagian output adalah 3,7V. Pada bagian proses terdapat komponen penstabil tegangan yaitu regulator. Rancangan ini menggunakan IC LM317 sebagai regulator untuk mengolah tegangan keluar sistem konversi. Tujuan regulasi adalah agar baterai tidak overcharge dan mengakibatkan kerusakan pada baterai.

**Kata kunci** : *Thermoelectric, Peltier*

**Abstract**— *With the advancement of the times, the need for electrical energy is increasing. Various attempts have been made to find new sources of electrical energy, one of which is by generating electric energy with a micro capacity that utilizes heat energy. The utilization of heat energy as a generator of electrical energy with a micro capacity can be done using thermoelectric elements. This conversion system with TEG elements can be used at any time during the combustion process, for example, morning or night, or anywhere. Likewise, the fuel can be anything that can be burned, for example, charcoal, wood, coal, palm oil shells, and even garbage. Seeing the characteristics and advantages of these components, the authors plan to study and develop a system according to the capabilities of the existing TEG components into a useful tool. Given the nature and scale of the TEG component, it can be possible to make a super mini generator system that converts heat from fire into electricity. With this, the research aims to determine the characteristics and performance of the thermoelectric as a generator of electrical energy. The method used in this research is a campfire heat energy conversion system into electrical energy. The heat from the fire will be used to recharge batteries such as HT batteries, flashlights, GPS and so on. The input or system input is heat, in this case the heat of a fire, for example a campfire or a fire for cooking. The input component itself is a converter, namely a peltier. Peltier function is to convert heat directly into electricity. Several peltiers are equipped to generate enough voltage to charge the battery. The output is 3.7V. In the process, there is a voltage stabilizer component, namely the regulator. This design uses the LM317 IC as a regulator to process the output voltage of the conversion system. The purpose of regulation is so that the battery does not overcharge and cause damage to the battery.*

**Keywords** : *Thermoelectric, Peltier*

## I. PENDAHULUAN

Dalam pengertian umum, energi adalah suatu kemampuan dalam melakukan kerja. Energi merupakan suatu obyek yang dapat berpindah akibat adanya reaksi fundamental, tetapi energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Kini ketersediaan energi di Indonesia semakin berkurang. Namun ketersediaan sumber energi baru terbarukan di Indonesia masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Penelitian ini dilakukan berdasar pemanfaatan sumber energi baru terbarukan, khususnya panas bumi untuk menghasilkan energi listrik, yaitu menggunakan generator termoelektrik (TEG) sebagai sumber energi alternatif. Generator termoelektrik dapat mengkonversikan perbedaan temperatur menjadi besaran listrik secara langsung.

Termoelektrik merupakan suatu alat yang berbentuk modul, yang dapat secara langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik. Termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor yang tersusun dengan komposisi tipe-n dan tipe-p. Fenomena termoelektrik ditemukan tahun 1821 untuk pertamakalinya oleh ilmuwan Jerman yaitu Thomas Johann Seebeck. Thomas Seebeck mencoba menyambungkan tembaga dan besi pada suatu rangkaian. Kemudian diantara logam tembaga dan besi tersebut diletakkan sebuah jarum kompas. Fenomena yang terjadi saat kedua logam tersebut dipanaskan yaitu jarum kompas mulai bergerak. Bergeraknya jarum kompas menyatakan bahwa timbul medan listrik pada kedua logam tersebut akibat dipanaskan salah satu sisinya, oleh karena hal itu, fenomena tersebut disebut efek Seebeck.

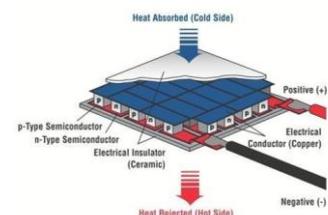
Termoelektrik generator adalah (juga disebut Seebeck generator) adalah perangkat generator listrik yang mengkonversi energi panas (perbedaan temperatur) langsung menjadi energi listrik, menggunakan fenomena yang disebut efek Seebeck (bentuk efek termoelektrik). Kajian pada penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan panas api pada menggunakan termoelektrik generator sebagai pembangkit listrik untuk aplikasi pembangkit energy listrik mini dengan memanfaatkan energy panas api unggul.

## II. STUDI PUSTAKA

### Thermoelektrik Generator (TEG)

Fenomena termoelektrik pertama kali ditemukan tahun 1821 oleh ilmuwan Jerman, Thomas Johann Seebeck. Ia 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. Belakangan diketahui, hal ini terjadi karena aliran listrik yang terjadi pada logam menimbulkan medan magnet. Medan magnet inilah yang menggerakkan jarum kompas.

Fenomena tersebut kemudian dikenal dengan efek Seebeck. Penemuan Seebeck ini memberikan inspirasi pada Jean Charles Peltier untuk melihat kebalikan dari fenomena tersebut. Dia mengalirkan listrik pada dua buah logam yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua logam tersebut dan pelepasan panas pada sambungan yang lainnya. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1934 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier. Efek Seebeck dan Peltier inilah yang kemudian menjadi dasar pengembangan teknologi termoelektrik Thermoelectric generator (TEG) merupakan teknologi pembangkit listrik dengan menggunakan energi panas (kalor). Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (Thermoelectric Generator), atau sebaliknya dari listrik menghasilkan dingin (Thermoelectric Cooler).



Gambar 2.1 Skema prinsip kerja generator termoelektrik

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, sebuah termoelektrik menunjukkan aliran electron dari semikonduktor tipe- p menuju semikonduktor tipe-n. agar elektron pada tipe-p dapat mengalir, maka elektron akan menyerap kalor yang mengakibatkan sisi tersebut menjadi dingin. Pelepasan kalor ke lingkungan terjadi pada sisi panas sehingga electron pada tipe-n dapat mengalir menuju semikonduktor tipe-p.

### Efek-efek Termoelektrik Efek seebeck

Prinsip kerja dari termoelektrik adalah dengan berdasarkan *efek seebeck* yaitu jika 2 buah logam yang berbeda disambungkan salah satunya ujungnya kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan maka akan terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain. Koefesien *seebeck* tergantung pada perbedaan suhu dan perbedaan tegangan yang dihasilkan tergantung dari nilai koefesien seebeck. Perbedaan tegangan dinyatakan dalam persamaan (1) :

$$V = S \times \Delta T \quad (1)$$

**Keterangan :**

V = Tegangan

S = Koefisien Seebeck

 $\Delta T$  = Perbedaan Temperatur panas dan dingin

Efek Peltier

Elemen peltier adalah merupakan bagian penting dari thermoelectric generator, 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 (A) telah didapatkan, besar daya peltier dapat dihitung berdasarkan persamaan (2) :

$$P = V.I \quad (2)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

**Efek Thompson**

Dalam logam seperti seng dan tembaga, jika dia lebih bersuhu panas pada potensial yang lebih tinggi dan bersuhu dingin pada ujung potensial yang lebih rendah, ketika arus bergerak dari ujung panas ke ujung dingin, arus bergerak dari potensial rendah ke potensial tinggi, sehingga ada emisi panas. Hal ini disebut efek Thompson positif.

**Efek Joule**

Perpindahan panas dari sisi dalam pendingin ke sisi luarnya akan mengakibatkan timbulnya arus listrik dalam rangkaian tersebut karena adanya efek seebeck, maka hal inilah yang dinamakan efek joule. Dalam hal ini sesuai dengan hukum ohm.

**Sistem Konversi Energi Panas dengan Termoelektrik**

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari kompor surya dan modul thermoelectric generator ialah lamanya waktu sinaran matahari dan besarnya intensitas radiasi termal matahari, persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan adalah :

- Kalor yang diserap oleh kompor surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$Qu = m. Cp. (Th - Tc) \quad (3)$$

Keterangan:

**Qu** = Kalor yang diserap oleh panggangan ikan

m = Laju aliran massa udara (kg/s)

**Cp** = Panas jenis udara (J/kg.°C)**Th** = Temperatur Panas (°C)**Tc** = Temperatur Dingin (°C)

- Untuk menghitung efisiensi kompor surya

dapat digunakan persamaan (4) :

$$\eta = \frac{Qu}{I_T A_c} \quad (4)$$

Keterangan:

 $\eta$  = efisiensi ( % )

Qu= Kalor yang diserap ( Joule)

IT = Intensitas radiasi kalor (W/m<sup>2</sup>)Ac = Luas permukaan ( m<sup>2</sup> )

- Energi yang diterima oleh modul thermoelectric generator digunakan persamaan (5) dengan rumus :

$$Q = M.C.\Delta T \quad (5)$$

Keterangan:

Q = Kalor yang diserap ( Joule)

M = massa benda ( kg )

C = Kalor jenis ( J / kg oC )

 $\Delta T$  = Perbedaan suhu ( oC )**Komponen Alat**

1. Material semikonduktor (tipe-p dan tipe-n)
2. Transistor
3. Dioda
4. Kapasitor
5. Papan PCB
6. Resistor
7. Lampu LED
8. Kabel Penghantar
9. Besi Pendingin/Heatsink
10. Voltage Regulator
11. Baterai
12. Baterai Ion Lithium

**Proses Kerja Sistem**

Panas api yang berasal dari api unggun diberikan pada elemen peltier. Peltier akan mengubah panas menjadi listrik DC. Dari empat elemen listrik tersebut listrik dikumpulkan dan diregulasi sebagai proses stabilisasi. Output tegangan setelah regulasi diratakan oleh kapasitor dan disimpan ke baterai. Setelah penuh baru dapat digunakan oleh pengguna.

**III. METODE****Waktu dan Tempat Penelitian**

Dalam pelaksanaannya penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan merancang alat langsung di Lab. Teknik Umsu yang berada di Jalan Mukhtar Basri No. 3 Glugur Darat II Kec. Medan Timur Kota Medan. Dan waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari bulan maret s/d agustus 2020

## Bahan dan alat

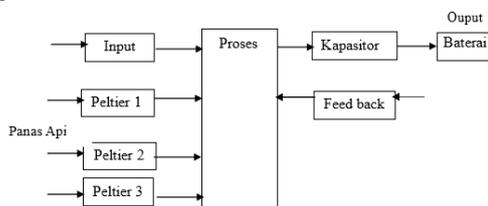
## 1. Alat :

- Obeng (+) (-)
- Tang potong
- Tang biasa (kombi)
- Tang jepit
- Alat ukur multimeter
- Bor listrik
- Grinda listrik
- Isolasi
- Pisau
- Thermo meter
- Meteran
- Solder dan timah
- Gunting

## 2. Bahan :

- Thermo Electric Generator berfungsi sebagai generator untuk mengubah energi panas menjadi listrik.
- Kabel penghantar dan terminal untuk menghantarkan listrik
- Besi pendingin /heatsink untuk mendinginkan sisi dinding agar termoelektrik tetap dingin.
- Resistor, kapasitor dan diode serta IC voltage regulator berfungsi untuk menstabilkan tegangan
- Baterie litium ion untuk media menyimpan tegangan
- Besi plat 2 mm untuk media penghantar panas yang menuju ke termoelektrik

## Rangkaian



Gambar 3.1 Blok Diagram sistem konversi energi panas api unggun menjadi energi listrik

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa Input sistem adalah panas yaitu, panas api yang diberikan pada elemen peltier. Peltier akan mengubah panas menjadi listrik DC. Dari empat elemen listrik tersebut listrik dikumpulkan dan diregulasi sebagai proses stabilisasi. Output tegangan setelah regulasi

diratakan oleh kapasitor dan disimpan ke baterai. Setelah penuh baru dapat digunakan oleh pengguna.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1. Pengujian sistem

Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi pengujian input, pengujian elemen TEG, pengujian hasil regulasi dan output. Pengujian dilakukan dengan mengukur ,menghitung dan menganalisa data hasil pengukuran. Berikut adalah data hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing komponen.

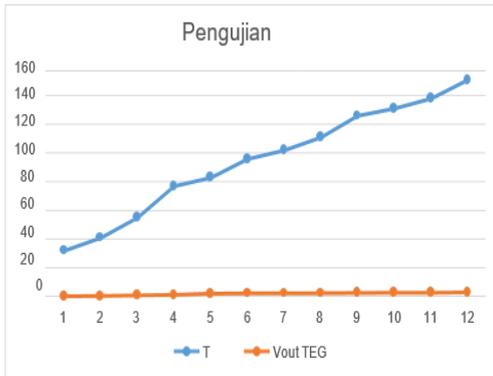
## Pengujian Termo Elektrik (PELTIER)

Pengujian Pertier dilakukan dengan memberikan masukan dan mengukur keluaran yang dihasilkan

Tabel 4. 1 Pengujian PELTIER

T(°C)	Vout TEG(V)
32	0.12V
41	0.23V
55	0.67V
77	1.09V
83	1.97V
96	2.18V
102	2.21V
111	2.31V
126	2.40V
131	2.54V
138	2.63V
151	2.88V

Dari tabel dapat dilihat bahwa pada suhu 32 °C Tegangan thermoelektrik menghasilkan 0,12 volt, maka dari itu semakin tinggi perbedaan suhu maka semakin besar tegangan keluarannya. Dan pada suhu 151°C Tegangan thermoelektrik menghasilkan 2,88 volt. Sehingga dapat dikatakan tegangan output berbanding lurus dengan panas yang diserap oleh elemen TEG.



Gambar 4.1. Grafik Pengujian Peltier

Dari grafik 4.2 diatas menunjukkan semakin panas suhu yang dihasilkan maka semakin besar pula tegangan output TEG. maka dari itu semakin tinggi perbedaan suhu maka semakin besar tegangan keluarannya. Sehingga dapat dikatakan tegangan output berbanding lurus dengan panas yang diserap oleh elemen TEG.

Pengujian Rangkaian Regulator

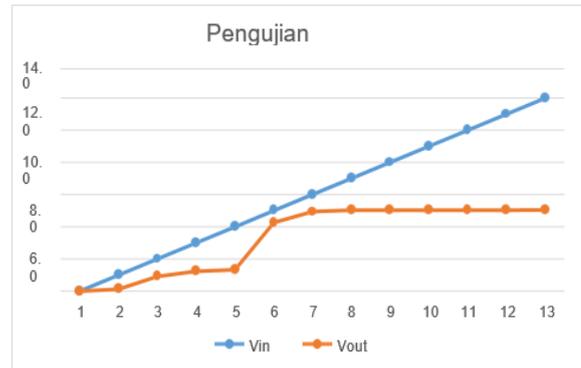
Untuk input pada pengujian ini digunakan power supply variabel yaitu power supply yang dapat diatur tegangan nya. Input dan output regulator diukur dengan voltmeter dimana tegangan input divariasikan oleh power supply. Berikut adalah tabel hasil pengujian regulator LM317.

Tabel 4.2 Hasil pengujian tegangan pada regulator LM317

Vin (V)	Vout(V)
0,0	0,0
1,0	0,13
2,0	0,91
3,0	1,23
4,0	1,32
5,0	4,24
6,0	4,92
7,0	5,00
8,0	5,00
9,0	5,01
10,0	5,01
11,0	5,01
12,0	5,02

Dari tabel dapat dilihat bahwa regulator tidak bekerja saat tegangan masuk masih dibawah 5V. Saat tegangan masuk diatas 5V regulator akan mulai

bekerja meregulasi tegangan pada 5V. Walaupun tegangannya terus naik, output regulator tetap mempertahankan 5V sehingga tidak melampaui 5V. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa regulator LM317 bekerja sesuai fungsinya.



Gambar 4.2. Grafik Pengujian Regulator

Dari grafik 4.4 diatas menunjukkan pada tegangan input 0,0 maka output yang dihasilkan adalah 0,0 juga. Dan pada tegangan input 12 volt maka output yang dihasilkan adalah 5,02 volt. Dengan demikian bahwa regulator tidak bekerja saat tegangan masuk masih dibawah 5V. Saat tegangan masuk diatas 5V regulator akan mulai bekerja meregulasi tegangan pada 5V. Walaupun tegangannya terus naik, output regulator tetap mempertahankan 5V sehingga tidak melampaui 5V. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa regulator LM317 bekerja sesuai fungsinya.

Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan dilakukan setelah semua komponen sistem dirakit dan disatukan. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sumber panas seperti api unggun. Proses ini terus berlangsung selama api unggun tetap menyala atau tetap panas. Setelah api unggun padam, beberapa saat kemudian tegangan pembangkit mulai turun. Demikianlah hasil uji alat rancangan secara keseluruhan yang membuktikan bahwa alat bekerja sesuai fungsinya. Berikut disajikan tabel hasil pengujian yang dilakukan.

Tabel 4.3 Hasil pengujian alat secara keseluruhan

Kondisi api unggun	Waktu (Menit)	Temperatur Plat pembangkit (°C)	Output TEG (V)	Output Regulator(V)	Kondisi charger
hidup	0	29	0,00	0,00	Off
hidup	1	45	0,41	0,00	Off
hidup	4	78	6,32	4,93	On
hidup	7	97	7,67	4,99	On

hidup	11	177	8,81	5,00	On
hidup	16	189	9,33	5,01	On
hidup	21	192	9,52	5,01	On
Mati	26	83	7,28	5,01	On
Mati	37	47	0,34	0,0	Off

Dari tabel diatas dapat dilihat pada kondisi api unggun hidup dengan waktu 0 menit dan temperature suhu 29°C, maka output Regulator 0,00 dan kondisi charger off. Pada waktu 1 menit dengan suhu 45°C, maka output regulator masih tetap pada tegangan 0,00 dan kondisi charger tetap off. Setelah waktu 4 menit suhu pun semakin lama semakin panas dengan suhu 78°C. maka output TEG menghasilkan 6,32 volt dan output regulator 4,93, dengan kondisi charger on.



Gambar 4.3. Pengujian saat mengisi batere ponsel

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Vout TEG terhadap beban (HP)

T(°C)	Vout TEG(V)	Arus pada R 1k ohm(mA)
29	0,01	0,0
33	0,09	0,0
43	0,21	0,19
59	0,50	0,48
68	0,87	0,80
80	1,32	1,29
97	1,89	1,83
102	2,01	1,99
119	2,10	2,02
127	2,24	2,21
136	2,31	2,28
141	2,46	2,45
145	2,52	2,49
157	2,63	2,61
162	2,68	2,66
179	2,82	2,87

Dapat dilihat pada tabel 4.4 diatas, menunjukkan bahwa pada saat suhu 29°C menghasilkan Vout TEG sebesar 0.01 V, dan pembebanan masih sebesar 0,0 mA. Kemudian pada saat suhu sebesar 102°C tegangan yang dihasilkan sebesar 2,01 V sehingga pembebanan mampu mencapai 1,99 mA. Sehingga dapat dikatakan bahwasanya ketika suhu dari TEG berbanding lurus dengan Vout TEG yang dihasilkan dan pembebanan yang dapat dicapai juga semakin besar.

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

1. Untuk mendapatkan tegangan dan arus yang cukup dapat dilakukan dengan menseerikan beberapa elemen yang akan meningkatkan tegangan keluaran. Dengan demikian rangkaian seri beberapa elemen pertier dibutuhkan untuk meningkatkan tegangan pada alat ini agar digunakan untuk mengisi ulang batere ponsel.
2. Pada kondisi api unggun hidup dengan waktu 0 menit dan temperature suhu 29°C, maka output Regulator 0,00 dan kondisi charger off. Pada waktu 1 menit dengan suhu 45°C, maka output regulator masih tetap pada tegangan 0,00 dan kondisi charger tetap off. Setelah waktu 4 menit suhu pun semakin lama semakin panas dengan suhu 78°C. maka output TEG menghasilkan 6,32 volt dan output regulator 4,93, dengan kondisi charger on.

### 5.2. Saran

1. Membutuhkan penelitian dan pengembangan lebih lanjut agar alat rancangan dapat dimamfaatkann sebagai alat konversi yang lebih besar dan efisien.
2. Menggunakan pendingin yang lebih baik agar tegangan yang dihasilkan lebih maksimal dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. Gunadarma, "Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensator pada Sistem Pendingin," vol. 10, no. 4, pp. 180–185, 2013.
- [2] D. Wulandari, "Thermoelectric Generator Dengan Variasi Perubahan Suhu," vol. 05, pp. 66–72, 2018.
- [3] T. Mesin, F. Teknik, and U. Riau, "Kaji Eksperimental Pembangkit Listrik Berbasis Thermoelectric Generator (TEG) Dengan

- Pendinginan Menggunakan Udara,” vol. 5, no. 1, pp. 7–11, 1848.
- [4] M. Yusuf, “Memanfaatkan Limbah Panas Mesin Mobil City Car Menggunakan Modul Thermoelectric Cooler ( TEC ),” pp. 1–6, 2018.
- [5] M. Khalid, M. Syukri, and M. Gapy, “Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik,” vol. 1, no. 3, pp. 57–62, 2016.
- [6] J. Sumarjo, A. Santosa, and M. I. Permana, “Pemanfaatan Sumber Panas Pada Kompor Menggunakan 10 Thermoelectric Generator Dirangkai Secara Seri,” vol. 11, no. 2, pp. 123–128, 2017.
- [7] Nogueira, Jason Scott. (1997). *A Guide to Designing and Optimizing Small Photovoltaic System*. Massachusetts Institute of Technology. June 1997.
- [8] A. A. Rafsanjani, E. Kurniawan, F. T. Elektro, U. Telkom, and B. Converter, “Desain Dan Implementasi Generator Thermoelectric Sebagai Sumber Energi Alternati Untuk Keperluan Darurat Desain And Implementation Thermoelectric Generator,” vol. 4, no. 3, pp. 3311–3316, 2017.
- [9] A. R. Fajria, B. Priyanto, and I. Pakaya, “Rancang Bangun Penstabil Tegangan pada Pembangkit Termoelektrik Skala Pico Berbasis Boost Converter,” vol. 2, no. 2, pp. 117–124, 2017.
- [10] N. Putra, R. A. Koestoer, M. Adhitya, A. Roekettino, and B. Trianto, “Kendaraan Hibrid,” vol. 13, no. 2, pp. 53–58, 2009.
- [11] S. C. Puspita, H. Sunarno, and B. Indarto, “Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki,” pp. 2–5, 2017.
- [12] R. Bangun, D. A. N. Karakteristik, and N. I. Kamal, “Sinar Matahari,” pp. 317–322.



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 547/II.3AU/UMSU-07/F/2020

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Elektro Pada Tanggal 09 Maret 2020 dengan ini Menetapkan :

Nama : BILLY PRANDIKA  
Npm : 1607220059  
Program Studi : TEKNIK Elektro  
Semester : VIII ( Delapan )  
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN SISTEM KONVERSI ENERGI PANAS API  
MENJADI ENERGI LISTRIK SEBAGAI ALAT CHARGER  
BATERAI MENGGUNAKAN TERMO ELEKTRIK

Pembimbing I : RIMBAWATI ST. MT

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 Elektro
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, 14 Rajab 1441 H

09 Maret 2020 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Perancangan Sistem Konversi Energi Panas Api Menjadi Energi Listrik Sebagai Alat Charger Baterai Menggunakan Termo Elektrik

Nama : Billy Prandika

NPM : 1607220059

Dosen Pembimbing : Rimbawati, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	2 April 2020	Revisi sub BAB	
2	16 Oktober 2020	Perbaikan Tulisan BAB II	
3	24 Oktober 2020	Perbaiki Gambar, Margin,	
4	5 November 2020	Acc Seminar proposal	 ( Rimbawati, ST, MT )

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Rancang Bangun Sistem Konversi Energi Panas Api Menjadi Listrik sebagai Alat Charger Baterai Menggunakan Termoelektrik

Nama : Billy Prandika

NPM : 1607220059

Dosen Pembimbing : Rimbawati, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	29/1 2021	- Tambah Teori dan Abstrak di perbaiki.	
	16/2 2021	- Perbaiki Gambar Rangkaian.	
	15/3 2021	- Buat Grafik dan perbaiki Bab V / Daftar pustaka	
	27/3 2021	- Pengujian Alat secara kecelesman dan dijelaskan tabelnya.	
	28/3 2021	- UAC seminar Hasil dan sidang.	

Dosen Pembimbing



(Rimbawati, S.T., M.T)

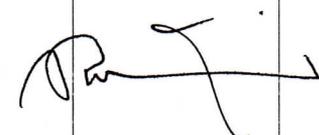
## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Rancang Bangun Sistem Konversi Energi Panas Api Menjadi Listrik sebagai Alat Charger Baterai Menggunakan Termoelektrik

Nama : Billy Prandika

NPM : 1607220059

Dosen Pembimbing : Rimbawati, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	19/4 2021 Senin	Perbaiki daftar pustaka	
2.	Selasa 20/4 2021	Tambah Teori / Tulisan	
3	Rabu 21/4 2021	Lengkapi lampiran	
4	Sabtu 24/4 2021	Perbaiki Alat, ditambah kompor pemisah.	
5.	Senin, 26/4 2021	Ura sidang.	

Dosen Pembimbing



(Rimbawati, S.T., M.T)

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### DATA DIRI PESERTA

**Nama Lengkap** : Billy Prandika  
**Panggilan** : Billy  
**Tempat, Tanggal Lahir** : Medan, 09 - Mei - 1996  
**Jenis Kelamin** : Laki - laki  
**Agama** : Islam  
**Status** : Belum Menikah  
**Alamat Sekarang** : Jalan Rawe IV Link. VI Kel.Tanghakan  
Kec.Medan Labuhan Kode Pos 20252  
**No. Handphone/ Wa** : 082175016429  
**Email** : billyprandika1996@gmail.com



### PENDIDIKAN FORMAL

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1.	Sekolah Dasar	SD Al – Washliyah 30	2007 – 2008
2.	Sekolah Menengah Pertama	SMP Al – Washliyah 30	2010 – 2011
3.	Sekolah Menengah Kejuruan	SMK PAB 1 Helvetia	2013 – 2014
4.	Perguruan Tinggi / Strata 1	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2020 - 2021